

CARACTERIZAÇÃO DE SOLO RESIDUAL DA REGIÃO DE SÃO FIDÉLIS - RJ PARA APLICAÇÃO EM CERÂMICA VERMELHA

RU: 2864326

Charles Cosme de Souza

PADILHA, Eliandro José

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar um solo residual colhido no município de São Fidelis – RJ a fim de sua aplicação em cerâmica vermelha. Os métodos utilizados para a caracterização da massa argilosa foram os ensaios de fluorescência de raios X, difração de raios X, plasticidade e granulometria. As peças cerâmicas foram confeccionadas como corpos de prova retangulares por prensagem uniaxial e com formato de peças retangulares com dimensões em 7cm x 0,5cm x 21cm a 20Mpa, com temperaturas de queima a 750°C, 850°C e 950°C. Os corpos de prova sinterizados foram submetidos a ensaios de absorção de água e retração linear. Os resultados obtidos indicaram que o material estudado pode ser utilizado como matéria-prima para cerâmica vermelha devido à: absorção de água, limites de plasticidade e liquidez, a granulometria e a retração linear estarem dentro dos limites das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), no entanto o solo residual do município de São Fidelis também pode ser utilizado como redutor de plasticidade se incorporado em pequenas proporções a massascauliníticas que se apresentam muito plásticas, isto é devido ao seu alto teor de quartzo. As cerâmicas obtidas apresentaram uma coloração avermelhada ideal para a cerâmica vermelha, com baixa porosidade, boa sinterização e com as dimensões e as propriedades físico-mecânicas dentro dos limites da ABNT para a possibilidade de comercialização.

Palavras chaves: Solo. Residual. Cerâmicas. Vermelha. Normas

1- INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve por objetivo caracterizar um solo residual colhido no município de São Fidelis no estado do Rio de Janeiro, visando sua utilização como matéria-prima de produtos cerâmicos e para obter dados para um novo setor econômico na região, gerando outra possibilidade de trabalho e renda. Foram realizados ensaios de caracterização mineralógica e química, além das propriedades físicas e mecânicas das peças cerâmicas após sinterização e os resultados comparados com as normas brasileira da ABNT.

A qualidade de vida da população e a infraestrutura econômica do Brasil são diretamente influenciadas pela construção civil, que agrega um conjunto de atividades importantes para o desenvolvimento socioeconômico do país. Por este motivo, existe a necessidade de estudos em

busca de novos materiais e até aperfeiçoamento dos materiais para construção civil (MONTEIRO *et al.*, 2011).

O solo é muito utilizado na engenharia civil, por estar presente como material de construção ou suporte das cargas atuantes, sendo considerado barato, abundante e rico em minerais diversos (DIEMER *et al.*, 2008).

O município de Campos dos Goytacazes no estado do Rio de Janeiro abriga um polo cerâmico com mais de 100 cerâmicas sindicalizadas, especializadas em produzir tijolos e telhas com argilas caulínicas locais, que são sedimentos quaternários de origem flúvio-lacustre, apresentando alta plasticidade (VIEIRA *et al.*, 2010). Dessa forma, é necessário o conhecimento sobre materiais naturais e sintéticos que possam não somente substituir a argila, mas também ajustar sua plasticidade de modo a melhorar a trabalhabilidade da massa e o processo de fabricação cerâmica como um todo.

O município de São Fidélis vizinho de fronteira com o município de Campos dos Goytacazes apresenta porções de seu território fortemente acidentadas, com altitudes medianas, tendo relevo inserido no segmento Serra do Mar. Na unidade morfológica do Estado do Rio de Janeiro compreendida pelas Terras Montanhosas, as classes de solos de maior ocorrência são argissolo vermelho amarelo, latossolo vermelho amarelo e cambissolo - solo residual maduro de migmatito (CEIVAP, 2012). Essas características do solo do município de São Fidélis são de um solo útil para a fabricação de cerâmica vermelha e o objetivo da apresentação desse trabalho.

