

## Obtenção de Telhas Usando Compósito Cerâmica-Polímero

**Fábio Rosso<sup>a\*</sup>, Karina Donadel<sup>a</sup>, Vitor de Souza Nandi<sup>a</sup>, Alexandre Zaccaron<sup>b</sup>,  
João Batista Pessoa<sup>c</sup>, Claiton Dias Perdoná Alves Rodrigues<sup>c</sup>,  
Darlan Domingos Candiottto<sup>c</sup>, Guilherme Ghizzo<sup>c</sup>, Diego Cologni<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>*Curso de Engenharia Cerâmica, Centro Universitário Barriga Verde – UNIBAVE,  
Cocal do Sul, SC, Brasil*

<sup>b</sup>*Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC,  
Criciúma, SC, Brasil*

<sup>c</sup>*Escola de Educação Básica Professor Padre Schüller, Cocal do Sul, SC, Brasil*

*\*e-mail: fabiorosso@hotmail.com*

**Resumo:** O uso de resíduos na produção de cerâmica vermelha tem se tornado uma alternativa bastante viável, pois reduz os impactos ambientais, proporciona uma redução nos custos finais de produção e muitas vezes contribuem para a fabricação de produtos com características diferenciadas. Diante desse cenário, torna-se importante a pesquisa de novas tecnologias para que os resíduos gerados pelas indústrias possam ser utilizados de maneira racional. Este trabalho tem como objetivo o reaproveitamento de quebras cerâmicas (resíduo de cerâmica vermelha) para o estudo de um compósito cerâmica-polímero para o desenvolvimento de telhas cerâmicas com a eliminação da etapa de queima. Para isso, foram preparadas diferentes formulações com as quebras cerâmicas e três tipos de polímeros. O resíduo cerâmico foi caracterizado por meio de análise granulométrica, DRX e FRX. As formulações foram misturadas termicamente, e depositadas em formas metálicas, onde foram obtidos os corpos de prova. As propriedades físicas estudadas foram absorção de água e resistência mecânica à flexão, que apresentaram resultados superiores às telhas usualmente comercializadas.

**Palavras-chave:** *telha cerâmica; compósito cerâmica-polímero; resíduos.*

### 1. Introdução

Frente o modelo econômico de desenvolvimento sustentável não há espaço para o conceito de que os recursos naturais e os locais de deposição de resíduos são abundantes. Cada vez mais fica evidente a importância da pesquisa para o desenvolvimento de novas tecnologias que possam utilizar de maneira racional os resíduos gerados pelas indústrias. As pesquisas voltadas à reciclagem e/ou reutilização dos resíduos industriais representam uma alternativa capaz de contribuir para a utilização de matérias-primas alternativas, diminuindo os custos finais de produção, além de estar contribuindo para a preservação do meio ambiente<sup>1,2</sup>.

Uma construção sustentável baseia-se na redução dos resíduos por meio do desenvolvimento de tecnologias limpas, pelo uso de materiais recicláveis ou reutilizáveis, pelo uso dos resíduos como materiais secundários e pela coleta e deposição inerte<sup>3</sup>.

A indústria de cerâmica vermelha se destaca na reciclagem de resíduos sólidos industriais e urbanos, pois utiliza matérias-primas de natureza heterogênea com diversas composições e características físico-químicas, além de possuir elevado volume de produção, possibilitando o consumo de grandes quantidades de resíduos sólidos. Além disso, é um dos poucos setores industriais capazes de obter vantagens no seu processo produtivo com a utilização de resíduos, como economia de matérias-primas de elevada qualidade; redução no consumo de energia, diversificação da oferta de matérias-primas e redução de custos<sup>4</sup>.

Resíduos de componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimentos, etc.) são classificados conforme sua gestão pela Resolução do CONAMA nº 431/2011<sup>5</sup> como de Classe A – resíduos de construção/ demolição, reutilizáveis ou recicláveis como agregados, e quanto à classificação de periculosidade ambiental pela NBR 10.004/2004<sup>6</sup> como Classe II A – não inertes e não perigosos

por apresentar manganês acima dos limites máximos estabelecidos pela norma<sup>7</sup>.

