

CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DE TELHAS E TIJOLOS EM RUSSAS-CE

RENATO EVANGELISTA ALVES

Graduado pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará – UFC campus Russas, renatoalves@alu.ufc.br;

JOANA NARA BARRETO DA SILVA

Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará – UFC campus Russas, joana.narab@gmail.com;

DANIELA LIMA MACHADO DA SILVA

Professora Orientadora: Mestre em Engenharia Civil e Ambiental; Docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará – UFC campus Russas, danielams@ufc.br;

RESUMO

A cidade de Russas, localizada no interior do Ceará, é reconhecida como um pólo cerâmico, com cerca de 50 indústrias atualmente. Entretanto, mesmo diante dessa forte presença, o controle de qualidade de muitos materiais, como a argila, utilizada na fabricação de telhas e tijolos, ainda é pouco estudado e investigado para fins de melhoria. Nesse contexto, o presente trabalho objetiva, a realização de caracterização geotécnica e química de amostras de argilas utilizadas para fabricação de cerâmicas vermelhas na cidade de Russas-CE. Nessa pesquisa será estudado as propriedades das argilas, os constituintes desse solo e ainda o comportamento da matéria-prima e dos produtos gerados a partir desta. As amostras estudadas, foram coletadas em 04 (quatro) olarias e ensaiadas na Universidade Federal do Ceará. Em síntese, os resultados principais revelam que as amostras CE-04 e CE-05 podem ser trabalhadas juntas, uma vez que essas fazem parte da mesma olaria. Outrossim, é a correção do teor de matéria orgânica na CE- 02, o que pode ser através de implementação de uma camada mais superficial, no momento da retirada das jazidas. Além disso, as caracterizações granulométricas se apresentam com um caráter satisfatório, uma vez que a taxa de materiais argilosos está

dentro do esperado de acordo com a literatura, entre 30% e 70%. As análises químicas também apresentam uma CTC adequada, entre 20 e 30 CmolC/kg, o que indica uma boa qualidade e classifica essas amostras como uma Ilita de baixa atividade, sendo suficientemente adequado para fins de cerâmica vermelha.

Palavras-chave: Indústrias cerâmicas, Argila, Telhas, Tijolos.

INTRODUÇÃO

A construção civil contribui de forma significativa para o desenvolvimento econômico do Brasil, sendo um dos setores que possui uma ampla utilização de materiais de origem natural. Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, a construção civil impulsiona os investimentos provocando incremento no PIB, sendo que em 2019 houve um crescimento em torno de 2% do setor em relação ao ano anterior e, consequentemente, um aumento de 0,4% da economia do País no mesmo período. Outrossim, é notória a contribuição da construção civil na área social, pois é uma atividade essencial para diminuir o déficit habitacional e geração de empregos, e isso é um fator importante para o desenvolvimento econômico de uma nação, como o Brasil (CUNHA, 2012).

Com relação a produção de cerâmica no Brasil, a região Sul e Sudeste são as que mais se destacaram e se desenvolveram no país, todavia, a região Nordeste tem apresentado um grande avanço nesse setor (SEBRAE, 2015). Diante disso, com relação ao Estado do Ceará, o Vale do Jaguaribe, com destaque para a cidade de Russas, apresenta a maior atividade do setor ceramista, sendo que, até 2012, das 400 indústrias dessa categoria presente no estado, em torno de 120 estão localizadas no município, entre as regulamentadas e as não regulamentadas, isso gera uma produção de telhas e tijolos em torno de 76.000 milheiros/mês e gera aproximadamente 3.200 empregos diretos (ELLA, 2012).

Essa expressiva quantidade de indústrias cerâmicas localizadas no município de Russas-CE tem grande influência da localização pertinente da região, por ser uma área rica em solos argilosos e ser relativamente próxima a capital do estado. De acordo com o Sebrae (2008), para que se obtenha viabilidade no negócio ceramista é imprescindível que as fábricas sejam localizadas nas proximidades das jazidas de argilas, principal matéria-prima para fabricação de produtos cerâmicos, e estejam nas proximidades dos mercados consumidores.

Segundo alguns autores ainda não existe na literatura uma definição totalmente aceita sobre o termo argila, porém, Santos (1989) descreve que argilas foram rochas, que devido ao seu processo de formação, apresentam partículas finíssimas e suas propriedades são constituídas de minerais na qual são conhecidos como argilominerais, além de outros minerais como calcita, dolomita, gibsita, quartzo, pirita, goethita e hematita, além de impurezas provenientes do processo de erosão.

