

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS FABRICADOS COM ARGILA CAULINÍTICA DE BOA SAÚDE-RN*

Anna Beatriz Almeida Leandro da Costa¹

Bruna Pereira do Nascimento Souza²

Djalma Valério Ribeiro Neto³

Mauro Froes Meyer⁴

Flánelson Maciel Monteiro⁵

Resumo

As argilas são matérias primas fundamentais na confecção dos produtos cerâmicos. Na produção de revestimentos cerâmicos as argilas com baixa quantidade de óxido ferro (Fe_2O_3), que resultam em peças com coloração branca ou bege, são preferenciais. Esse tipo de argila não é comumente encontrado pela indústria, o que torna seu valor expressivamente mais alto. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar as propriedades tecnológicas de massas cerâmicas produzidas com uma argila caulinitica do município de Boa Saúde-RN para produção de revestimentos. O procedimento experimental teve início com a fabricação das massas cerâmicas usando a argila, quartzo, caulim, feldspato K e dolomita, todos materiais com granulometria de 0,074mm. O processo de compactação das amostras ocorreu em uma prensa hidráulica com pressão de 21 MPa. As peças foram secas em uma estufa e sinterizadas no forno do tipo mufla, sem atmosfera protetora, nas temperaturas de 1000°C e 1100°C, com taxa de aquecimento de 10°C/min e patamar de isoterma de 60 minutos. No total, foram confeccionadas quarenta (40) amostras, sendo vinte (20) por temperatura. As propriedades tecnológicas das amostras foram aferidas através dos ensaios de absorção de água (AA%), retração linear (RL%), perda ao fogo (PF%), porosidade aparente (PA%) e massa específica aparente (MEA). Os resultados dos ensaios apontam que a argila estudada pode ser destinada para o setor de revestimentos do tipo poroso.

Palavras-chave: Argila; Boa Saúde; Rio Grande do Norte; Revestimentos Cerâmicos

ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF CERAMIC COATINGS MANUFACTURED WITH CAULINÍTC CLAY OF BOA SAÚDE - RN

Abstract

Clays are fundamental raw materials in the manufacture of ceramic products. In the production of ceramic tiles, low iron oxide (Fe_2O_3) clays, which result in white or beige colored pieces, are preferred. This type of clay is not commonly found by industry, which makes its value significantly higher. Therefore, the objective of this work is to analyze the technological properties of ceramic masses produced with a kaolinitic clay from the city of Boa Saúde-RN for the production of coatings. The experimental procedure began with the manufacture of the ceramic masses using clay, quartz, kaolin, feldspar K and dolomite, all materials with 0.074mm particle size. The sample compaction process took place on a 21 MPa pressure hydraulic press. The pieces were dried in an oven and sintered in the muffle furnace, without protective atmosphere, at temperatures of 1000°C and 1100°C, with heating rate of 10°C/min and isotherm level of 60 minutes. Forty (40) samples were made, twenty (20) per temperature. The technological properties of the samples were measured by water absorption (AA%), linear shrinkage (RL%), fire loss (PF%), apparent porosity (PA%) and apparent specific mass (MEA) tests. The results of the tests indicate that the studied clay can be destined for the porous type coatings sector.

Keywords: Clay; Boa Saúde; Rio Grande do Norte; Ceramic coatings.

* Contribuição técnica ao 19º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, parte integrante da ABM Week 2019, realizada de 01 a 03 de outubro de 2019, São Paulo, SP, Brasil.

- ¹ *Discente do Curso Técnico em Mineração/ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN/Campus Natal Central - CNAT/ Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – DIAREN/Laboratório de Tecnologia Mineral/Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.*
- ² *Discente do Curso Técnico em Mineração/ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN/Campus Natal Central - CNAT/ Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – DIAREN/Laboratório de Tecnologia Mineral/ Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.*
- ³ *Graduando em Tecnologia em Gestão Ambiental – IFRN/Técnico em Mineração/Técnico Laboratorista em Mineração no IFRN – Campus Parelhas/ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN/Campus Parelhas – PASS/Laboratório de Tecnologia Mineral de Parelhas/ Rio Grande do Norte.*
- ⁴ *Engenheiro de Minas – UFOP/Mestre em Engenharia Mineral – UFOP/Professor do Curso Técnico em Mineração/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN/Campus Natal Central - CNAT/ Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – DIAREN/Laboratório de Tecnologia Mineral/Natal, Rio Grande do Norte, Brasil*
- ⁵ *Tecnólogo em Fabricação Mecânica/Doutor em Engenharia Mecânica – PPGEM-UFRN/ Professor do Curso Técnico em Mineração/ Instituto Federal da Bahia (IFBA) cedido ao Instituto Federal do Rio Grande do Norte - IFRN/Campus Natal Central - CNAT/ Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – DIAREN/Laboratório de Tecnologia Mineral/Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