Estimativas indicam que o setor de cerâmica vermelha produziu, em 2010, 84,8 bilhões de peças/ano, correspondendo a 70% (59,4 bilhões) de blocos e tijolos e 30% (25,4 bilhões) de telhas<sup>8</sup>. Para o estado de Santa Catarina, de acordo com os dados do Instituto Nacional de Tecnologia (2012), a estimativa foi de 80% blocos e tijolos e 20% telhas<sup>9</sup>. Devido à elevada produção de peças (tijolos, blocos, telhas, etc.) e também a grande quantidade de indústrias de cerâmica vermelha na região de SC, a quantidade de resíduos gerados no processo de produção também é elevada. A quantidade de resíduo gerado nas indústrias da região de Morro da Fumaça-SC é de aproximadamente 5% da produção total<sup>3</sup>.

Diante do exposto, torna-se indispensável o desenvolvimento de uma tecnologia ecológica e economicamente viável, para que o setor da cerâmica vermelha deixe de ser considerado um grande gerador de resíduo, e insira em seu quadro econômico um produto inovador e de grande apelo ecológico.

As telhas cerâmicas representam um grande percentual de indústrias em todo o país e são utilizadas como componentes para coberturas e são empregadas praticamente em todas as regiões do país. O processo atual de produção de telhas cerâmicas envolve desde a preparação da massa, conformação, secagem e queima. O processo de queima é umas das etapas mais caras para o processo de fabricação de telhas cerâmicas, além do grande consumo de combustíveis e da geração de gases poluentes para atmosfera.

Com esse intuito e em função destas necessidades, este trabalho propõe o reaproveitamento de quebras cerâmicas (resíduo de cerâmica vermelha) para o estudo de um compósito cerâmica-polímero para o desenvolvimento de telhas cerâmicas com a eliminação da etapa de queima. A proposta foi formar um material sem alteração nas

propriedades físicas dos materiais utilizados e sim uma alteração nas propriedades mecânicas do compósito formado. Além de proporcionar uma redução no consumo de combustíveis e redução da poluição atmosférica gerada pelos gases liberados na queima. Para que a telha adquira uma resistência mecânica ideal para seu uso foram testados diferentes polímeros.

Baseando-se na estrutura dos compósitos, que possuem em sua estrutura duas ou mais classes de materiais, sendo o componente estrutural uma base descontínua que fornece resistência aos esforços, e o componente matricial que é uma base contínua que dá a transferência desses esforços<sup>10</sup>. Para isso, foram elaboradas formulações com os resíduos cerâmicos e os polímeros em condições que fosse possível analisar as diferentes possibilidades para a formação dos compósitos com as melhores propriedades.

A cerâmica, devido à sua alta resistência à compressão, foi utilizada neste estudo como componente estrutural. Este pode ser um material inorgânico metálico ou cerâmico de forma regular ou irregular<sup>10</sup>. Como componente matricial, é quase sempre utilizado um polímero orgânico<sup>10</sup>, com finalidade de manter a orientação do componente estrutural, protegê-lo de danos superficiais e fazer a ligação física entre as partes. Para este estudo foram escolhidos os polímeros com base nas informações da Tabela 1.

## 2. Materiais e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido em parceria com o Laboratório Técnico de Cerâmica Vermelha (LABCER), localizada na sede do Sindicato das Indústrias de Cerâmica Vermelha (SINDICER) que está situado no município de Morro da Fumaça - SC.

O resíduo cerâmico (quebras cerâmicas) utilizado foi obtido a partir de blocos estruturais quebrados. Este resíduo foi fornecido pela Cerâmica Zaccaron da região de Morro da Fumaça - SC. As quebras cerâmicas foram submetidas à moagem em um moinho de martelos. A análise granulométrica das partículas foi realizada através de um conjunto de peneiras, contendo as malhas 40, 80, 150, 250 e 325 mesh.