Ademais, uma argila é considerada uma boa matéria-prima para a produção de cerâmica vermelha estrutural quando esta, de modo geral, apresenta fácil desagregação, distribuição granulométrica uniforme e apropriada formação mineralógica. Além disso é imprescindível que as peças cerâmicas, ainda verde, apresentam resistência mecânica suficiente, assim como no pós queima (RAMOS et al, 2010).

Para Macedo et. al., (2008) as argilas caracterizam-se pela heterogeneidade, pois mesmo possuindo algumas características comuns, como granulometria, coesão e plasticidade ao entrar em contato com a água, sua formação geológica, formas e local de extração, também afetam de algum modo no seu aspecto e em suas propriedades.

Diante disso, o conhecimento das características e do comportamento das argilas, contribuem diretamente para a compreensão das particularidades de seus produtos, como, telhas e tijolos cerâmicos. Isso permite que, seja possível obter-se materiais de maior qualidade, e até mesmo com menores custos de produção, através da otimização dessa matéria-prima. Do mesmo modo, através do comportamento e características desse material, é possível verificar se ele é o ideal para determinada finalidade (KOZIEVITCH et al., 2000).

De acordo com Betini (2007), no Brasil, as indústrias cerâmicas ainda se encontram em um processo lento de implantação de inovação tecnológica e desenvolvimento organizacional, quando comparado com outros segmentos. Sob esse viés, fazendo-se uma análise do setor ceramista em Russas-CE, constata-se que a maioria das cerâmicas não apresentam insumos suficientes que comprovem as propriedades das argilas utilizadas para produção de tijolos e telhas e ainda não possuem um controle de qualidade devidamente eficaz para satisfazer as necessidades do mercado.

Além disso, outro déficit presente nas cerâmicas de Russas é o sistema de gestão e inovação tecnológica. Segundo Jácome et al., (2013) em uma pesquisa realizada com cerâmicas da cidade de Russas, as empresas ainda carecem de ferramentas de gestão. Essas informações foram constatadas a partir de análises em Sistema Integrado de Gestão, Gestão da Produção, Gestão de Produtos, Gestão Estratégica, Gestão de Logística, Gestão de RH e Gestão Financeira. Assim, isso mostra a importância de aprofundar os estudos também nessa área, tanto na produção dos materiais cerâmicos como também na argila que é a principal matéria prima dessa manufatura.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é caracterizar as argilas utilizadas em quatro indústrias cerâmicas, localizadas no município de Russas-CE.

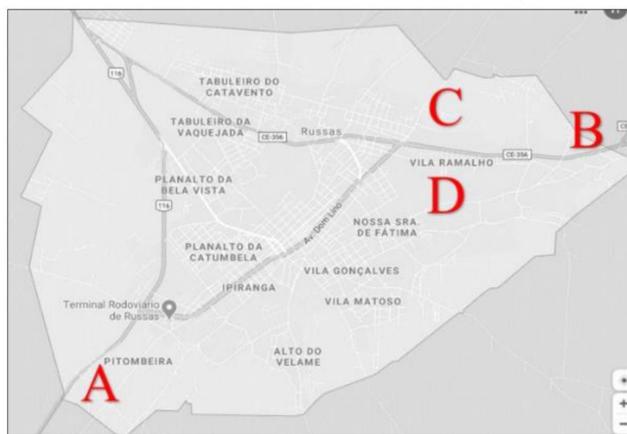
Assim, esse trabalho apresenta grande relevância, visto que contribuirá para o desenvolvimento dessas indústrias e conseqüentemente, trazendo tecnologia social, uma vez que através dos resultados obtidos poderá haver sugestões de melhorias e adaptações na qualidade dos materiais cerâmicos produzidos na região.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo foi necessário visitar às fábricas de cerâmica de Russas e também ao local onde encontra-se o montante de argilas, explorando-se quais as características das olarias, como se dá o controle de qualidade da matéria prima e como é feito o tratamento destas. Além disso, foi possível observar como é o processo produtivo e se há o emprego de tecnologias e inovação.

Por conseguinte, utilizou-se 05 amostras no experimento, CE-01, CE-02, CE-03, CE-04 e CE-05, coletadas de 4 indústrias cerâmicas, distribuídas na cidade de Russas-CE, que varia de pequeno a grande porte e são localizadas em regiões distintas da cidade. Foi colhido uma amostra por fábrica, com exceção da fábrica A e B que foram colhidas 02 amostras com diferentes proporções. Estas Olarias são classificadas como, A, B, C e D (Figura 01). As amostragens foram colhidas em um mesmo dia e a coleta das amostras de argilas nas unidades cerâmicas deu-se a partir do contato com os proprietários ou pessoas ligadas a estas, na qual permitiram o estudo das argilas das olarias mencionadas.