O conceito do termo argila varia conforme a área profissional interessada e também em âmbitos específicos, como sua gênese e aplicações [1]. A argila é um material natural, terroso, de granulometria muito fina, que apresenta características plásticas e que é composto por partículas extremamente pequenas de um ou mais argilominerais (possuindo dimensões menores que quatro micrômetros). Os argilominerais são constituídos majoritariamente de aluminossilicatos hidratados de granulometria fina, podendo conter também magnésio e ferro. Ainda, possuem baixa dureza e densidade e boa clivagem em uma direção, comumente se apresentando em forma de lâminas (filossilicatos) [2].

O processo de erosão quando somado ao transporte e deposição dos detritos resultantes é denominado intemperismo, o responsável pela formação dos minerais argilosos [3]. A água é um dos principais agentes que formam a argila. Ao penetrar nos poros e microfaturas dos minerais constituintes de rochas silicáticas (como o quartzo, o feldspato e os piroxênios), ela dissolve seus constituintes, que posteriormente são reorganizados em solução a partir da ação da água, dióxido de carbono e íons dissolvidos, permitindo então a formação dos argilominerais [1].

A composição química, juntamente com as condições físico-químicas do ambiente de deposição dos sedimentos, corrobora com as variadas colorações que o material argiloso pode apresentar [3].

A argila em geral possui diversas finalidades, podendo ser utilizada para cosméticos, fabricação de louças e porcelanas, fabricação de refratários, materiais de enchimento (tintas, borracha) e cobertura (indústria de papel) e indústrias cerâmicas no geral [4]. Por possuir energia de baixo custo (gás natural) e pela matéria-prima ser abundante na região, o Rio Grande do Norte tem um grande potencial de aplicação da argila branca na indústria de cerâmica [5].

O setor de revestimentos cerâmicos é um dos maiores consumidores de argilas de queima branca, especialmente para compor os “biscoitos” e esmaltes, que compõem a estrutura básica dos produtos. Como essa argila não é encontrada com facilidade pela indústria cerâmica, suas jazidas são cobiçadas. Existem, no Rio Grande do Norte, jazidas desse material nas cidades de Nova Cruz, Lagoa Salgada, Brejinho, Arês, Goianinha e, também, Boa Saúde. A produção de revestimentos cerâmicos é uma oportunidade para aumentar os investimentos econômicos na região, porém, para isso acontecer, é preciso prospectar jazidas de argilas de queima branca.

Contudo, o intuito deste estudo é analisar as propriedades tecnológicas de massas cerâmicas, fabricadas com uma argila da cidade de Boa Saúde-RN, para aplicação na indústria de revestimentos cerâmicos. A variedade de argila a ser estudada neste trabalho é a de queima branca, caracterizada pela ausência de minerais de ferro, manganês e titânio, além da ausência de matéria orgânica.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento experimental deste trabalho consistiu em cinco fases, a saber: cominuição e peneiramento das matérias primas, compactação e sinterização das amostras e, por fim, análises tecnológicas; tendo sido realizadas no Laboratório de Processamento Mineral e Resíduo (LABPROM-IFRN). Inicialmente, se optou pelo uso de uma argila coletada, *in nature*, em uma olaria do município de Boa Saúde/RN.

A argila foi cominuída manualmente usando um almofariz para possibilitar o seu peneiramento em uma peneira ABNT de 65 mesh e, em seguida, foi repetido o procedimento com outra de 200 mesh, para obtenção de uma granulometria final de 0,074mm. As demais matérias primas usadas no trabalho foram disponibilizadas pela empresa ARMIL LTDA e se encontravam com granulometria de 0,074 mm.