Para a análise de possíveis sais solúveis e ou componentes do resíduo de cerâmica vermelha, que pudessem de qualquer forma

interagir de maneira negativa com o polímero foi realizada a análise por Espectrometria de Fluorescência de Raios X (FRX) (marca Philips e modelo PW 2400). E para a verificação das fases cristalinas foi feita a análise por Difração de Raios-X (Difratômetro Bruker - D8).

O resíduo de poli (tereftalato de etileno) (PET) foi fornecido pela empresa Ebrap localizada no município de Urussanga. O polipropileno (PP) e o poliestireno (PS) foram adquiridos comercialmente, sendo o PS da fabricante Innova e o PP da fabricante Braskem, ambos no formato granular. A Tabela 2 apresenta as propriedades mecânicas do PP e do PS obtidas através dos dados dos fabricantes.

As formulações foram preparadas utilizando o resíduo cerâmico e quatro percentuais de cada polímero estudado, conforme mostra a Tabela 3. Em seguida, as formulações, foram submetidas a um tratamento térmico, para a termofusão dos polímeros, sob agitação para a mistura do componente estrutural e matricial. A temperatura de trabalho também está apresentada na Tabela 3. Posteriormente, foram preparados os corpos de prova através da deposição da massa plástica dentro de matrizes metálicas com formato 20 × 90 × 10 mm, sendo que o resfriamento do composto fundido foi natural.

Como parâmetro de comparação, foram analisados três tipos de telhas comerciais de diferentes fabricantes, telha esmaltada (TE), telha natural branca (TB) e a telha natural vermelha (TV). Estas foram cortadas, com disco de corte diamantado, nas mesmas medidas dos corpos de prova. Para a avaliação da qualidade das formulações e das telhas comerciais, foram realizados os ensaios de absorção de água e resistência mecânica à flexão pelo método de três pontos.

## 3. Resultados e Discussão

A Tabela 4 mostra a análise química feita por FRX das quebras cerâmicas (resíduo de cerâmica vermelha). Pode-se observar a presença em maiores concentrações dos óxidos de sílica (SiO<sub>2</sub>) aproximadamente 72,92% e Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) aproximadamente 16,82%, correspondendo juntas aproximadamente 90% do total. A análise da composição química do resíduo de cerâmica (quebras) não apresentou a presença de qualquer substância estranha que pudesse interferir no processo da formação do compósito.

**Tabela 1.** Polímeros e suas propriedades<sup>10</sup>.

| POLÍMEROS                     | PROPRIEDADES   |
|-------------------------------|--|
| Polipropileno                 | Alta resistência química, termoplástico, menor custo e possibilidade de reciclagem       |
| Poliestireno                  | Rigidez semelhante ao vidro, termo plástico, possibilidade de reciclagem                 |
| Poli (tereftalato de etileno) | Alta resistência mecânica térmica e química, termo plástico, possibilidade de reciclagem |

**Tabela 2.** Propriedades mecânicas dos polímeros PP e PS.

| Propriedades                          | Polímeros              |                        |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|
|                                       | PS                     | PP                     |
| Resistência à tração de ruptura       | 37 MPa                 | 50 MPa                 |
| Módulo elástico por tração            | 1900 MPa               | 3250 Mpa               |
| Resistência ao impacto IZOD           | 30 J/m                 | 23 J/m                 |
| Temperatura de flexão térmica 1,8 MPa | 84 °C                  | 62 °C                  |
| Densidade                             | 1,05 g/cm <sup>3</sup> | 0,91 g/cm <sup>3</sup> |

**Tabela 3.** Formulações realizadas.

| Material         | Formulações (%) |       |       |       |       |       |       |
|------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  | A               | B     | C     | D     | E     | F     | G     |
| Resíduo Cerâmico | 60,0            | 60,0  | 60,0  | 60,0  | 60,0  | 60,0  | 60,0  |
| PET              | 40,0            | 20,0  | 20,0  | 13,3  |       |       |       |
| PP               |                 | 20,0  |       | 13,3  | 20,0  | 40,0  |       |
| PS               |                 |       | 20,0  | 13,3  | 20,0  |       | 40,0  |
| Temperatura      | 280°C           | 270°C | 280°C | 285°C | 240°C | 210°C | 245°C |

A Figura 1 mostra os resultados da análise das fases cristalinas obtido por difração de raios X (DRX) das quebras cerâmicas. Pode-se observar a predominância de quartzo e caulinita, com maiores picos, e alguns picos de illita. Porém, verificou-se a presença, em maior escala, de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ).