2- METODOLOGIA

A matéria-prima utilizada neste estudo foi um solo residual da região de São Fidélis, estado do Rio de Janeiro, Brasil. A Figura 2.1 A mostra as coordenadas do local de coleta da amostra do solo, a Figura B é uma aproximação do local da coleta e a figura C mostra a área de coleta.

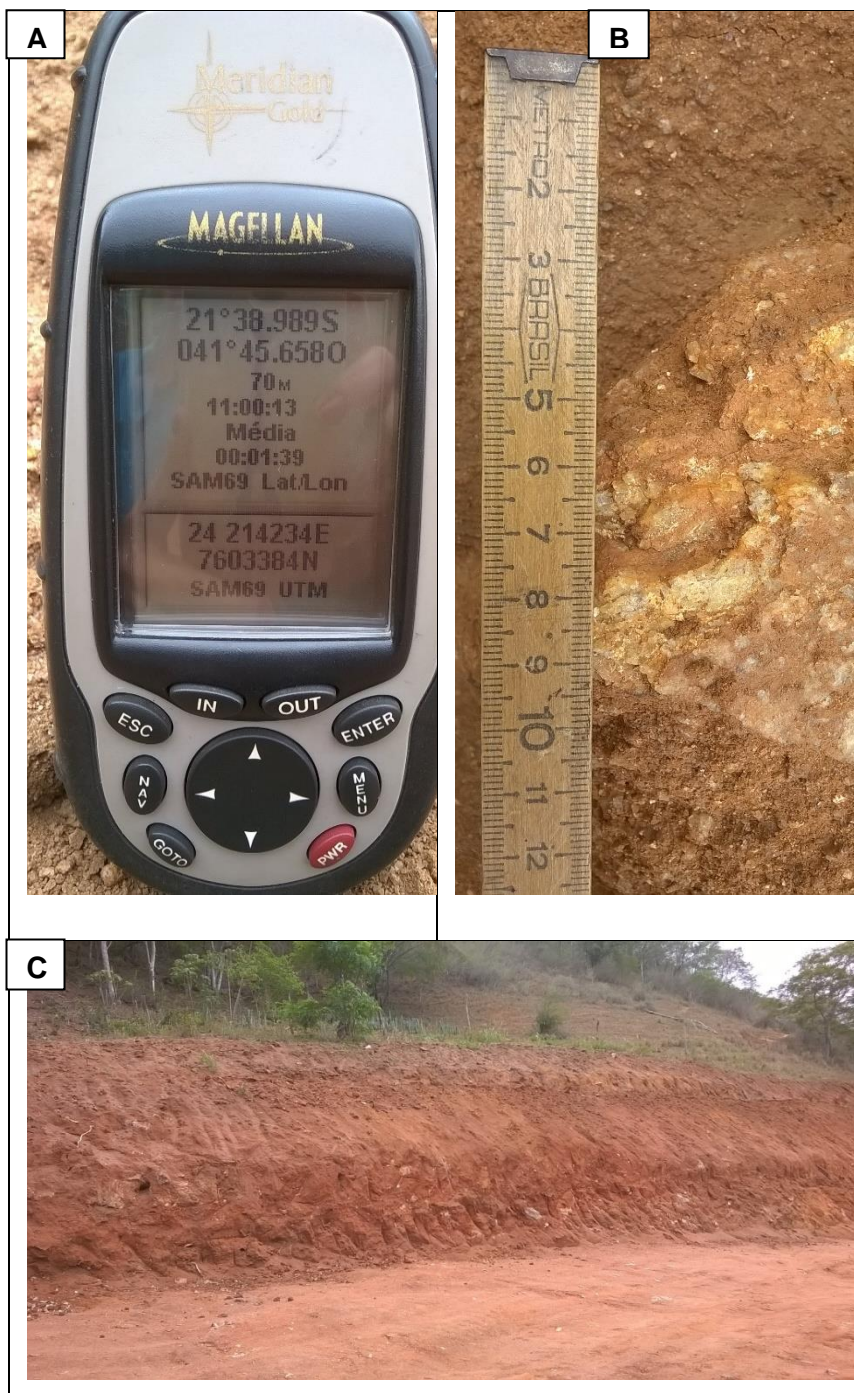


Figura 2.1: a) coordenadas do local de coleta da amostra do solo; b) vista aproximada do local da coleta; c) área de coleta do solo (SOUZA, 2021).