Figura 1 - Localização dos depósitos de argilas das respectivas olarias



Fonte: Adaptado pelo autor, (2020)

As retiradas das matérias-primas foram de cerâmicas com diferentes atividades, as indústrias A, C e D com apenas processos de fabricação de telhas e a indústria B com processo de fabricação de telhas e blocos cerâmicos. A confecção dos materiais cerâmicos das fábricas A e B se dão, a princípio, através da mistura de dois tipos de solos diferentes, e das fábricas C e D se dão apenas por um tipo de solo. Dessa forma, vale ressaltar que foram colhidas amostras de todos os solos utilizados na fabricação e a coleta foi realizada dos depósitos que estavam expostos nas olarias, ou seja, não havia aditivos nessas amostragens, como a correção de carbono ou matéria orgânica.

As caracterizações desses solos foram de caráter físico, com ensaios de: limite de liquidez, limite de plasticidade, densidade real a 20°C, análise granulométrica por peneiramento e combinação de sedimentação e peneiramento e de caráter químico, com ensaios de: complexo sortivo dos solos e a determinação de outras propriedades químicas.

No laboratório da Universidade Federal do Ceará – Campus de Russas, foram aferidos a umidade higroscópica, de acordo com a NBR 6457/86, dos solos colhidos em campo, em seguida secos por processo natural (exposição ao sol) em diferentes recipientes por um período de 24h, depois disso foram destorroados com auxílio do almofariz e mão de gral, que por sua vez foram passados na peneira ABNT 10 (2 mm) e ABNT 200 (0,075 mm), que a partir desse material retido e passante iniciou-se os ensaios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise granulométrica do presente trabalho contempla os resultados apresentados na tabela 01. Esses dados são referentes às porcentagens dos teores de areias, siltes e argilas presente em cada amostra das matérias-primas das fábricas cerâmicas.

Tabela 1 - Granulometria das amostras em %.

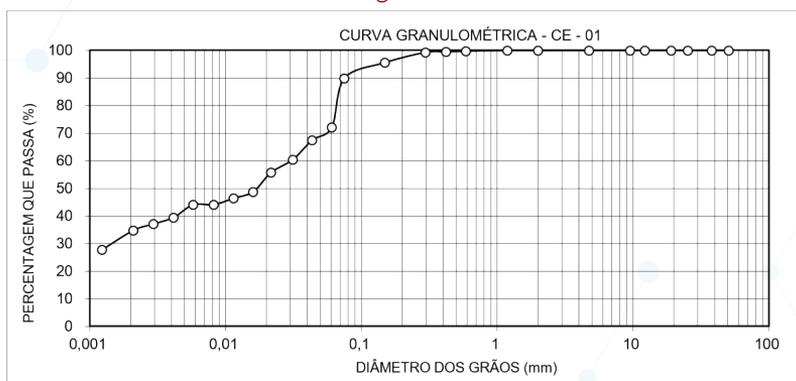
Amostras	Frações granulométricas %			Silte	Argila
	Grossa	Média	Fina		
CE-01	0,01	0,44	9,66	50,44	39,45
CE-02	0,04	0,40	3,94	53,40	42,23
CE-03	0,10	0,40	3,95	50,87	44,69
CE-04	0,02	0,50	9,62	50,26	39,60
CE-05	0,20	1,12	14,97	46,84	36,87

Fonte: Autor (2020)

Dessa forma, é possível inferir dos resultados da tabela 01 que as amostras variaram de 36% a 45% o seu teor de argilas, de 45% à 54% o teor de silte e uma variação de 4% a 15% referente ao teor de areias.

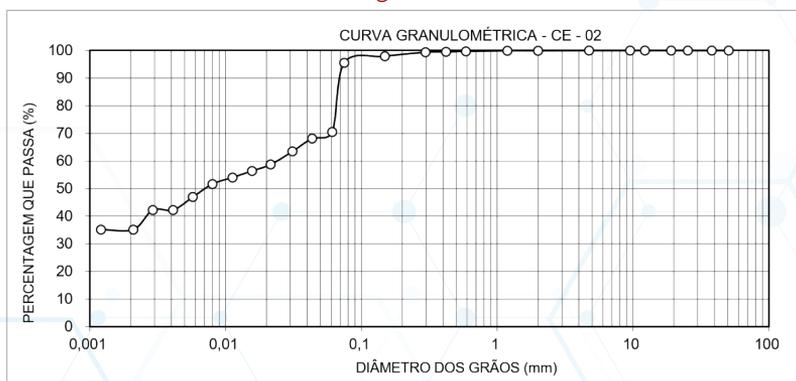
Pedroti (2007) menciona em seus trabalhos que a faixa de argila recomendada para uso em cerâmica vermelha é de 30% a 70%, logo as amostras de solos analisadas estão dentro do esperado com valores satisfatórios. Observa-se ainda que em relação a amostra de argila CE-05, essa possui em sua composição um teor de areia discrepante em relação aos demais, isso pode ser explicado pelo fato da referida fábrica utilizar em seu processo de mistura um material mais arenoso, o que deve-se tentar buscar o equilíbrio entre uma porção com elevado teor de argila com um solo mais arenoso para o sucesso dos produtos cerâmicos. Nos gráficos abaixo é possível identificar o comportamento de cada amostra com seus respectivos teores de solo, assim como a curva granulométrica destes.