Para que ocorra a formação de um compósito é necessária a interação entre os materiais (cerâmica e polímero), proporcionado a transferência de esforços mecânicos. A partir das análises de FRX e DRX, pode-se perceber a presença em grande quantidade de  $\text{SiO}_2$ , o que provavelmente pode facilitar na interação com os polímeros devido às propriedades ácidas deste óxido e desta forma, proporcionar uma melhoria na resistência mecânica dos compósitos formados. As propriedades dos polímeros podem ser facilmente alteradas, quando tratados termicamente, caso o meio no qual estiver exposto possuir alto teor de materiais alcalinos, ácidos, oxidantes e sais<sup>10</sup>.

O estudo apresentado também teve como objetivo reduzir custos energéticos, sendo a moagem um influenciador neste custo. Para isso, atentou-se para a não necessidade da alta redução do tamanho das partículas. A Figura 2 mostra a distribuição de partículas para as quebras cerâmicas realizadas através do conjunto de peneiras. Pode-se observar que os tamanhos das partículas estão 53% acima da #325 mesh e desses, 41% acima da #150 mesh. Sendo um componente

**Tabela 4.** Análise química das quebras cerâmicas.

| Resíduo de Cerâmica Vermelha |          |
|------------------------------|----------|
| Elementos                    | Teor (%) |
| $\text{SiO}_2$               | 72,92    |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$      | 16,82    |
| CaO                          | 0,17     |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$      | 5,02     |
| $\text{K}_2\text{O}$         | 1,58     |
| MgO                          | 0,49     |
| $\text{Na}_2\text{O}$        | 0,28     |
| $\text{P}_2\text{O}_5$       | 0,06     |
| $\text{TiO}_2$               | 1        |
| BaO                          | 0,17     |
| Perda ao fogo                | 1,45     |

estrutural, essa granulometria também proporciona um aumento da resistência mecânica à flexão.

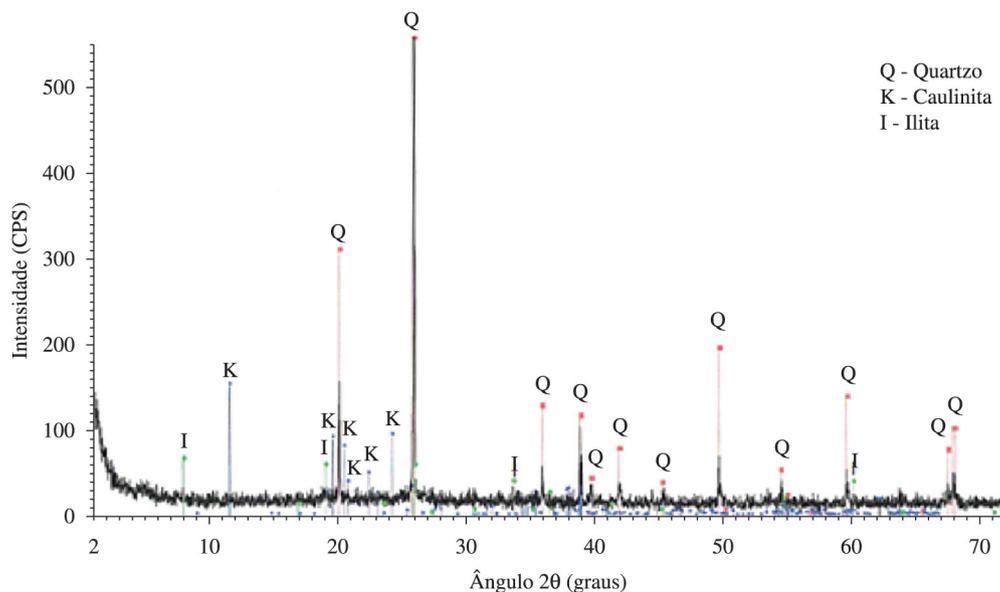
A Figura 3 apresenta os dados de absorção de água para os compósitos obtidos. Pode-se observar que os valores encontrados para a absorção de água dos compósitos testados ficaram abaixo de 3% onde algumas formulações apresentaram valores abaixo de 0,4%, esses valores estão abaixo das telhas usualmente comerciais testadas, apresentando valores na faixa de 12,91 à 15,54%. A baixa absorção de água favorece a impermeabilidade e a alta resistência ao gelo. Os valores obtidos estão dentro dos padrões da ABNT NBR 15310<sup>11</sup>. A absorção de água para telhas tem que ser menor que 20%, não tendo limite inferior.

