



Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

**Atena**  
Editora  
Ano 2020



Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

# A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

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:** Geraldo Alves

**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  
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  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di 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  
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  
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  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
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 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  
Profª Drª 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. 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  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

A642 A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-905-9

DOI 10.22533/at.ed.059201301

1. Construção civil – Aspectos econômicos – Brasil. I. Silva, Helenton Carlos da.

CDD 338.4769

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 19 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da engenharia civil, com aplicações do conhecimento da área em tecnologias inovadoras e em análise de características de materiais existentes ou novos, desenvolvido através do conhecimento científico.

Neste contexto, destaca-se que o mercado tem absorvido com afinco a demanda de inovação tecnológica surgida com o desenvolvimento do conhecimento científico na Engenharia Civil.

O conhecimento científico é muito importante na vida do ser humano e da sociedade, em especial na vida acadêmica, pois auxilia na compreensão de como as coisas funcionam ao invés de apenas aceita-las passivamente. Com ele é possível provar diversas coisas, tendo em vista que busca a verdade através da comprovação.

Possibilitar o acesso ao conhecimento científico é de grande relevância e importância para o desenvolvimento da sociedade e do ser humano em si, pois com ele adquirem-se novos pontos de vista, conceitos, técnicas, procedimentos e ferramentas, proporcionando a evolução na construção do saber em uma área do conhecimento. Na engenharia civil é evidente a importância do conhecimento científico, pois o seu desenvolvimento está diretamente relacionado com o progresso e difusão deste conhecimento.

O engenheiro civil é o profissional capacitado para resolver problemas, tendo uma visão ampla e conhecendo todos os detalhes e processos por trás de uma estrutura complexa e, além disso, é capaz de apresentar soluções práticas, pautadas no conhecimento técnico e científico.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados à aplicação do conhecimento científico na engenharia civil, compreendendo as questões do desenvolvimento de novos materiais e novas tecnologias, algumas baseadas na gestão dos resíduos, assunto de grande relevância atual. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
APRENDIZADOS NO ENSINO DE BIM EM UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA DE INTERIOR	
Leandro Tomaz Knopp Pedro Gomes Ferreira Bruno Barzellay Ferreira da Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
AUTOMAÇÃO DE VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADES EM LICENCIAMENTOS DE PROJETOS EM BIM: UMA PROPOSTA PARA A GESTÃO PÚBLICA	
Denise Aurora Neves Flores Eduardo Marques Arantes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>31</b>
UM ESTUDO AUTOETNOGRÁFICO SOBRE A MONITORIA DA DISCIPLINA DE NOÇÕES DE ARQUITETURA E URBANISMO DA UNIFESSPA	
Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos de Oliveira Eduarda Guimarães Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
GESTÃO DO CONHECIMENTO EM EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO NA COLÔMBIA: CASOS E TENDÊNCIAS	
Hernando I Vargas Arturo C. Isaza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>44</b>
NOVAS TECNOLOGIAS NO GERENCIAMENTO DE FACILIDADES? - UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
Marcus Vinicius Rosário da Silva Marcelo Jasmim Meiriño Gilson Brito Alves Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
CASA POPULAR EFICIENTE: ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA O PERÍODO DE INVERNO	
Rayner Maurício e Silva Machado Marcos Alberto Oss Vaghetti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013016</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>61</b>
AUTOMAÇÃO DE ÁRVORES SOLARES DE ALTA EFICIÊNCIA	
Hélvio Henrique Rodrigues Rogério Luis Spagnolo da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013017</b>	

<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>72</b>
<b>ESTUDO DE CASO DE PAINEL SALVEOLARES SUJEITOS AO ESTADO LIMITE DE SERVIÇO DE VIBRAÇÕES EXCESSIVAS</b>	
Iago Vanderlei Dias Piva Gustavo de Miranda Saleme Gidrão Danilo Pereira Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013018</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>79</b>
<b>MINIGERADOR EÓLICO: INTRODUÇÃO AO USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL</b>	
Roberta Costa Ribeiro da Silva Daiane Caroline Wagner	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0592013019</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>86</b>
<b>REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR: ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA</b>	
Tháisa Mayane Tabosa da Silva Eduardo Cabral da Silva José Henrique Reis de Carvalho Tabosa Wilma de Oliveira Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130110</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>98</b>
<b>SISTEMA DE CAPTAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA ATRAVÉS DE CONCRETO POROSO</b>	
Ana Beatriz De Oliveira Silva Jonatha Roberto Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130111</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>102</b>
<b>O USO DE GEOTECNOLOGIAS EM PERÍCIAS AMBIENTAIS: VANTAGENS E AVANÇOS TECNOLÓGICOS</b>	
Giovanna Feitosa de Lima Ellen Kathia Tavares Batista Edson Alves de Jesus Nayara Michele Silva de Lima Barbara Alves Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130112</b>	
<b>CAPÍTULO 13 .....</b>	<b>114</b>
<b>ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FIBRA DE POLIPROPILENO NA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO EM RELAÇÃO À RESISTÊNCIA À RETRAÇÃO POR SECAGEM</b>	
Jonatha Roberto Pereira Mariana Cristina Buratto Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130113</b>	