Em seguida, foram elaboradas duas massas cerâmicas variando o percentual da argila caulinitica estudada em 10% e 20%; conforme apresentado na Tabela 1. Nas formulações para revestimentos, geralmente, são utilizados caulins e argilas cauliniticas (queima branca), por isso, se optou por reverter o percentual dessas matérias primas no desenvolvimento das massas cerâmicas.

Tabela 1 – Formulações das Massas Cerâmicas.

Minerais utilizados	Massa Cerâmica 1	Massa Cerâmica 2
Feldspato Ortoclásio	60%	60%
Caulim	10%	-
Quartzo	15%	15%
Dolomita	5%	5%
Argila	10%	20%

Fonte: Autores (2019).

As matérias primas, devidamente pesadas de acordo com cada porcentagem da formulação, foram colocadas em sacos plásticos e adicionada 15% de água para umidificação. Logo após ocorrer a homogeneização das misturas as massas cerâmicas ficaram de “repouso” durante um período de 24 horas. No processo de compactação dos corpos de prova foi utilizado uma prensa hidráulica com uma pressão de 21 MPa. Para cada formulação foram compactados vinte (20) corpos de prova, resultando em um total de quarenta (40) amostras.

Posteriormente à compactação, os corpos de provas foram colocados em uma estufa com temperatura de 110 C° por um período de 24 horas. O processo de sinterização das peças ocorreu em um forno do tipo mufla (sem atmosfera protetora) nas temperaturas de 1000 C° e 1100 C°, com taxa de aquecimento de 10°C/min e isoterma de 60 minutos. Em cada temperatura foram sinterizados vinte (20) corpos de prova de cada formulação. A Figura 1 mostra o fluxograma do procedimento experimental do trabalho.

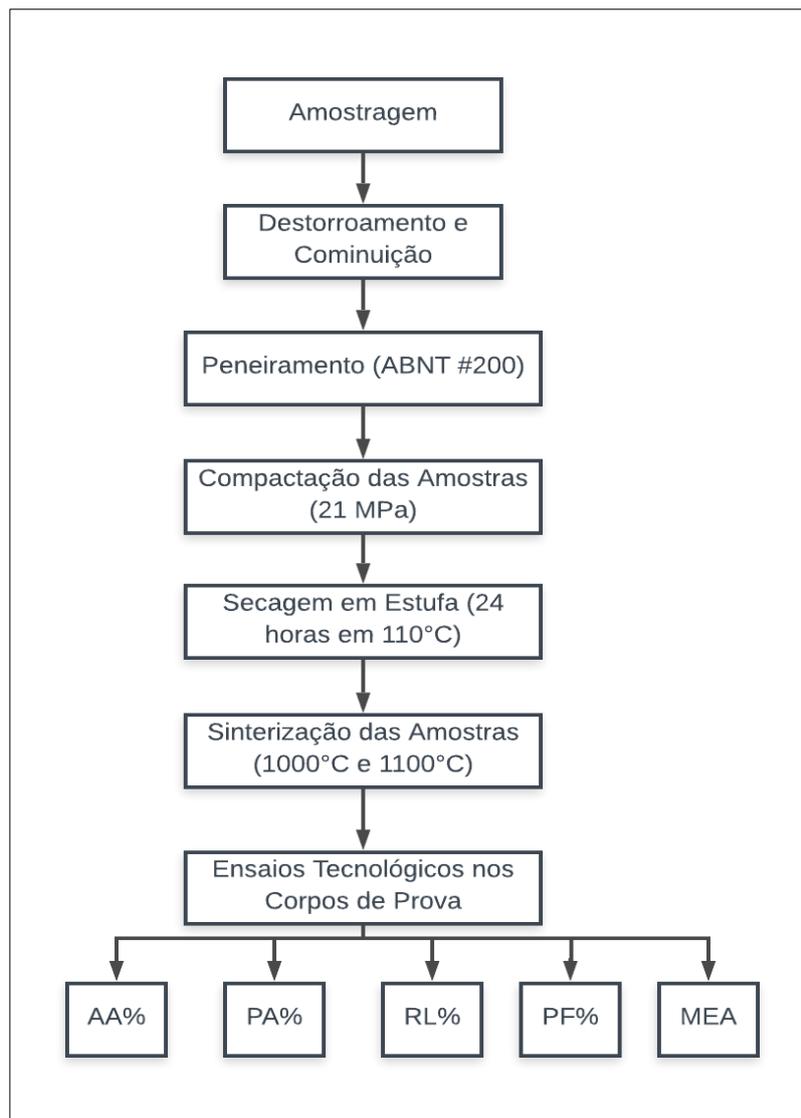


Figura 1. Fluxograma do procedimento experimental. Fonte: Autores (2019).