A absorção de água baixa é importante em regiões que possuem climas de baixas temperaturas, devido ao congelamento da água, sendo que a característica de baixa absorção pode ser um diferencial para a exportação de telhas aos países que necessitam dessas características.

Os resultados de desvio padrão foram desconsiderados, pois tiveram valores discrepantes quanto à absorção d'água.

Um dos ensaios mecânicos mais utilizados para a caracterização de compósitos é o ensaios de flexão de três pontos. Na Figura 4 é possível avaliar a resistência mecânica à flexão a três pontos dos compósitos formulados. Pode-se observar que as formulações (C, D, E e G) que possuem poliestireno (PS) ficaram com valores abaixo das que possuem PET (A, B, C e D) e PP (B, D, E e F), sendo que as formulações com PET, PP ou os dois juntos obtiveram valores que compreenderam a faixa de 227 a 266 MPa. Comparando os resultados de resistência mecânica à flexão das formulações realizadas com as das telhas comerciais, que ficaram na faixa de 92 a 153 MPa, é visível que o material testado possui valores de resistência mecânica à flexão superior, chegando à faixa de resistência três vezes superior.

Estes resultados, provavelmente, estão relacionados a interação entre a cerâmica e o polímero como discutido anteriormente nas análises de FRX e DRX. As transferências de tensões entre o polímero e a cerâmica ocorrem na interface, que assume um papel decisivo nas propriedades mecânicas do compósito final, de forma que uma boa aderência entre estes materiais resulta em boas propriedades mecânicas.



**Figura 1.** Análise mineralógica das quebras cerâmicas.

É importante salientar que além da avaliação das propriedades tecnológicas dos compósitos, este estudo também levou em consideração o fator ambiental, pois a preparação dos compósitos foi realizada sem a etapa de queima o que pode proporcionar uma redução no consumo de combustíveis e também redução na emissão de poluentes atmosféricos gerados no processo de queima, além do reaproveitamento dos resíduos de cerâmica vermelha e de polímero.

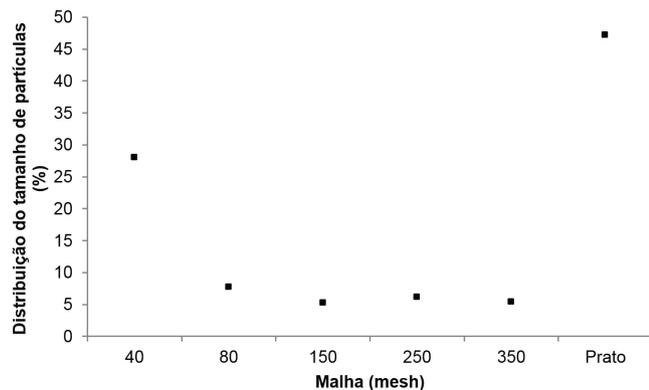


Figura 2. Distribuição do tamanho de partículas das quebras cerâmicas.