Gráfico 1 - Curva granulométrica CE - 01



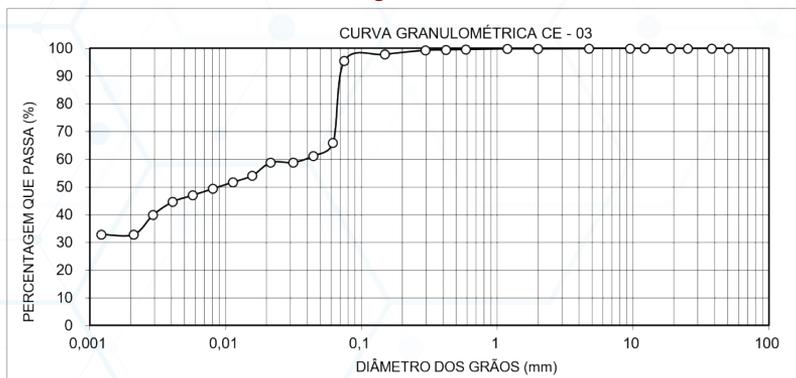
Fonte: Autor (2020)

Gráfico 2 - Curva granulométrica CE - 02



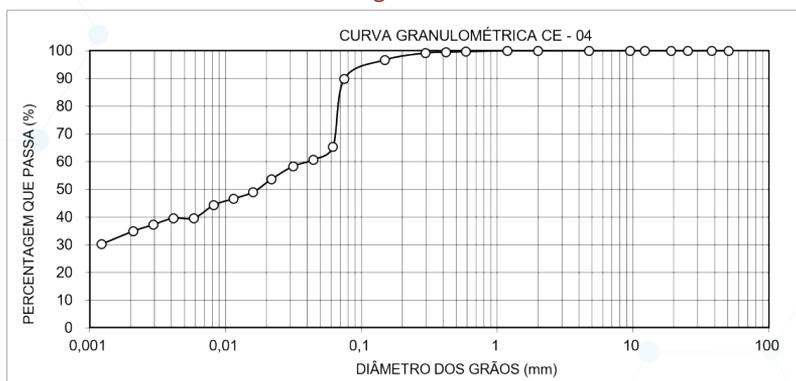
Fonte: Autor (2020)

Gráfico 3 - Curva granulométrica CE - 03.



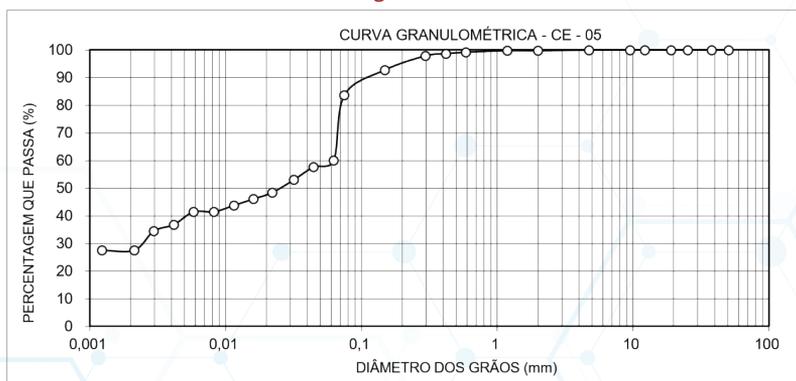
Fonte: Autor (2020)

Gráfico 4 - Curva granulométrica CE - 04.



Fonte: Autor (2020)

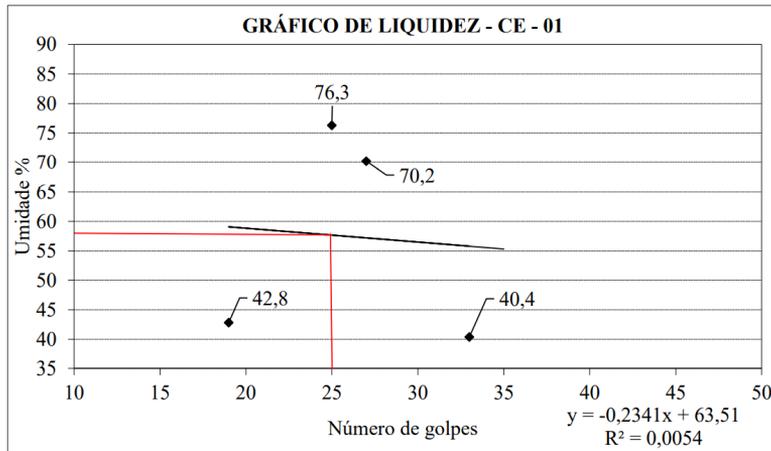
Gráfico 5 - Curva granulométrica CE - 05.