A composição química do solo foi obtida por fluorescência de raios x (FRX) em equipamento da marca Philips, modelo PW 2400. A análise de difração de raios x (DRX) foi realizada em um difratômetro Shimadzu XRD-7000, disponível no LAMAV-UENF, utilizando radiação monocromática de Cu-K α a uma velocidade de 1,5° (2 θ) por minuto.

O estudo da distribuição de tamanho de partículas foi feito através do método combinado de peneiramento via úmido e sedimentação por gravimetria, de acordo com a norma NBR-7181 (ABNT, 1984). O método consiste na classificação do tamanho das partículas que ficam retidas na peneira de 10mesh (2mm), por meio de um conjunto de peneiras. Partículas cujo tamanho for menor que 2mm e passarem através da peneira de 10mesh serão classificadas por meio da combinação por peneiramento, usando peneiras de 20, 40, 60, 100 e 200mesh (peneiramento fino) e sedimentação. A sedimentação foi realizada com a dispersão de 70g da amostra em 125ml de água com a adição de durante 15 minutos e colocada nos tubos de teste. Através da sedimentação e porosidade pela Lei de Stokes foi calculado o diâmetro esférico equivalente das partículas, a velocidade terminal de sedimentação depende do tamanho da partícula e da viscosidade do fluido. Assim, onde V é a velocidade terminal de sedimentação, d é o diâmetro equivalente, ρ é a massa específica do material, ρ_f é a massa do fluido, g é a gravidade local e η é a viscosidade do fluido utilizado.

Foram confeccionados sete corpos de prova para cada temperatura, em formato retangular de 100x50x8mm, com 8% de umidade, conformados por prensagem uniaxial a 20 MPa. Em seguida os corpos de prova foram secos em estufa a 110°C até massa constante e posteriormente queimados a 750, 850 e 950°C em forno laboratorial tipo mufla com taxa de aquecimento de 2°C/min, até atingir a temperatura de patamar, mantida por 120 minutos. O resfriamento foi realizado por convecção natural, desligando-se o forno.

As propriedades tecnológicas investigadas foram: plasticidade, retração linear e absorção de água. A absorção de água foi determinada de acordo com procedimentos estabelecidos por norma (ASTM, 1972). A plasticidade foi determinada de acordo com as normas da NBR-7180 (ABNT, 1984) e NBR-6459 (ABNT, 1984), através da determinação dos limites de Atterberg (ABNT, 1984), o ensaio de plasticidade foi realizado a fim de investigar o comportamento de extrusão das mesmas, no Laboratório de Engenharia Civil - LECIV da UENF.

$$V = g \cdot d \cdot (\rho - \rho_f) / 18\eta \quad (\text{Eq. 1})$$

3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os dados sobre o setor de cerâmica no Brasil apresentam divergência entre as principais associações na área de cerâmica.

Nos dados da ANICER (associação Nacional da Indústria Cerâmica) em 2008 apontavam 5500 empresas entre cerâmicas e olarias, com mais de 400 mil empregos diretos e 1,25 milhões de empregos indiretos, com um faturamento anual de R\$ 6 bilhões.

No entanto a ABC (Associação Brasileira de Cerâmica) em 2008 contabilizou 11.000 empresas de pequeno porte de cerâmica vermelha em todo o Brasil, empregando 300 mil pessoas e um faturamento de R\$ 18 bilhões.

Essas divergências nas informações estão ligadas a informalidade, que no final dificulta uma avaliação precisa e o desenvolvimento do setor da construção civil.

No município de Campos dos Goytacazes, vizinho ao município de São Fidélis no norte do Estado do Rio de Janeiro, produz aproximadamente 40×10^6 peças de cerâmica vermelha ao mês (RAMOS *et al.*, 2006), esse tipo de cerâmica é basicamente voltado para a fabricação de tijolos.