As propriedades tecnológicas das amostras foram analisadas através dos seguintes ensaios: absorção de água (AA%), retração linear (RL%), perda ao fogo (PF%), porosidade aparente (PA%) e massa específica aparente (MEA%). A Tabela 2 apresenta os ensaios tecnológicos e suas referidas equações.

Tabela 2 – Equações dos Ensaio Tecnológicos.

Ensaio	Equação
Absorção de Água (AA%)	$AA\% = \left(\frac{P_u - P_s}{P_s} \right) \times 100$ (1)
Porosidade Aparente (PA%)	$PA\% = \left(\frac{M_u - M_s}{M_u - M_i} \right) \times 100$ (2)
Perda ao Fogo (PF%)	$PF\% = \left(\frac{P_v - P_s}{P_s} \right) \times 100$ (3)
Retração Linear (RL%)	$RL\% = \left(\frac{L_0 - L_f}{L_0} \right) \times 100$ (4)
Massa Específica Aparente (MEA)	$MEA = \left(\frac{m_s}{m_u - m_i} \right) \times 100$ (5)

Legenda: (1) equação de AA%; (2) equação de Porosidade Aparente; (3) equação de perda ao fogo; (4) equação de retração linear; (5) equação de massa específica aparente.

Fonte: Autores (2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de fluorescências de raios-X (FRX) das matérias primas usadas neste trabalho se encontram na Tabela 3. Ao analisar cada material é percebido que predomina o óxido de silício (SiO_2) nas matérias primas. Essa característica deve ser observada, pois resulta na necessidade de um material com plasticidade para ajudar no processo de conformação dos corpos de prova. Entre as matérias primas que compõem a massa cerâmica e são responsáveis pela plasticidade têm-se, por exemplo, o caulim e feldspato. Além disso, o óxido de alumínio (Al_2O_3), que faz parte da composição mineralógica da maioria das matérias primas, possui como uma das suas funções trazer alvura para as peças, após o processo de sinterização das peças.

Tabela 3 – Análises de Fluorescências de Raios-X das Matérias Primas.

Elemento	Argila	Feldspato (Ortoclásio)	Caulim	Quartzo	Dolomita
SiO_2	60,36	60, 62	60,39	98,96	2,16
Al_2O_3	19,97	22,59	32,50	-	-
Fe_2O_3	12,87	0,46	4,30	0,13	0,66
TiO_2	2,63	-	0,11	-	-
K_2O	1,86	14,95	2,23	0,57	0,38
CaO	0,97	1,08	-	0,15	96,60
BaO	0,82	-	-	-	-
Tm_2O_3	0,19	-	-	-	-
ZrO_2	0,09	-	-	-	-
Cr_2O_3	0,08	-	-	-	-
Ir_2O_3	0,06	-	0,07	-	-
ZnO	0,03	-	0,04	-	-
Rb_2O	0,02	0,14	0,08	0,01	-
SrO	0,02	0,02	0,01	-	0,13
MnO	-	0,08	0,16	-	-
CuO	-	-	0,03	0,02	0,04
Sm_2O_3	-	-	-	0,13	-

Fonte: Autores (2019).

Por conseguinte, nas Tabelas 4 e 5 se encontram os resultados (média e desvio padrão) dos ensaios tecnológicos realizados nas massas cerâmicas, produzidas com argila do município de Boa Saúde/RN, e que objetivam a produção de peças com propriedades similares aos revestimentos cerâmicos.

Tabela 4. Resultados dos ensaios tecnológicos realizados na massa cerâmica 1.

Ensaio/Temperatura	AA%	PF%	RL%	PA%	MEA
1000°C	16,657±0,758	6,338±0,682	-0,07±0,238	22,13±0,772	1,33±0,035
1100°C	13,493±0,544	5,801±0,054	2,87±0,314	18,70±0,494	1,39±0,023

Fonte: Autores (2019).