Fonte: Autor (2020)

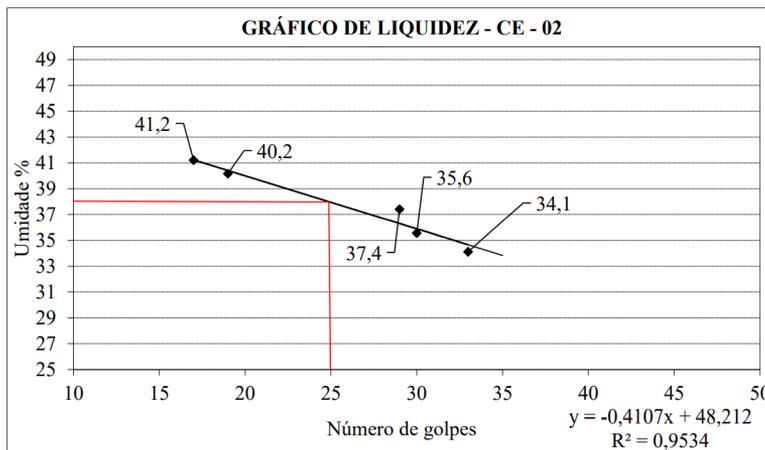
A determinação dos limites de consistência das amostras dessa pesquisa foram determinados a partir de planilhas e gráficos elaborados mediante os dados dos ensaios, os quais estão presentes a seguir. Os resultados dos limites de liquidez, plasticidade e índice de plasticidade são apresentados na Tabela 2, como se segue.

Gráfico 6 - Limite de liquidez CE - 01



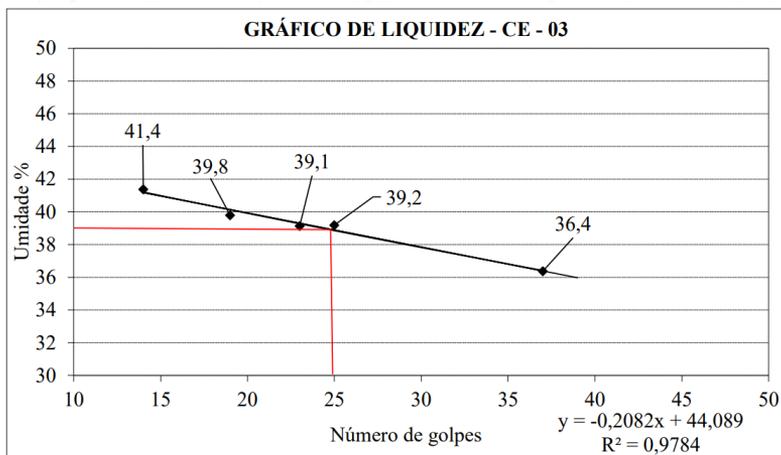
Fonte: Autor (2020)

Gráfico 7 - Limite de liquidez CE - 02



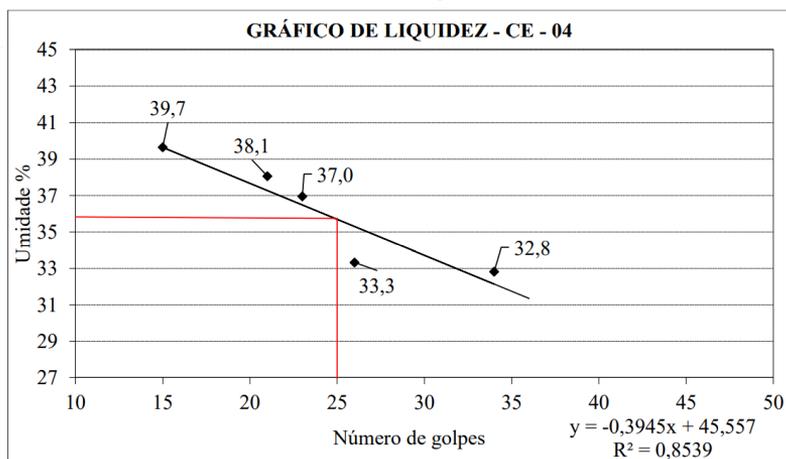
Fonte: Autor (2020)