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>120</b>
ESTUDO DA DOSAGEM DE CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS DE POLIAMIDA E POLIETILENO PARA UTILIZAÇÃO EM PAREDES DE CONCRETO	
Alexandre Rodriguez Murari	
Alysson Gethe Gonçalves de Oliveira	
Daiane Cristina Silva Fernandes	
Hagar da Silva	
Victor José dos Santos Baldan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>127</b>
UTILIZAÇÃO DE CHAMOTE COMO ADITIVO EM MASSAS DE CERÂMICA VERMELHA PARA A PRODUÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO	
Celiane Mendes da Silva	
Talvanes Lins e Silva Junior	
Erika Paiva Tenório de Holanda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>138</b>
AValiação DA DRENAGEM SUPERFICIAL DA RODOVIA ESTADUAL MA-315 QUE INTERLIGA O MUNICÍPIO DE BARREIRINHAS A PAULINO NEVES	
Jorcelan Pereira da Rocha	
Cláudio Sousa Ataíde	
Larysse Lohana Leal Nunes	
Leonardo Telles de Souza Pessoa Filho	
Fernando Vasconcelos Borba	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>151</b>
ANÁLISE DE PAVIMENTO FLEXÍVEL PELO MÉTODO PCI: ESTUDO DE CASO DE DOIS TRECHOS DA PE-112	
Thays Cordeiro dos Santos	
Maria Victória Leal de Almeida Nascimento	
Daysa Palloma da Silva	
Thaísa Mayane Tabosa da Silva	
Rodrigo Araújo	
José Henrique Reis de Carvalho Tabosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130117</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>163</b>
ESTUDO GRANULOMÉTRICO DA AMOSTRA DE SOLOS COLETADOS EM TERESINA-PI	
André Filipe Conceição Silva	
Álvaro Escórcio Dias	
Antônio Carlos Silva de Araújo	
Antonio Vinicius Bastos Teixeira	
Carlos Eduardo Rodrigues Leite	
Lívia Racquel de Macêdo Reis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.05920130118</b>	

<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>169</b>
AVALIAÇÃO NÃO LINEAR DOS ESFORÇOS INTERNOS EM CONÓIDES CILÍNDRICOS Danielly Luz Araujo de Moraes DOI 10.22533/at.ed.05920130119	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>183</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>184</b>

## UTILIZAÇÃO DE CHAMOTE COMO ADITIVO EM MASSAS DE CERÂMICA VERMELHA PARA A PRODUÇÃO DE BLOCOS DE VEDAÇÃO

*Data de aceite: 11/12/2019*

*Data de submissão: (02/11/2019)*

### **Celiane Mendes da Silva**

Centro Universitário Tiradentes

Maceió - Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/5344856001964638>

### **Talvanes Lins e Silva Junior**

Centro Universitário Tiradentes

Maceió - Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/6161318722252594>

### **Erika Paiva Tenório de Holanda**

Centro Universitário Tiradentes

Maceió - Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/9188685757826433>

**RESUMO:** Na indústria de cerâmica vermelha brasileira, após a etapa de queima e expedição, uma quantidade significativa de peças é descartada como resíduo de tal processo. O descarte desse resíduo, denominado chamote, tem sido realizado de forma inapropriada na natureza devido à falta de aterros para sua deposição final, o que corrobora com graves impactos ambientais. Em vista disso, tem-se como método de reaproveitamento do chamote a sua incrementação na produção de massas de cerâmica vermelha, sendo dosado junto com a matéria prima. O presente trabalho visa a análise da viabilidade do uso do chamote

como aditivo em massas de cerâmica vermelha destinadas à produção de blocos de vedação. O estudo utilizou de resultados obtidos em ensaios constantes da literatura, realizando uma comparação e a junção das melhores propriedades alcançadas com o uso do chamote como incremento na produção de cerâmica vermelha. O resultado do estudo, tendo embasamento nas pesquisas realizadas, indicou que é vantajoso o uso do chamote visando diversos fatores que melhoram o desempenho na produção. Concluiu-se também, a partir das considerações presentes na literatura, que o reaproveitamento do chamote contribui para a redução de custos, prevenção de impactos ambientais e aumento da vida útil das jazidas. **PALAVRAS-CHAVE:** Cerâmica vermelha. Resíduos. Chamote. Blocos de vedação.