O município de Campos é o maior produtor de cerâmica vermelha do estado do Rio de Janeiro, com 120 empresas e mais de 5000 funcionários (AZEVEDO *et al.*, 2016). Sendo o principal mercado consumidor desses produtos a região do Grande Rio.

Para a região norte fluminense a indústria da cerâmica vermelha representa um grande papel, tanto social como econômico e com possibilidades de crescimento da produção e melhoria do emprego e renda.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 4.1 mostra a composição química do solo. Observa-se a predominância de óxidos de silício, alumínio e ferro, com uma relação de sílica-alumina de aproximadamente 1,37 diminuindo a plasticidade da amostra (SOUZA, 2021).

A elevada presença de óxido vai conferir a cerâmica um tom bastante avermelhado e diminuir a plasticidade da massa cerâmica. A cerâmica que se apresenta branca após a queima contém menos de 1% de Fe_2O_3 . Cerâmicas que contêm entre 1% e 5% de Fe_2O_3 apresentam coloração rosácea, e cerâmicas vermelhas contêm 5% ou mais de Fe_2O_3 em sua composição (MURRAY *et al.*, 2007). O teor relativamente alto de Fe_2O_3 confere uma coloração vermelha ao produto após a queima.

Tabela 4.1: Composição química da amostra de solo de São Fidélis.

Óxidos metálicos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂	CaO	MnO	V ₂ O ₅	ZrO ₂	ZnO	CuO	Y ₂ O ₃	SrO	PdO
Percentual	44,13	32,3	15,87	2,44	2,00	1,90	0,64	0,45	0,06	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01

(SOUZA, 2021)

Observando a figura 4.1 e comparando com a tabela 4.1, identificam-se picos de mica com ângulos 2θ em 61, 56°, picos de quartzo em 22, 26, 50 68 e 71°, picos de hematita em 33, 36 e 54° e picos de caulinita em 12, 20, 25, 60 e 65°. Essas amostram apresentam uma coloração avermelhada devido à presença da hematita, além de apresentar o componente mais importante que é o argilomineral caulinita e um material de enchimento o quartzo cristalino.

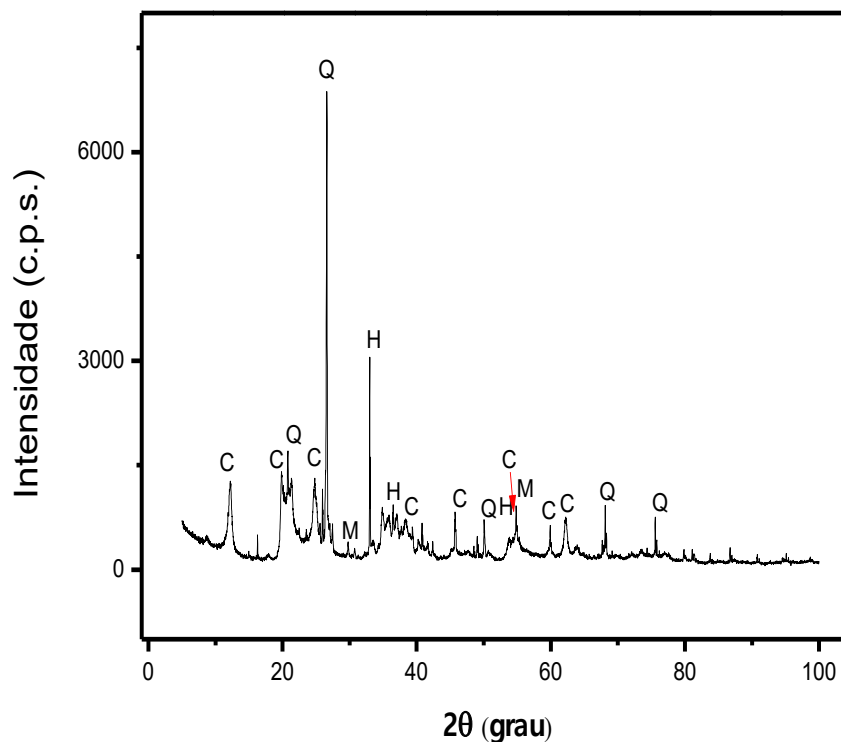


Figura 4.1: Difratograma de raios x da amostra de solo (SOUZA, 2021).