Gráfico 8 - Limite de liquidez CE - 03



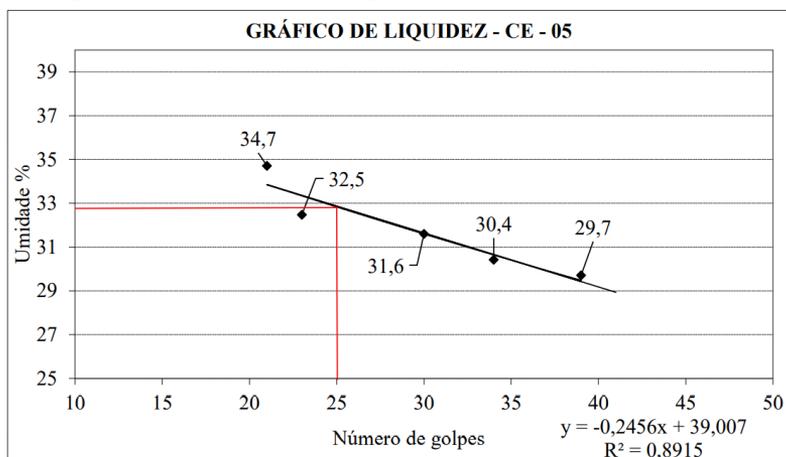
Fonte: Autor (2020)

Gráfico 9 - Limite de liquidez CE - 04.



Fonte: Autor (2020)

Gráfico 10 - Limite de liquidez CE - 05.



Fonte: Autor (2020)

Tabela 2 - Limites de consistência das amostras em %.

Limites de Atterberg das amostras			
Amostras	Limite de Liquidez (%)	Limite de Plasticidade (%)	Índice de Plasticidade (%)
CE-01	57,66	20,55	37,11
CE-02	37,94	14,71	23,23
CE-03	38,88	19,58	19,3
CE-04	35,69	27,52	8,17
CE-05	32,87	16,73	16,14

Fonte: Autor (2020)

Observando os resultados apresentados na tabela 2, percebe-se que a variação do índice de plasticidade está entre 8,17% e 37,11% e com isso é possível definir qual a zona que se encontra a argila no estado plástico. Dessa maneira, tem-se que quanto maior o índice plástico do solo maior é a sua característica plástica.

Ademais, comparando estes resultados com as condições de plasticidade padrão normativas das argilas que são mostradas na tabela 03, tem-se que 80% das argilas analisadas se comportam como um solo de elevada plasticidade, representando assim 04 das 05 amostras analisadas, enquanto que 20%, que representa 01 amostra analisada, é classificada como uma argila de média plasticidade.

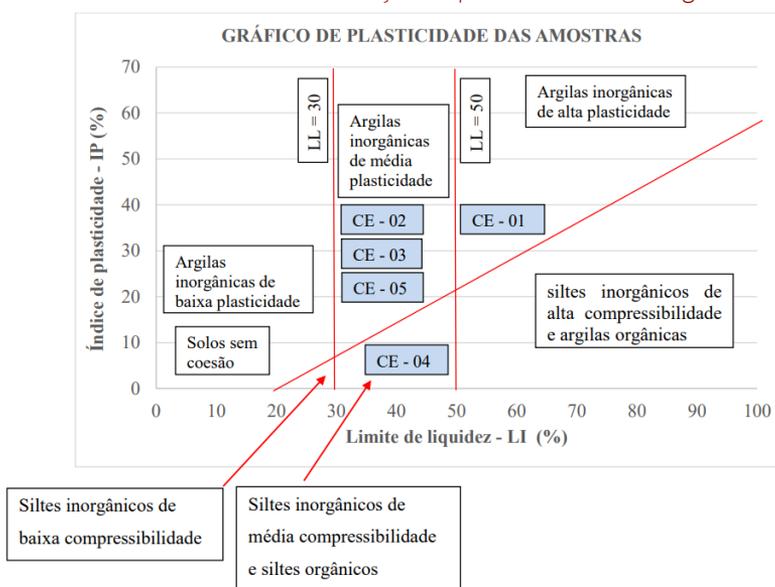
Tabela 3 - Condição plástica da argila.

Índice de Plasticidade (IP)	Plasticidade
0 - 1	Solo não plástico
1 - 7	Solo de baixa Plasticidade
7-15	Solo de média Plasticidade
> 15	Solo de elevada Plasticidade

Fonte: Autor (2020)

Buscando compreender um pouco mais como se classifica e analisando trabalhos de outros autores como Alexandre (2000), foi possível desenvolver o gráfico 11. Com isso depreende-se que os solos finos podem ser classificados em 09 grupos distintos: solos sem coesão, siltes inorgânicos de baixa, média e alta compressibilidade, siltes orgânicos e argilas orgânicas, argilas inorgânicas de baixa, média e alta plasticidade.