### USE OF CHAMOTE AS ADDITIVE IN RED CERAMIC PASTA FOR THE PRODUCTION OF SEALING BLOCKS

**ABSTRACT:** In the Brazilian red ceramics industry, after the firing and dispatching stage, a significant amount of parts is discarded as waste from this process. The disposal of this waste, called chamote, has been improperly carried out in the wild due to the lack of landfills for its final disposal, which corroborates serious environmental impacts. In view of this, the

method of reusing chamote is its increase in the production of red ceramic masses, being dosed together with the raw material. The present work aims to analyze the viability of the use of chamote as an additive in red ceramic masses destined to the production of sealing blocks. The study used results obtained from constant tests in the literature, comparing and combining the best properties achieved with the use of chamote as an increment in the production of red ceramics. The result of the study, based on the researches, indicated that it is advantageous to use chamote aiming at several factors that improve production performance. It was also concluded, from the considerations in the literature, that the reuse of chamote contributes to the reduction of costs, prevention of environmental impacts and increase of the useful life of the deposits.

**KEYWORDS:** Red pottery. Waste. Chamote Sealing blocks.

## 1 | INTRODUÇÃO

A cerâmica está presente na vida do homem há milhares de anos, seja no artesanato para confecção de jarras e potes ou no âmbito estrutural. Num contexto histórico, percebe-se a utilização da cerâmica em civilizações de épocas anteriores a era cristã (PALMA, 2010).

Escavações arqueológicas revelam que os tijolos eram utilizados pelas civilizações dos anos 4.000 a.C. e de acordo com a época de sua produção, a cerâmica indica características específicas que documentam a passagem e a evolução do homem pela terra (ZACCARON, 2013).

Segundo Palma (2010, p. 13), nas últimas décadas, percebe-se que houve um aumento no interesse por parte da Engenharia na utilização de materiais cerâmicos na produção de energia, na indústria aeroespacial, automobilística, química, petroquímica, metalúrgica e em outras aplicações avançadas. O aumento desta demanda se justifica devido ao fato de serem as cerâmicas materiais com propriedades típicas bastante estáveis em serviço, tais como estabilidade química, alta dureza e resistência a altas temperaturas.

Em vista disso, a demanda da construção civil nos últimos anos vem promovendo um crescimento no setor da cerâmica estrutural da produção de tijolos e telhas. No âmbito econômico, tal questão é tratada com otimismo, porém nas questões ambientais apresenta-se como um potencial na geração de impactos ambientais, especialmente na extração de matéria-prima devido aos resíduos gerados no processo produtivo.

Segundo Gouveia (2014, p. 15), a falta de investimento em inovação tecnológica, além do desconhecimento das características da matéria-prima, colabora para a geração de perdas na fabricação. A perda devido a erros de processamento, chega a 20 % da produção.

Assim, com o intuito de promover o reaproveitamento deste material subproduto, que é tecnicamente denominado chamote, existe a possibilidade de sua utilização em formulações cerâmicas.

A respeito dessa alternativa, Gouveia (2014, p. 16) afirma que o chamote, como aditivo na massa cerâmica, é benéfico para o processo produtivo e principalmente na etapa de secagem, pois contribui para um melhor empacotamento e a morfologia das partículas.

Nesse sentido, o presente artigo visa apresentar a utilização do resíduo chamote como adição reativa em massas cerâmicas para produção de blocos de vedação da construção civil, visando um melhor desempenho das propriedades físico-mecânicas das massas e uma destinação a este resíduo, o qual, se sempre descartado, acarretará graves impactos ambientais.

## 2 | METODOLOGIA

A análise foi embasada por intermédio do estudo de teses, dissertações, livros e artigos científicos que já retratam acerca da reinserção do resíduo chamote no processo de fabricação da cerâmica.

Todavia, o presente artigo visa essencialmente a reutilização de tal resíduo de forma característica na produção de blocos componentes da alvenaria não-estrutural da construção civil, com o intuito de apresentar os efeitos benéficos de sua influência na composição de massas cerâmicas retratadas em procedimentos experimentais presentes na literatura específica.

Na literatura, para a aferição das propriedades da adição do chamote na produção de blocos de cerâmica vermelha, utiliza-se de uma sequência metodológica na maioria dos casos, sendo esta:

- Obtenção e caracterização da matéria prima;
- Produção dos corpos de prova;
- Determinação das propriedades tecnológicas

A qual será abordada especificadamente a seguir.

### 2.1 Materiais cerâmicos

O emprego de materiais cerâmicos teve início nos tempos mais primitivos da história da humanidade, pois como uma matéria prima abundante na natureza, a argila teve sua utilização rapidamente difundida na fabricação de produtos cerâmicos que são obtidos pela modelagem, secagem e cozimento de argilas ou de misturas contendo argilas (BAUER, 2000).

As cerâmicas tradicionais são produzidas a partir de três componentes básicos,

argila, sílica e feldspato. Segundo Smith (1998, apud PALMA, 2010, p. 17), a argila consiste essencialmente em alumino-silicatos hidratados ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) com pequenas quantidades de outros óxidos, tais como  $\text{Tl}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$ . Ela fornece as propriedades plásticas ao material antes do endurecimento por sinterização e constitui o principal componente da massa.