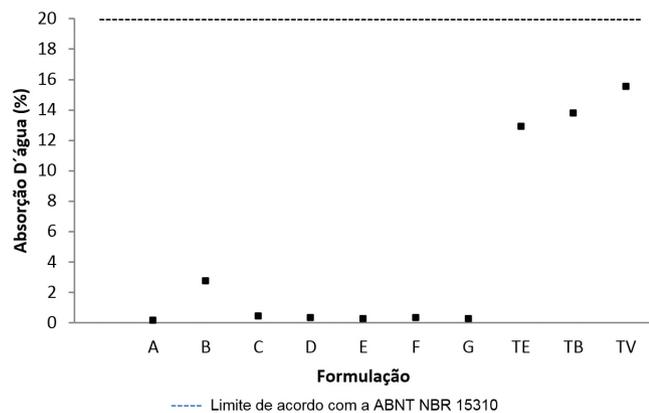


Figura 3. Absorção d'água das formulações.

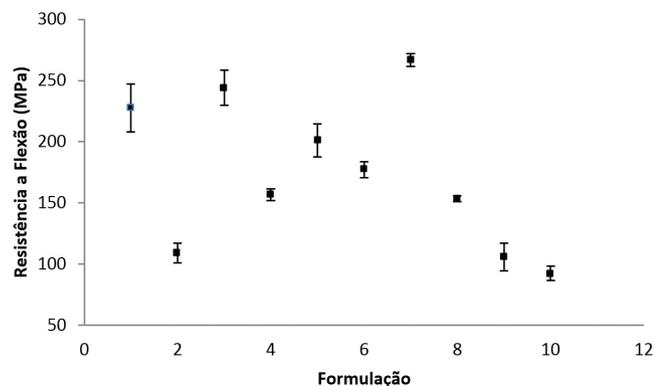


Figura 4. Resistência mecânica à flexão das formulações.

## 4. Conclusões

Através deste estudo pode-se concluir que, a utilização de quebras cerâmicas (resíduo de cerâmica vermelha) como componente estrutural e polímero como componente matricial forma um compósito de alta resistência mecânica à flexão, e baixa absorção de água, que quando comparado com telhas comerciais chega a ser três vezes mais resistente. Com esses valores, verifica-se a possibilidade de produzir telhas cerâmicas com espessuras menores, com área de cobertura maior e mais leve que as convencionais, obtendo-se redução no custo de frete, e estrutura para cobertura.

Além das características técnicas, outro ponto de grande relevância é a questão ecológica, pois as formulações foram feitas com resíduo de cerâmica vermelha e polímeros recicláveis. Além disso, foi eliminada a etapa de queima, reduzindo consideravelmente os custos com energia térmica e minimizando a emissão de gases poluentes.

## Referências

1. BARROS, H. C. **Fabricação de tijolos prensados com agregados reciclados de Telhas cerâmicas, cimento portland e cinza de casca de arroz**. 2012. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental)-Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.
2. LUCAS, D.; BENATTI, C. T. Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n. 3, p. 405-418, 2008.
3. REDIVO, I. M. **Utilização de resíduo de cerâmica vermelha em misturas com solo para construção de camadas de pavimentos com baixo volume de tráfego**. 2011. 160 f. Tese (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
4. MENEZES, R. R.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. O estado da arte sobre o uso de resíduo como matérias-primas cerâmicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 303-313, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662002000200020>
5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 maio 2011. p. 123.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10004:2004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.
7. ZACCARON, A. et al. Incorporação de chamote na massa de cerâmica vermelha como valorização de resíduo. **Cerâmica Industrial**, v. 19, n. 3, p. 33-39, 2014. <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2014.077>
8. BRASIL. Ministério de Minas e Energia – MME. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM. Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral – DTTM. **Anuário estatístico 2010**: setor de transformação de não metálicos. Brasília: SGM, 2010.
9. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA – INT. **Panorama da indústria cerâmica no Brasil**. Rio de Janeiro: INT, 2012.
10. MANO, E. B. **Polímeros como materiais de engenharia**. São Paulo: Blucher, 1991.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15310:2004**: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 44 p.