Gráfico 11 - Gráfico de classificação da plasticidade de Casagrande



Fonte: Autor (2020)

Nesse sentido, fazendo uma análise das amostras estudadas nesta pesquisa e observando o gráfico de casagrande em paralelo com as tabelas

superiores de granulometria e índices de atterberg as amostras podem ser classificadas: CE-01 é uma argila inorgânica de alta plasticidade, as amostras CE-02, CE-03 e CE-05 são uma argila inorgânica de média plasticidade e amostra CE-04 classificada como um silte inorgânico de média compressibilidade. A classificação dessas amostras está correlacionada com o tipo de argilomineral e na prática estão associados à mesma bacia de sedimentação, que podem ser facilmente observados pela sua coloração e odor, por exemplo.

A densidade real apresentada na tabela 04 seguiu-se a metodologia do picnômetro. Os valores deste ensaio variaram de acordo com a constituição mineralógica do material utilizado. Segundo Alexandre (2000), a maioria dos solos brasileiros variam entre $2,65 \text{ g/cm}^3$ e $2,85 \text{ g/cm}^3$, que quanto maior o teor de matéria orgânica presente no solo a densidade real tende a diminuir e para os solos que são ricos em óxidos de ferro os valores do ensaio tendem a aumentar. O conhecimento dessas características é imprescindível para ajudar na caracterização das amostras de argilas da presente pesquisa.

Tabela 4 - Densidade real das amostras de solo à temperatura t.

Densidade real das amostras de solo a temperatura de 20 °C	
Amostras	Densidade real do solo
CE-01	2,65
CE-02	2,71
CE-03	2,70
CE-04	2,68
CE-05	2,63

Fonte: Autor (2020)

Desse modo, de acordo com os resultados da tabela 04, as amostras de solos variaram de 2,63 à 2,71, não havendo disparidades consideráveis entre as amostras ensaiadas. Todavia, percebe-se que as fábricas cerâmicas que utilizam a matéria prima CE-02 e CE-03, o teor de óxido de ferro é mais elevado. Porquanto, apresenta densidade real mais elevada e as características dessas amostras tornam os produtos com cores mais avermelhadas, além de influenciam na CTC do material.

De acordo com as metodologias apresentadas, as amostras de argila deste trabalho foram condicionadas aos ensaios de complexo sortivo, como indicado na tabela

Foram analisadas 05 (cinco) amostras, de acordo com os valores obtidos para cada íons que compõe as amostras e as fórmulas seguintes.

$$\text{ValorS} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{ValorT} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{Al}^{3+} + \text{H}^+ \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{ValorV} = 100 \times \text{ValorS}/\text{ValorT} \quad (\text{Equação 3})$$

Tabela 5 - Resultados das análises de complexo sortivo.

Complexo Sortivo (CmolC/Kg)										
Amostras	Valor S					Valor T			Valor V	P.
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	(Soma)	Al ³⁺ + H ⁺	Al ³⁺	(Soma)	(Sat. Base)	Assimilável
CE-01	17,70	4,10	3,71	0,62	26,13	1,16	0	27,29	96%	87,00
CE-02	10,80	5,20	5,58	0,34	21,92	0,99	0	22,91	96%	121,00
CE-03	14,00	2,90	3,65	0,78	21,33	1,82	0	23,15	92%	62,00
CE-04	13,30	2,70	3,24	0,43	19,67	1,49	0	21,16	93%	61,00
CE-05	14,40	4,00	5,55	0,38	24,33	1,32	0	25,65	95%	66,00

Fonte: Autor (2020)

Ademais, foram encontradas outras propriedades químicas, além do complexo sortivo para a análise da CTC, como pH, teor de carbono e nitrogênio e matéria orgânica, como mostra a tabela 06.

Tabela 6 - Propriedades químicas das argilas.

Amostras	pH	C (g/Kg)	M.O (g/Kg)
CE-01	6,80	4,80	8,28
CE-02	7,20	0,12	0,21
CE-03	6,80	3,78	6,52
CE-04	6,90	3,12	5,38
CE-05	7,10	3,84	6,62

Fonte: Autor (2020)

Existem dois diferentes tipos de CTC, sendo a CTC efetiva (T), que é a capacidade do solo de reter cátions próximo ao valor natural do pH, que se dá pela soma de bases mais o alumínio. Com isso para as amostras em questão obtivemos os resultados entre 21,16 CmolC/kg e 27,29 CmolC/kg como valores mínimos e máximos respectivamente, como indica a tabela 07.