A sílica ( $\text{SiO}_2$ ) tem um elevado ponto de fusão e é o componente refratário das cerâmicas tradicionais. Já o feldspato potássico ( $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$ ) tem um ponto de fusão baixo e dá origem, quando a mistura cerâmica é sinterizada, a um vidro que liga entre si os componentes refratários (PALMA, 2010).

Os materiais cerâmicos possuem propriedades muito desejáveis em aplicações estruturais como a dureza e o ponto de fusão alto, estabilidade química e a resistência à abrasão. Palma (2010, p. 16) afirma que isso ocorre pela natureza de suas ligações atômicas, de caráter iônico e/ou covalente, sendo que os óxidos possuem ligações predominantemente iônicas e os carbeto e nitreto predominantemente covalentes.

### *2.1.1 Processamento de materiais cerâmicos*

A indústria de Cerâmica Vermelha no Brasil tem um faturamento anual de 18 bilhões de reais, uma produção distribuída por 7431 empresas gerando 293 mil empregos diretos e consumindo  $10,3 \times 10^6$  ton/mês de argila, o que, sem dúvida, permite que seja considerada um setor de grande importância econômica e social (PRADO; BEDOYA; MERCURY, 2016).

Apesar da importância e representatividade econômica que o setor cerâmico representa, percebe-se que ele não acompanhou a evolução tecnológica e a forma de administração ainda é a mesma herdada por seus fundadores (repassadas de pai para filho), ocasionando desperdícios em todo processo produtivo.

Conforme Zaccaron (2013, p. 37), o processo produtivo da cerâmica vermelha consiste basicamente na preparação da massa bruta “material argiloso” que passa pelos processos de homogeneização, destorroamento, desaeração, extrusão, corte da peça, secagem natural ou forçada e queima.

A argila após a extração deve ser preparada para industrialização. Esse preparo pode ter as mais variadas formas, composições, consistência e plasticidade e a seleção dos lotes pode ser feita na própria jazida e serve para obter uma massa de argila com plasticidade uniforme e livre de torrões, de tal modo que sua extrusão forme peças com dimensões uniformes e livres de bolhas de ar (ZACCARON, 2013).

A Figura 1 mostra um fluxograma da cadeia produtiva da cerâmica vermelha. Segundo Oliveira (2011, apud ZACCARON, 2013, p. 37) esse processo é comum a todas as empresas de cerâmica vermelha em geral, havendo pequenas variações, de acordo com características particulares de cada matéria-prima ou produto final.

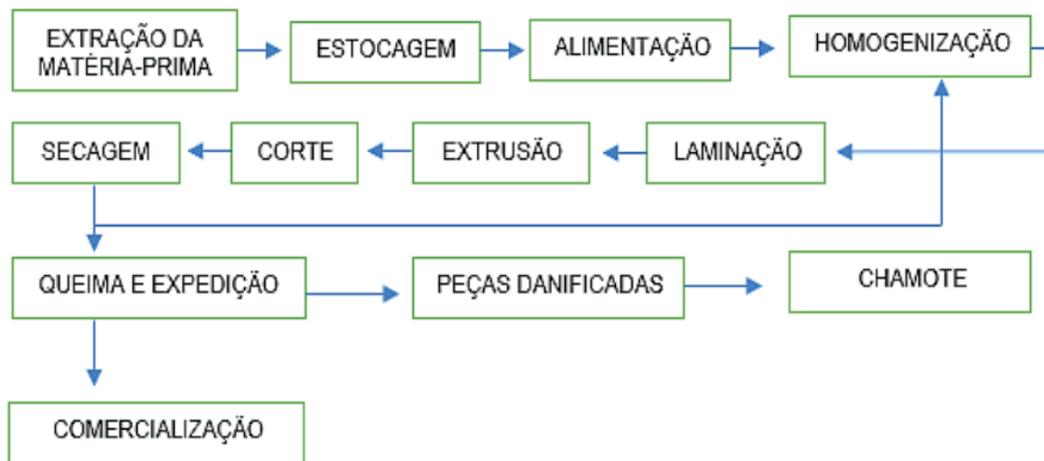


Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo da cerâmica vermelha

Fonte: Adaptado de ZACCARON (2013)

## 2.2 Resíduos do processo fabril ceramista

As indústrias de fabricação e transformação de materiais produzem, em maior ou menor grau, certa quantidade de resíduos que nem sempre são reaproveitados ou tem um destino ecologicamente correto. Dar um destino correto a estes subprodutos constitui um grande desafio. Em alguns casos, estes produtos secundários podem ser reutilizados diretamente ou podem ser aproveitados como matéria prima básica em outros processos industriais (CASAGRANDE, 2008).

Segundo Almeida (2014, p. 24), a indústria cerâmica é uma das que mais se destacam na reciclagem de resíduos industriais e urbanos, em virtude de possuir elevado volume de produção que possibilita o consumo de grandes quantidades de rejeitos e que, aliado às características físicas e químicas das matérias-primas cerâmicas e às particularidades do processamento cerâmico, faz da indústria cerâmica como uma das grandes opções para a reciclagem de resíduos sólidos.