A Figura 4.2 apresenta a distribuição de tamanho de partículas do solo. As diferentes faixas de tamanho de partícula estão associadas à fração argila, silte e areia, de acordo com classificação granulométrica dos solos da *International Society of Soil Science* (VIEIRA, 2011). O

teor de “fração argila” na amostra é de 20,8% em massa. A “fração argila” representa tamanho de partícula inferior a 2µm e confere plasticidade à massa cerâmica quando em mistura com água, permitindo assim uma consistência plástica. O teor de “fração silte”, partículas com tamanhos compreendidos entre 2 e 20µm, é de 15,1% e o teor de “fração areia”, partículas com tamanho esférico equivalente maior que 20µm, é de 64,2% em massa.

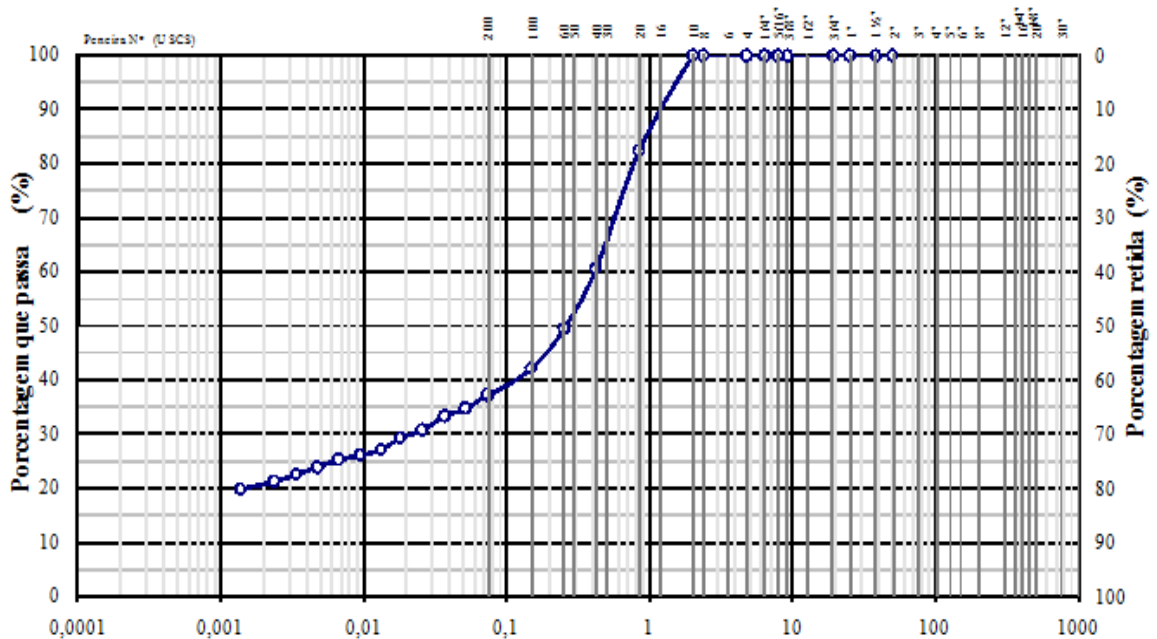


Figura 4.2: Distribuição de tamanho de partículas da amostra (SOUZA, 2021).

Um corpo plástico é definido como o que pode ser continuamente deformado, sem que sobrevenha a ruptura, não possuindo limite de elasticidade e também não podendo ser encruado a frio. É esse o caso das argilas molhadas (SANTOS, 1989).