A massa cerâmica 1 possui na sua composição a argila do município de Boa Saúde-RN e caulim, sendo que estas matérias primas contribuem, cada uma, com uma porcentagem de 10% na formulação. Inicialmente, ao analisar os dados dos ensaios, é observado que a absorção de água (AA%) e a porosidade aparente (PA%) convergem. A diminuição dos valores desses dois parâmetros, quando se aumenta a temperatura de sinterização das amostras, é resultado do aparecimento

de fenômenos físico-químicos advindos dessa etapa. No caso, há uma redução dos poros que, conseqüentemente, traz uma diminuição da absorção de fluidos pelas amostras. Além disso, tendo como referência a norma técnica NBR 13817 [6], que normatiza às características dos revestimentos, é percebido, pelos resultados obtidos do ensaio de AA%, que as amostras produzidas possuem propriedades que são similares aos revestimentos do tipo poroso (BIII), absorvendo na faixa de 10% a 20% do fluido. O ensaio de massa específica aparente (MEA- g/cm^3) é coerente, pois quando a temperatura de sinterização é aumentada, há perda de massa nos corpos de prova, sendo resultado da evaporação da água intrínseca na microestrutura das peças e, também, das mudanças de fases mineralógicas. A análise de perda ao fogo (PF%), mostrou que na temperatura mais alta os corpos de prova perderam menos massa, sendo um resultado incomum. É esperado, frequentemente, que os corpos de prova percam mais massa ao aumentar a temperatura de sinterização. Neste caso, houve uma variação de 0,5% entre a perda ao fogo em 1000°C e 1100°C, sendo um resultado relativamente próximo. Isso, geralmente, demonstra que todas as substâncias superficiais que existiam nos corpos de prova se volatizaram na temperatura de 1000°C, além disso, aconteceram mudanças microestruturas durante o processo de sinterização que, provavelmente, são responsáveis por esse resultado. Em 1100°C, a perda de massa, apesar de menor que na temperatura anterior, não é uma variação elevada.

O ensaio de retração linear (RL%) da massa cerâmica 1, especificamente na temperatura de 1000°C, resultou em uma expansão linear. Normalmente, as peças cerâmicas tendem a retrair suas dimensões quando submetidas ao calor. Isso ocorre, comumente, pois há uma reorganização das partículas, especialmente pelos vazios deixados pela evaporação da água e a formação de novas fases mineralógicas no corpo cerâmico. Todavia, no caso estudado, a expansão linear pode ser resultado de dois fenômenos, sendo: as tensões internas geradas durante o processo de conformação das amostras e que, quando os corpos de prova foram submetidos ao processo de sinterização, foram liberadas e expandiram a microestrutura das amostras. Há, também, a possibilidade de um componente mineral formar uma nova fase mineralógica durante a sinterização que contribuiu para esse resultado. Porém, são necessárias outras análises para confirmar tal hipótese. Na temperatura mais alta, 1100°C, os corpos de prova retraíram 2,87%, demonstrando que o fenômeno descrito anteriormente na temperatura mais baixa foi incomum.

A Figura 2 apresenta os corpos de prova da massa cerâmica 1 sinterizados nas temperaturas de 1000°C e 1100°C. A coloração final dos corpos de prova variou nas tonalidades bege, sendo importante para o desenvolvimento de peças do setor de revestimentos.



Legenda: (a) temperatura 1000°C; (b) temperatura de 1100°C.

Figura 2. Corpos de Prova Sinterizados da Massa Cerâmica 1. Fonte: Autores (2019).

Na Tabela 5 são apresentados os resultados dos ensaios tecnológicos realizados na massa cerâmica 2.

Tabela 5. Resultados dos ensaios realizados na massa cerâmica 2.

Ensaio/Temperatura	AA%	PF%	RL%	PA%	MEA
1000°C	16,48±1,265	6,95±1,420	0,24±0,191	21,90±1,690	1,33±0,034
1100°C	15,98±1,725	5,37±0,101	2,37±0,339	21,33±2,173	1,34±0,030

Fonte: Autores (2019).