Vieira e Monteiro (2009, apud CANDIDO, 2012, p. 24) ao estudarem diversos tipos de rejeitos industriais apresentaram uma revisão atualizada sobre a classificação dos resíduos provenientes da indústria cerâmica quanto a sua incorporação em massas cerâmicas.

De acordo com o estudo, os autores propuseram a seguinte classificação:

- Resíduos combustíveis;
- Resíduos fundentes;
- Resíduos que afetam as propriedades cerâmicas.

Os autores classificam como resíduos que afetam as propriedades cerâmicas resíduos de mineração, lodo de estação de tratamento de água, cinzas e, o objeto de estudo deste trabalho, o chamote (VIEIRA; MONTEIRO, 2009).

Na produção de produtos de cerâmica vermelha (blocos cerâmicos, telhas etc.)

ocorre à formação de um subproduto proveniente de rejeitos de material cerâmico originado na etapa de queima, que pode eventualmente retornar ao processo, após trituração, gerando um resíduo conhecido como chamote (VIEIRA; SOUZA; MONTEIRO, 2004).

Segundo Gouveia (2014, p. 32) a produção de chamote por sua vez está relacionada as perdas geradas no processo de produção do bloco, quanto maior for o controle de qualidade deste processo de produção, menor é o percentual gerado. Porém os fornos intermitentes, que são mais largamente utilizados apresentam um percentual de geração de chamote elevado, isso se deve ao fato do processo de queima se artesanal e com ausência de uniformidade durante a queima.

### **2.3 Composição da matéria prima**

As matérias primas geralmente utilizadas para a produção são a argila e o chamote, ambos obtidos da Indústria de cerâmica vermelha, sendo o chamote resíduo da fabricação de peças cerâmicas que sofrem algum dano durante o processo de queima.

A coleta do resíduo é feita a partir de um procedimento de amostragem descritos na ABNT NBR 10.007:2004, buscando obter uma amostra mais representativa possível e garantindo as mesmas características e propriedades da massa total do resíduo (GOUVEIA, 2008).

Foram estudados dados referentes à caracterização das matérias primas no âmbito químico, a fim de se observar o teor dos elementos preponderantes em sua composição auxiliando no entendimento dos efeitos da influência do resíduo nas massas cerâmicas. Após este processo, são apresentadas as propriedades físico-mecânicas.

Para a determinação da composição química dos materiais, um dos métodos empregados cujos dados de um ensaio realizado por Gouveia (2008) embasarão o presente artigo, é o da Espectrometria de Absorção Atômica (AAS – do inglês Atomic Absorption Spectrometry) que determina quantitativamente os elementos presentes em uma determinada amostra.

Quanto à caracterização física da argila e do chamote, analisou-se procedimentos experimentais da literatura para aferição da plasticidade, sendo esta uma propriedade essencial para bom desempenho do processo de conformação dos blocos de vedação cerâmicos.

### **2.4 Elaboração dos corpos de prova**

Após o processo de formulação das massas, onde se determina o teor de adição do resíduo chamote às massas cerâmicas, dá-se início à etapa de confecção dos corpos-de-prova dos blocos de vedação, onde as massas primeiramente são

laminadas e num segundo momento passam pelo processo de extrusão.

Feito isto, os corpos de prova são levados a secagem natural por 48 horas seguido de secagem em estufa a 105oC-110oC por 24 horas. Ao término desta etapa, pode-se utilizar os dados referentes à medição dos corpos de prova para serem empregados em ensaios de retração linear na secagem.

Em seguida, as peças são levadas para a queima, geralmente em forno laboratorial e adotando condições de padrão laboratorial. Finalizado este processo, são determinadas as propriedades físicas (retração linear pós secagem e pós queima) e mecânicas (resistência à compressão mecânica/flexão), que serão descritas a seguir.

## 2.5 Determinação das propriedades tecnológicas

Para a aferição da retração linear, o comprimento dos corpos de prova é medido após a moldagem, à secagem natural e à secagem em estufa, para as diferentes temperaturas estabelecidas. Serão aqui apresentados dados de um estudo realizado por Zaccaron (2013), referentes à retração linear de secagem e de queima.

Por fim, para a análise da resistência mecânica à flexão ou resistência à compressão mecânica, o presente estudo utilizou-se de dados também obtidos por Zaccaron (2013), cujo ensaio foi realizado com base na NBR 15270-03:2005.

Conforme o procedimento experimental realizado por Zaccaron (2013, p.8), o ensaio consistiu em proceder à preparação prévia dos corpos-de-prova com capeamento (ato de preparação dos corpos-de-prova cilíndricos de argamassa e/ou concreto de cimento) e ensaiados em máquina universal de ensaios (modelo DL-20000, marca EMIC) para avaliar a carga de ruptura.

## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Composição química

De acordo com Gouveia (2008), na Tabela 1 está representado os dados referentes ao do ensaio de espectrometria de emissão atômica (ICP/EAS) e de adsorção atômica (ICP/AES).

AMOSTRA	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P.F	Total
Argila	54,3	19,97	9,47	1,45	0,22	1,04	1,47	0,29	0,91	10,44	99,56
Chamote	64,06	17,62	10,83	1,67	0,13	0,77	0,61	0,17	1,23	2,82	99,91

Tabela 1 – Resultados Obtidos na análise química das matérias-primas

Fonte: Gouveia (2008)

A partir da tabela é possível observar que, para as duas amostras, a sílica (SiO<sub>2</sub>) é o material mais encontrado possuindo o maior teor nas composições em relação aos demais elementos. Os Óxidos alcalinos (K<sub>2</sub>O e Na<sub>2</sub>O) e os alcalinos terrosos (MgO e CaO) possuem baixos teores nos estudos, o que demonstra uma fraqueza das amostras, devido ao fato de os óxidos serem importantes na formação da fase vítrea após a queima.

Como fator principal constatado nos testes, a perda ao fogo (P.F), deixa em evidência que o chamote apresentou valores mais baixos em relação ao material argila, devido principalmente ao fato de haver passado, anteriormente, por um processo de queima.

### 3.2 Limite de plasticidade

Observa-se na Quadro 1 os limites de consistência e plasticidade para cada composição da massa cerâmica, sendo esta obtida através de procedimento experimental realizado por Gouveia (2008), o qual determinou a dosagem dos teores de 5, 10, 15 e 20 % de chamote, e da argila.

<b>Amostra</b>	<b>LL (%)</b>	<b>LP (%)</b>	<b>IP (%)</b>
Argila	49	28	21
Chamote	-	NP	-
5CH	-	29	-
10CH	-	26	-
15CH	-	27	-
20CH	-	28	-

Quadro 1 – Valores do índice de plasticidade da argila e dos limites de plasticidade das composições

Fonte: Gouveia (2008)

A partir da análise destes dados, fica claro que as adições de 5, 15 e 20% de chamote apresentaram pequena variação para o limite de plasticidade em relação à composição de argila em sua totalidade. Destacando-se à adição de 10%, percebeu-se que o valor do limite de plasticidade (26%) foi reduzido, deixando em evidência que dever-se-á reduzir o gasto com água para a extrusão, tornando mais rápida a etapa de secagem e reduzindo as chances da ocorrência de possíveis defeitos, como visto na literatura de Vieira *et al.* (2004).

### 3.3 Compressão mecânica

Na Figura 1 é apresentada a conclusão do ensaio de resistência à compressão mecânica, indicando a diferença entre o STD, formulação com 20% (baseado em estudos realizados anteriormente com as mesmas matérias-primas) do resíduo chamote incorporado à massa cerâmica padrão de uma cerâmica vermelha, e o F4, amostra padrão de cerâmica vermelha.

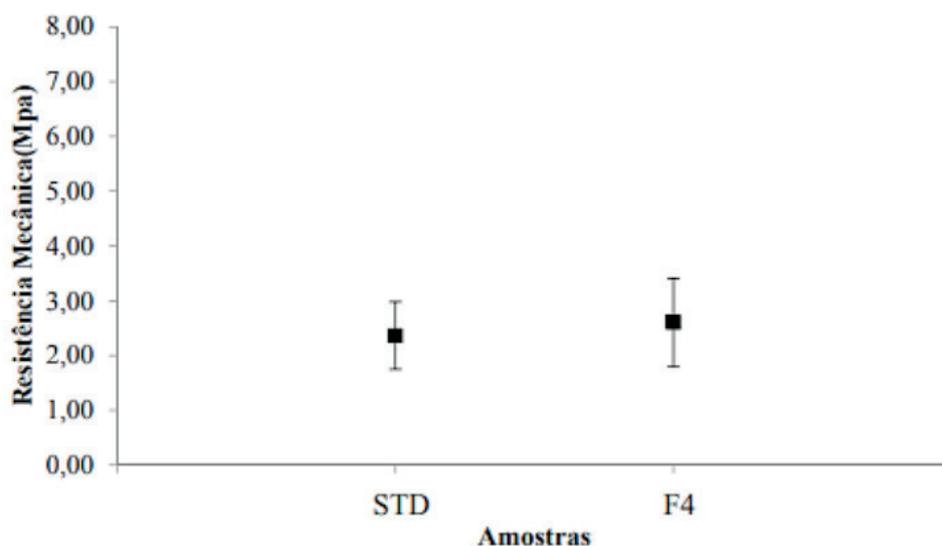


Figura 2: Resultado da compressão mecânica

Fonte: Zaccaron (2013)

Com a análise do gráfico representado na Figura 1, é possível compreender que os dados referentes à resistência mecânica da massa que contém porcentagem de chamote em sua composição foram bem próximos aos da massa cerâmica convencional. Em decorrência disto, torna-se evidente que à incorporação do resíduo chamote na amostra F4 viabiliza a produção.