Juntando-se água levemente a uma argila, notam-se duas fases. No início ela se desagrega facilmente, e no final ela se liquidifica. O ponto de limite entre essas fases, ou seja, quando a argila não mais se desagrega, mas ainda não é pegajosa, e o ponto de maior plasticidade, varia com a argila.

Assim, a quantidade de água necessária pode ser de 10% para as argilas “gordas” ou de alta atividade e até 50% para as argilas “magras” ou de atividade baixa.

Na tabela 4.2 é apresentada os limites de liquidez e plasticidade, além do índice de plasticidade da amostra de argila.

Tabela 4.2: Limites de plasticidade e liquidez da amostra de solo de São Fidélis.

Limite de Liquidez	33,8%
Limite de Plasticidade	21,8%
Índice de Plasticidade	12,0%

(SOUZA, 2021)

A amostra de solo de São Fidélis está dentro do índice e limite de plasticidade para produção de cerâmica, que varia de 10% a 50%. Para a avaliação das propriedades físicas dos corpos cerâmicos foram feitos teste de absorção de água, retração linear e perda de massa.

A Tabela 4.3 indica a absorção de água dos corpos de prova queimados a 750° C com média de 23,1%, indicando que a sinterização foi adequada e que o material ficou com porosidade aberta dentro da norma (ASTM, 1972). A perda de massa obtida pela equação 2 ficou com média de 2,50% devido aos compostos de enxofre presentes e perda de massa da caulinita presente.

$$Pm = Pu - Pq / Pq \times 100 \quad (\text{eq. 2})$$

Legenda:

Pm = perda de massa

Pu = peso úmido

Pq = peso queimado

Tabela 4.3: Peso úmido e seco e absorção de água dos corpos de prova queimados a 750°C.

750°C			
CP	Peso Úmido(g)	Peso Queimado (g)	Absorção de água (AA) %
1	54,3	51,43	23,02
2	54,0	51,50	23,10
3	54,3	51,80	23,06
4	53,8	51,62	22,63
5	54,2	52,03	23,36
6	54,3	51,59	23,31

7	54,3	51,71	23,27
M	54,17	51,67	23,11
σ	0,20	0,20	5,79

(SOUZA, 2021)

A Tabela 4.4 indica uma adequada absorção de água dos corpos de prova queimados a 850 °C com média de 18,57% menor que a 750°C devido a uma melhor sinterização e diminuição da porosidade da cerâmica. A perda de massa ficou com média de 2,53% devido aos compostos de enxofre presentes e perda de massa da caulinita.

Tabela 4.4: Peso úmido e seco e a absorção de água dos corpos de prova queimados a 850°C .

850°C			
CP	Peso Úmido(g)	Peso Queimado (g)	Absorção de água (AA)
1	57,84	51,09	18,29
2	54,94	61,88	18,23
3	55,52	53,24	18,21
4	55,93	51,58	18,69
5	58,2	52,96	18,56
6	57,87	52,71	18,78
7	58,84	58,02	19,23
M	57,02	54,50	18,57
σ	1,52	3,96	6,18

(SOUZA, 2021)

A Tabela 4.5 indica também uma adequada absorção de água dos corpos de prova queimados a 950°C com média de 15,72% um pouco menor que a 850°C, pois nessa temperatura a caulinita começa a se transformar em mulita aumentando um pouco a sinterização do material, na temperatura de 950°C indica que a sinterização também ficou dentro da norma e que o material ficou com menor porosidade aberta. A perda de massa ficou com média de 5,00% devido

aos compostos de enxofre presentes e perda de massa da caulinita e redução do óxido de ferro presente na forma de hematita.

Tabela 4.5: Peso úmido e seco e a absorção de água dos corpos de prova queimados a 950° C

950°C			
CP	Peso Úmido(g)	Peso Queimado (g)	Absorção de água (AA)
1	57,85	51,68	15,64
2	54,95	50,64	15,75
3	55,53	51,56	16,22
4	55,94	51,86	16,12
5	58,21	54,00	15,45
6	57,88	53,62	15,22
7	58,85	50,88	15,66
M	57,03	52,03	15,72
σ	1,52	1,29	5,61

(SOUZA, 2021)

A tabela 4.6 apresenta a retração linear dos corpos cerâmicos queimados a 750°C e através dela observamos que os corpos cerâmicos diminuíram o comprimento, devido a diminuição dos espaços vazios, devido a sinterização.

