

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA

JOSÉ EDUARDO VILAR CUNHA

**OBTENÇÃO DE PLACAS CERÂMICAS A PARTIR DE  
FORMULAÇÕES DE MASSAS TRIAXIAIS DE RESÍDUOS  
DE CAULIM, CHAMOTE DE TELHA E CINZA VEGETAL**

NATAL – RN

2009

JOSÉ EDUARDO VILAR CUNHA

**OBTENÇÃO DE PLACAS CERÂMICO A PARTIR DE  
FORMULAÇÕES DE MASSAS TRIAXIAIS DE RESÍDUOS  
DE CAULIM, CHAMOTE DE TELHA E CINZA VEGETAL**

Tese apresenta ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica

Prof. Dr. Eng. Rubens Maribondo do Nascimento  
Orientador

Prof. Ph.D. Antonio Eduardo Martinelli  
Co-Orientador:

NATAL – RN

2009

JOSÉ EDUARDO VILAR CUNHA

**OBTENÇÃO DE PLACAS CERÂMICAS A PARTIR DE  
FORMULAÇÕES DE MASSAS TRIAXIAIS DE RESÍDUOS  
DE CAULIM, CHAMOTE DE TELHA E CINZA VEGETAL**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de

DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA

Tecnologia de Materiais

sendo aprovada em sua forma final

**BANCA EXAMINADORA**

---

Rubens Maribondo do Nascimento – Orientador

---

Antonio Eduardo Martinelli – UFRN

---

Marcus Antonio de Freitas Melo – UFRN

---

Orestes Estevan Alarcon – UFSC

---

Luiz Renato de Araújo Pontes – UFPB

**Dedico esta obra aos meus pais,  
Joaquim Luz Cunha (*in memorian*)  
Maria Vilar Cunha (*in memorian*)  
meus filhos,  
Eduardo Gurgel Cunha  
Felipe Gurgel Cunha  
e minha neta,  
Amanda Arruda Cunha**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Rubens Maribondo do Nascimento, meu orientador acadêmico, pelo estímulo, ensinamentos e contribuição para desenvolvimento do doutorado.

Ao Prof. Ph.D. Antonio Eduardo Martinelli, meu co-orientador acadêmico, pelo acompanhamento, atenção, ensinamentos e apoio durante a confecção deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Paskocimas, pela orientação durante o percurso do trabalho.

Aos meus colegas do Laboratório de Engenharia de Materiais e demais laboratórios da UFRN, pela cooperação e companheirismo demonstrados, principalmente Felipe, José Carlos, Hudson, Jaqueligia, Grazielle, Kim, Jorge em especial Laurenia e Rosane.

A equipe do Laboratório do CT-Gás e Maxymme pela cooperação.

A Ricardo Suassuna pela convivência e amizade, sugestões e contribuições durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos secretários do PPGEM, Wskley e Marisa pela presteza das informações.

Aos professores da UFRN, especialmente aos dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, PPGEM e Ciência e Engenharia de Materiais, PPgCEM pelas contribuições e ensinamentos.

Ao programa de pós-graduação em Engenharia de Mecânica, PPGEM da Universidade Federal do Rio Grande do Norte pelas condições oferecidas durante o Doutorado.

**“A mente que se abre a  
uma nova idéia jamais  
voltará ao seu tamanho  
original”**

Albert Einstein

## RESUMO

A produção de cerâmica vermelha é uma atividade industrial que provoca um intenso impacto ambiental. A confecção de seus produtos aumenta sobremaneira a demanda por recursos naturais, principalmente com a extração da matéria prima, argila. O material cerâmico produzido gera resíduo, como o chamote e a cinza vegetal. O resíduo proveniente do beneficiamento do caulim que é depositado de forma inadequada degrada o meio ambiente e contamina os mananciais da água e do solo, constituindo dessa maneira, desastres ecológicos. O principal objetivo deste trabalho é desenvolver formulação de um produto cerâmico constituído exclusivamente de resíduos sólidos industriais, oriundos de telhas cerâmicas, (chamote), resíduo de caulim e cinza vegetal. Presume-se que este produto confeccionado em laboratório possa ser aproveitado em revestimentos de parede e piso. Pretende-se assim viabilizar a substituição das matérias-primas da composição original de uma massa cerâmica, por resíduos, mantendo-se o processo de produção igual ao convencionalmente utilizado, a fim de que as propriedades do produto sejam reproduzidas. No presente trabalho caracteriza-se os resíduos quanto a sua composição química, análise de tamanho de partícula, difração de raios X e comportamento térmico. Diversas formulações foram estudadas. A massa de resíduos foi preparada pelo processo via seca com corpos de provas prensados a 25 MPa, posteriormente queimados em forno mufla a 850, 950, 1050 e 1150 °C. Os resultados obtidos evidenciaram tecnicamente que é possível se produzir placas cerâmicas porosos exclusivamente com resíduos. Verificou-se que as formulações das massas desempenham um papel fundamental nas propriedades do produto final, assim como as temperaturas de sinterização e taxas de aquecimento. No RN os resíduos de caulim são estimados em 15000 t/mês, a cinza com aproximadamente 3000 t/mês e o chamote com 10 milhões peças/mês danificadas. A presença de carbonatos de cálcio e magnésio em 1050 °C resulta em uma adequada porosidade e resistência mecânica. A formulação M3JE, composta de 69% de resíduo de caulim, 7,7% de chamote e 23,3 % de cinza, se tornou adequado aos materiais porosos, com a resistência mecânica e absorção dentro do patamar das normas nacionais e internacionais.

**Palavras-chave:** Resíduo de caulim. Rejeito de telha (Chamote). Cinza vegetal. Cerâmica vermelha.

## ABSTRACT

The production of red ceramic is an industrial activity that causes an intense impact. The manufacture of its products considerably increases the demand for natural resources, mainly with the extraction of raw material. The ceramic material produced generates waste, such as ash firewood and chamote. The residue from the beneficiation of kaolin is deposited in a poor, degrades the environment and contaminate water sources and soil, constituting in this manner, ecological disasters. The main objective of this work is to develop the formulation of a ceramic product consisting solely of industrial solid wastes, from ceramic tiles, (chamote) residue of kaolin and ash firewood. It is assumed that this product made in the laboratory can be used in coatings, wall and floor. The aim is to facilitate the replacement of the raw material of original composition of a ceramic body, for waste, while the process of production equal to the conventionally used, so that the properties of the product are reproduced. This work is characterized waste as its chemical composition, analysis of particle size, X-ray diffraction and thermal behavior. Several formulations were studied. The mass of waste was prepared by dry process, pressed to 25 MPa, and then burned in muffle type oven to 850, 950, 1050 and 1150 °C. The results showed that it is technically possible to produce porous tiles only with waste. It was found that the formulations of bodies play a key role in the properties of the final product, as well as the sintering temperature and heating rates. RN in the waste of kaolin is estimated at 15,000 t/month, about 3,000 gray t/month and chamote with 10 million pieces/month damaged. The presence of carbonates of calcium and magnesium at 1050 ° C results in an appropriate porosity and mechanical strength. The formulation M3JE, composed of 69% waste of kaolin, 7.7% and 23.3% of chamote of gray, became suitable for porous materials with the strength and absorption within the level of national and international standards.

**Key words:** Residue of kaolin. Waste of tile (chamote). Wood ash. Red ceramic.