### 3.4 Retração térmica linear de secagem e queima

Através dos resultados abordados no estudo realizado por Zaccaron (2013), demonstrados na Figura 2, é notório que devido a presença do chamote há uma redução do tamanho inicial da peça. Este evento se deve ao fato de que o chamote reage como material inerte, provocando um movimento de perda de água devido à secagem e tendo em contrapartida à estabilidade dos valores percentuais do resíduo. Já na amostra F4 a retração de queima se mostra menor, cerca de 0,30%, o que demonstra uma superioridade em relação a outra amostra, levando em consideração a existência de parâmetros para a dimensão dos blocos, pré-estabelecida desde 2005, através da ABNT NBR 15270.

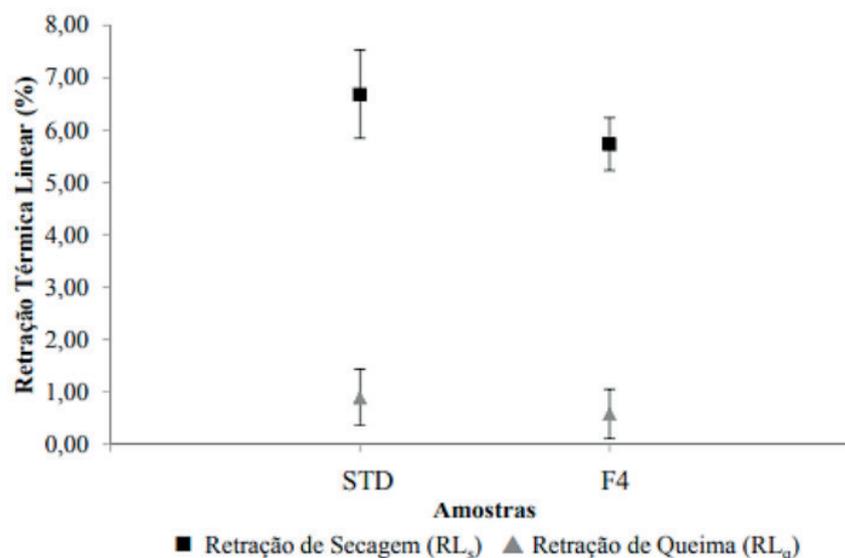


Figura 3 - Resultado da retração térmica linear de secagem e queima

Fonte: Zaccaron (2013)

#### 4 | CONCLUSÕES

Em função do exposto, pode-se concluir que as perdas nos processos produtivos, em especial na fabricação de peças cerâmicas, sempre irão existir. Dessa forma, os estudos sobre a incorporação de resíduos em matrizes de cerâmica vermelha têm se tornado cada vez mais frequentes e são alvo de interesse científico, visto que algumas vantagens são observadas.

Dos ensaios obtidos da bibliografia acerca da composição química, observou-se que a composição da amostra do material chamote é similar à argila convencional, visto que o principal material componente é a sílica o que permite uma reprodução das propriedades.

Quanto as propriedades tecnológicas, pode-se constatar que através da incrementação do resíduo chamote em massas de cerâmica vermelha pode-se obter desempenhos satisfatórios na produção, visto que sua presença não provocou alterações significativas no comportamento das amostras estudadas. Este fato se comprova na literatura com a análise do ensaio de resistência à compressão, onde se obteve dados bem semelhantes entre a amostra com teor de chamote em sua composição e a amostra cerâmica padrão.