Tabela 4.6: Retração linear dos corpos cerâmicos queimados a 750° C.

750°C			
CP	Comp.seco(mm)	Comp.queimado(mm)	RL
1	100,31	99,77	0,54
2	100,27	99,88	0,38
3	100,16	99,37	0,80
4	100,56	99,86	0,70

5	100,17	99,27	0,89
6	100,08	99,39	0,31
7	100,16	99,28	0,69
M	100,24	99,47	0,62
σ	0,16	11,02	0,74

(SOUZA, 2021)

A tabela 4.7 apresenta a retração linear dos corpos cerâmicos queimados a 850°C e através dele observamos que os corpos cerâmicos que também diminuíram o comprimento, devido a uma sinterização e formação de fase líquida dos grãos melhor que a 750 °C.

Tabela 4.7: Retração linear dos corpos cerâmicos queimados a 850° C.

850°C			
CP	Comp.seco(mm)	Comp.queimado(mm)	RL
1	100.32	99.31	1,01
2	100.28	99.27	1,01
3	100.17	99.38	0,79
4	100.57	99.37	1,19
5	100.18	99.28	0,89
6	100.09	99.40	0,69
7	100.17	99.29	0,88
M	100,25	99,33	0,92
σ	0.16	0,05	0,74

(SOUZA, 2021)

A tabela 4.8 apresenta a retração linear dos corpos cerâmicos queimados a 950°C e através dele observamos que os corpos cerâmicos também diminuíram o comprimento e os mesmos apresentaram média de retração bem superior aos demais corpos de prova queimados a 750 e 850°C, devido as transformações de fases da caulinita.

Tabela 4.8: Retração linear dos corpos cerâmicos queimados a 950°C.

950°C			
--------------	--	--	--

CP	Comp.seco(mm)	Comp.queimado(mm)	RL
1	100,33	96,32	4,00
2	100,29	96,28	4,00
3	100,18	96,39	3,78
4	100,58	96,38	4,18
5	100,19	96,29	3,89
6	100,10	96,41	3,69
7	100,18	96,30	3,87
M	100,26	96,34	3,92
σ	0,16	0,05	1,96

(SOUZA, 2021)

A temperatura com menor retração linear foi a de 750°C com retração linear média de 0,62 mm, dando a essas peças uma conformação mais linear em relação as temperaturas de 850 e 950°C e a temperatura com melhor absorção de água foi a de 950 °C. A densidade média da argila utilizada foi de 2,67 g/cm³, que comparada com o solo da região produtora de cerâmicas de Campos dos Goytacazes tem densidades variando de 2,60 g/cm³ a 2,70 g/cm³.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram que a argila de uma região do município de São Fidélis no estado do Rio de Janeiro utilizada nesse trabalho, se mostrou adequada para a fabricação de tijolos, pois a mesma apresentou uma plasticidade e granulometria ideais para a composição de massas cerâmicas, as análises química e mineralógica identificaram minerais presentes em massas próprias para cerâmicas. As peças cerâmicas feitas por compressão uniaxial e sinterizadas apresentaram boa queima nas temperaturas utilizadas, baixa porosidade e a retração linear foi adequada, indicando que as mesmas tiveram pequenas diminuições das dimensões.

Esse mesmo solo residual pode ser utilizado como matéria-prima no município de São Fidélis devido a sua natureza com alto teor de quartzo e uma relação sílica (SiO₂) e alumina (Al₂O₃) de aproximadamente 1,5 e verificados também pela análise granulométrica com alto teor de areia 64,2% da massa e pela análise de difração de Raios X com a verificação da presença dos

minerais como o quartzo e a caulinita, devido ao alto teor de quartzo foi verificado a baixa perda de massa das peças cerâmicas, dando ao solo características de redutor de plasticidade.