A massa cerâmica 2 possui na sua composição 20% de argila caulínica da cidade de Boa Saúde. O caulim, usado na primeira massa cerâmica, foi totalmente retirado da segunda formulação. Analisando os dados apresentados na Tabela 5, é notado que nessa massa cerâmica a absorção de água (AA%) teve uma variação 0,5% entre as duas temperaturas de sinterização. Além disso, quando se compara com a massa cerâmica 1, os valores das duas massas são aproximados. Além disso, o resultado da porosidade aparente (PA%) é coeso com os fenômenos que advêm no processo de sinterização, ou seja, quando a temperatura é aumentada, sucede uma menor porosidade nos corpos de prova e, conseqüentemente, uma menor absorção de água.

No resultado do ensaio de perda ao fogo (PF%) foi constatada uma incoerência, pois os corpos de prova perderam mais massa na temperatura de 1000°C do que em 1100°C. Esse resultado também ocorreu na massa cerâmica 1, demonstrando similaridades das propriedades tecnológicas entre as formulações das massas cerâmicas. A retração linear (RL%) nas amostras sinterizadas em 1000°C foi de 0,24%, enquanto em 1100°C a retração chegou em 2,37%. Os valores da massa específica aparente (MEA) dos corpos de prova das amostras variam apenas em 0,01%, apesar disso, a temperatura mais alta obteve o maior valor.

A Figura 3 mostra os corpos de prova da massa cerâmica 2 sinterizados em 1000°C e 1100°C.



Legenda: (a) temperatura 1100°C; (b) temperatura de 1000°C.

Figura 3. Corpos de Prova Sinterizados da Massa Cerâmica 2. Fonte: Autores (2019).

Os corpos de prova, fabricados com a massa cerâmica 2, apresentaram uma variação da coloração bege. É constatado, ao comparar as amostras das duas massas, que os corpos de prova da segunda possuem coloração mais escura. Esse fato é, provavelmente, ocasionado pela ausência do caulim na formulação. Fazendo uma análise geral das massas cerâmicas que foram confeccionadas, foi notado que a massa cerâmica 1, onde se combinou a argila de Boa Saúde-RN e o caulim, resultou em corpos de prova com melhores propriedades tecnológicas e uma coloração mais alva das peças. E, por outro lado, apesar de possuir propriedades tecnológicas com valores aproximados, a massa cerâmica 2, formada apenas com argila de Boa Saúde, procedeu em peças com coloração mais escura.

3 CONCLUSÃO

Os resultados dos ensaios tecnológicos realizados nos corpos de prova das massas cerâmicas apontam que a argila de Boa Saúde/RN pode ser utilizada na produção de revestimentos cerâmicos, especialmente pela obtenção dos índices de absorção de água (AA%) com valores similares aos revestimentos do tipo poroso, conforme NBR 13817. Contudo, a massa cerâmica fabricada usando o caulim na sua composição resultou em peças mais alvas e propriedades tecnológicas com valores superiores aos aferidos na massa cerâmica que possui apenas a argila caulinítica. Dessa maneira, em virtude da carência de argilas de queima branca na região e, especialmente, para o setor de revestimento, essa argila pode ser uma alternativa viável para incrementar a economia regional.

Agradecimentos

Ao programa de iniciação à pesquisa do IFRN, que nos proporcionou a oportunidade da realização desse trabalho. Ao laboratório de Processamento Mineral e de Resíduos do IFRN – Campus Natal Central, pela disponibilização dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

- 1 Meira, J.M.L. " Argilas: O que são, suas propriedades e classificações".Visa Consultores. 2001 [acesso em 24 jun.2019]; IX:1-7. Disponível em http://www.visaconsultores.com/pdf/VISA_com09.pdf
- 2 Moreno, M.T. ARGILAS: Composição Mineralógica, Distribuição Granulométrica e Consistência de Pastas.Tese de Livre Docência. Rio Claro-SP: UNESP;2012.
- 3 Branco, P.M. Minerais Argilosos. 2014. [acesso em 22 jun.2019]; Disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Minerais-Argilosos-1255.html>
- 4 Jorge, L.H.A. DOSSIÊ TÉCNICO Argila – Propriedades e utilizações.2011. [acesso em 22 jun.2019]. Disponível em <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY4Nw==>
- 5 Ren, D. G.; M. I. Alencar, O. F. Ferreira, J. M. R. Cunha, E. Harima. 55º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 29 de maio a 01 de junho de 2011, Porto de Galinhas, PE, Brasil. Associação Brasileira de Cerâmica.2011.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13817: Placas cerâmicas para revestimento – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.