Assim, com base nesses fatores, vê-se que não há implicações relevantes que impeçam o uso do chamote na formulação de massas de cerâmica vermelha e que este se mostra com grande potencial para ser utilizado como uma matéria-prima alternativa de baixo custo na fabricação de produtos cerâmicos, até mesmo de blocos de vedação, como um caminho à destinação deste resíduo e possibilitando a sua re inserção na cadeia produtiva de mercado.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270: Componentes cerâmicos: parte 3: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação: métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2005. 27p.
- ALMEIDA, T. F. **Reaproveitamento de resíduo de pó de mármore e chamote na produção de material cerâmico para isolamento térmico.** 2014. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, Campos dos Goytacazes, 2014.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção.** 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000. 705 p.
- CANDIDO, V. S. **Utilização de argilito e chamote de blocos de vedação na composição de massa de pavimento intertravado cerâmico - Adoquim.** 2012. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Ciência de Materiais, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense – Uenf, Campos dos Goytacazes, 2012.
- CASAGRANDE, M.C.; Sartor, M.N.; Gomes, V.; Della, V.P.; Hotza, D.; Oliveira, A.P.N.. **Reaproveitamento de Resíduos Sólidos Industriais: Processamento e Aplicações no Setor Cerâmico, Revista Cerâmica Industrial.** V. 13, n. 1/2, p. 34-42, Jan/Abr , 2008.
- GOUVEIA, E. R. **Análise da viabilidade da produção de cerâmica vermelha à base de chamote.** 2014. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, 2014.
- GOUVEIA, F. P.; SPOSTO, R. M.. Incorporação de chamote em massa cerâmica para a produção de blocos. Um estudo das propriedades físico-mecânicas. **Cerâmica**, Brasília, v. 55, p.415-419, 20 abr. 2008. Anual.
- OLIVEIRA, A. A. **Tecnologia em Cerâmica.** Criciúma-SC. Editora Lara, 2011, 176 p.
- PALMA, A. J. R. **Adição de chamote de velas de ignição inservíveis na obtenção de cerâmica branca a base de alumina.** 2010. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- PRADO, A. D.; BEDOYA, R. N.; MERCURY, J. M. R. **Influência da incorporação de chamote nas propriedades físico-mecânicas de materiais cerâmicos estruturais.** *Engvista, Maranhão*, v. 18, n. 1, p.158-173, julho. 2016. Semestral.
- SMITH, W. F. *Princípios de ciência e engenharia dos materiais.* Ed. 3. Ed. Lisboa McGraw-Hill de Portugal Ltda, 1998, 892p.
- VIEIRA, C. M. F.; MONTEIRO, S. N. (2009). Effect of the particle size of the grog on the properties of bricks. In: **TMS (The Minerals, Metals & Materials Society)**, 249–254.
- VIEIRA, C.M.F.; SOUZA, E.T.A.; MONTEIRO, S.N. Efeito da Incorporação de chamote no processamento e microestrutura de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v.50,n.315, p.254 – 260, set. 2004.
- ZACCARON, A. **INCORPORAÇÃO DE CHAMOTE NA MASSA DE CERÂMICA VERMELHA COMO VALORIZAÇÃO DO RESÍDUO.** 2013. 121 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense - Unesc, Criciúma, 2013.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Helenton Carlos da Silva** - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agregado 99, 123, 124, 164, 165  
Ambiental 60, 86, 88, 89, 96, 101, 102, 103, 104, 105, 110, 111, 112, 113, 137, 183  
Análise não linear 169  
Argamassa 114, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 123, 125, 126, 133, 142  
Árvore solar 61, 62  
Autoetnográfico 31, 33  
Automação de alta eficiência 61  
Avaliação de pavimento flexível 152  
Avanços tecnológicos 102

### B

Benefícios 10, 86  
Big data 44, 45, 49, 51, 52, 53  
Bim 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 24, 29, 30, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 53  
Bioclimatologia 55  
Blocos de vedação 127, 129, 132, 136, 137

### C

Captação de água 98, 99, 101  
Caracterização de pavimento 152  
Cerâmica vermelha 127, 129, 130, 131, 132, 135, 136, 137  
Cidades inteligentes 13  
Concreto poroso 98, 99  
Concreto reforçado com fibras 120, 124, 126  
Construção civil 1, 5, 7, 13, 14, 30, 72, 79, 81, 84, 85, 98, 114, 120, 126, 128, 129, 164, 167, 168, 183

### D

Defeitos de pavimentos 152  
Drenagem superficial 138, 141, 148, 149

### E

Eficiência 7, 55, 56, 61, 62, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 92, 102, 111  
Energia eólica 79, 80, 81, 85  
Energia renovável 61, 80, 81  
Engenharia civil 1, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 31, 32, 35, 101, 119, 126, 161, 162, 163, 169, 181, 182, 183  
Ensino superior 1, 3, 5, 9, 183  
Esforços solicitantes 169, 171, 175, 179, 181

## **F**

Fibras de polipropileno 114, 115, 116, 117, 119

Fibras poliméricas 120, 126

Fissuras 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 151, 160, 161, 168

Frequência natural 72, 74, 76, 77

## **G**

Geotecnologias 102, 104, 105, 106, 107, 110, 111, 112, 113

Gestão do conhecimento 36, 49

Granulometria 163, 164, 168

## **H**

Habitação sustentável 55

## **I**

Internet das coisas 49

## **M**

Método dos elementos finitos 169

## **P**

Painéis alveolares 72, 77

Perícia ambiental 102, 105, 111, 112

## **R**

Realidade virtual e aumentada 44

Reaproveitamento de água 98

Resíduos 62, 127, 128, 131, 136, 137

Retração 114, 115, 116, 118, 119, 133, 135, 136

Reuso 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97

Rodovias 104, 122, 138, 140, 141, 147, 150, 152, 162

## **S**

Sig 102, 104, 107, 108, 110, 111

Sistema de drenagem 138, 140, 141, 148, 149, 150

Solo 93, 105, 106, 107, 111, 112, 113, 142, 143, 144, 163, 164, 165, 166, 167, 168

Sustentabilidade 18, 79, 81, 82, 84, 85, 98, 101, 107, 112, 183

## **V**

Verificação automatizada de conformidade 13

Vibrações excessivas 72, 75, 77