Dentre as três temperaturas avaliadas, a temperatura de queima com o melhor resultado geral foi a de 850°C, pois nesta temperatura os resultados de absorção de água foram melhores que na temperatura de 750°C e os resultados da retração linear das peças sinterizadas a 850°C foram bem melhores que os resultados obtidos na temperatura de 950°C.

A presença do mineral hematita verificado na difração de Raios X indica uma pigmentação natural nas cerâmicas após sinterização, dando-lhe uma coloração avermelhada e facilitando a sua comercialização.

Os ensaios de resistência mecânica à compressão não foram realizados devido a defeitos do equipamento, este podendo ser realizado futuramente para a avaliação completa do solo residual da região do município de São Fidélis – RJ.

Devido ao solo residual avaliado ter elevado teor de areia, o mesmo pode ser utilizado como mistura em outro tipo de solo com elevado teor de argila, diminuindo assim a sua plasticidade e facilitando o manuseio e conformação das peças cerâmicas. Ficando para estudos futuros, novas composições com mistura de solos de diferentes regiões, desde que se obedeça as características mineralógicas e granulométricas de cada solo.

6- REFERÊNCIAS

- C.F. Monteiro, A.C.R.C. Costa, E.R.P.R. Rocha, (2011). **Perspectivas e desafios para inovar na construção civil**. Construção Civil - BNDES Setorial 31, 353-410p.
- F. Diemer, D. Rambo, L.P.Specht, C.E. Pozzobon, (2008). **Propriedades geotécnicas do solo residual de basalto da região de Ijuí/RS**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, 12, 25-36p.
- C.M.F. Vieira, R.M. Pinheiro, S.N. Monteiro, (2010). **Massas cerâmicas para telhas: avaliação microestrutural**. Revista Matéria, v.15, 1, 050 – 055p.
- CEIVAP, (2012). **Plano Municipal de Saneamento Básico – Plano Regional de Saneamento com Base Municipalizada nas Modalidades Água, Esgoto, e Drenagem Urbana**, Produto 4: Diagnóstico Setorial. Resende – RJ.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, (1984-b). **Determinação da Análise Granulométrica dos solos**, NBR – 7181-84.

ASTM - American Society for Testing and Materials, (1972). **Water Absorptin, Bulk Density, Apparent Porosity and Apparent Specific Gravity of Fired White ware Products**, C 373 - 72.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, (1984). **NBR 7180 Determinação de limites de plasticidade: método de ensaio**, Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, (1984). **NBR 6459 Determinação do limite de liquidez: método de ensaio**, Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Cerâmica – ABC. **A qualidade da cerâmica vermelha**, São Paulo.
<http://www.ipt.br/institucional/imprensa/noticias/?ID=885>, acessado em 04/07/2021.

Associação Nacional da Indústria Cerâmica - ANICER. <http://www.anicer.com.br/>, acessado em 04/07/2021.

A. R. G. Azevedo, J. Alexandre, G. C. Xavier, A. L. C. Paes (2016). **Verificação da conformidade de artefatos maciços de cerâmica vermelha produzidas em Campos dos Goytacazes**, 60º Congresso Brasileiro de Cerâmica, São Paulo.

I. S. Ramos, M. G. Alves, J. Alexandre (2006). **Diagnóstico do pólo cerâmico de Campos dos Goytacazes**, Cerâmica Industrial, v.11 (1): 2832.

H.H. Murray, (2007). **Applied Clay Mineralogy – Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-sepiolite, and Common Clays**, Ed. Elsevier.1ª ed.Bloomington, 180p.

C.M.F. Vieira, R.M. Pinheiro, (2011). **Avaliação de argilas caulíníticas de Campos dos Goytacazes utilizadas para fabricação de cerâmica vermelha**. Cerâmica, 57, 319-323p.

P.S. Santos, (1989). **Argilas plásticas para cerâmica vermelha ou estrutural**, in: **Ciência e Tecnologia de Argilas**, Ed. Edgard Blucher 2ªed., V.1.