Tabela 7 - Valores de CTC efetiva.

Amostras	Valor T
CE-01	27,29
CE-02	22,91
CE-03	23,15
CE-04	21,16
CE-05	25,65

Fonte: Autor (2020)

Esta identificação é uma propriedade importante dos argilominerais, essa troca catiônica pode alterar e indicar a capacidade plástica, expansão e contração das argilas, por exemplo. Assim, com esse resultado é possível identificar que essas argilas analisadas fazem parte do grupo da illita, que é um mineral do grupo das micas, como indica a tabela 8.

Além disso, de acordo com o manual da Embrapa é possível inferir que esse tipo de argila é de baixa atividade com exceção da argila da amostra 1, que embora esteja dentro da classificação dos argilominerais do grupo illita ela poderá ser classificada como alta atividade em função do seu valor de CTC maior 27 CmoloC/kg.

A atividade da argila influencia diretamente na capacidade de absorção de água, adesão e coesão das partículas de solo. As argilas de alta atividade quando úmidas se expandem com facilidade e se contraem quando secas, ocorrendo ainda possibilidades de formação de fendas e superfícies de compressão. Dessa forma, não sendo indicadas para o uso em cerâmica vermelha, em que essas integram normalmente o grupo das esmectitas, vermiculitas e montmorilonita.

Tabela 8 - Valores de CTC de alguns materiais constituintes do solo.

Tipos	CTC representada
Vermiculita	100 - 150
Montmorilonita	80 - 150
Illita - Clorita	10 - 40
Haloisita (2H ₂ O)	5-10
Haloisita (4H ₂ O)	40 - 50
Caulinita	3-15
Húmus	200 - 400

Fonte: Autor (2020)

Os valores de hidrogênio de cada amostra foram obtidos com a metodologia do potenciômetro e são mostrados na tabela 9. Tem-se que o potencial hidrogeniônico das amostras variaram entre 6,80 e 7,20.

Tabela 9 - Atividade do hidrogênio.

Amostras	pH
CE-01	6,80
CE-02	7,20
CE-03	6,80
CE-04	6,90
CE-05	7,10

Fonte: Autor (2020)

Percebe-se que três das cinco amostras apresentaram um caráter levemente ácido, isso pode ser explicado devido a formação desse tipo de solo, onde ocorre lixiviação no processo. Já duas das amostras ensaiadas apresentam um comportamento mais alcalino, o que pode ser explicado pela presença de lagoas ou que um dia houve inundação próximo ou nos locais de retirada da matéria-prima. Almeida *et. al.*, 2015 afirma que o pH do solo indica muito mais do que acidez e basicidade, ele indica o quanto essa argila apresenta de disponibilidade os minerais contidos ou adicionados, o que influencia diretamente a plasticidade.

Normalmente o pH com um caráter mais ácido apresenta minerais como hematita (Fe_2O_3) e alumina (Al_2O_3) em maiores proporções, o que influencia na alteração da microestrutura da cerâmica argilosa, possibilitando regiões de falha e influenciando também na deformação durante o cozimento.

O pH das argilas influencia na CTC, uma vez que quanto mais ácido o material o solo tende a apresentar maiores cargas negativas dos colóides ocupadas por hidrogênio e alumínio. Entretanto, analisando-se as amostras deste trabalho, percebe-se que os valores de pH de todas as amostras apresentam um caráter adequado para fins cerâmicos, uma vez que não indicam valores elevados de acidez.

O teor de matéria orgânica, identificada nas amostras de acordo com a metodologia apresentada anteriormente tem relação direta com o teor de carbono orgânico. Isso é um fator importante nas argilas de uso cerâmico, o que aumenta a plasticidade e traz benefícios para o produto pós-queima, porém em teores adequados. A tabela 10 identificada a seguir, apresenta

os teores de matéria orgânica presente em cada kg de argila das amostras ensaiadas nesta pesquisa.

Tabela 10 - Quantidade de matéria orgânica por amostra de 1kg de argila.

Amostras	M.O	% M.O
CE-01	8,28	0,83
CE-02	0,21	0,02
CE-03	6,52	0,65
CE-04	5,38	0,54
CE-05	6,62	0,66

Fonte: Autor (2020)

Definir o quanto é benéfica ou maléfica a matéria orgânica nas argilas para fins cerâmicos depende diretamente da sua quantidade, uma vez que apresenta influência no comportamento mecânico. Entretanto, para fins cerâmicos, a matéria orgânica em pequena quantidade aumenta a resistência mecânica da telha ou tijolo. Entretanto, excesso de húmus pode ir de contramão ao que foi citado anteriormente, uma vez que durante o processo de queima e secagem as peças cerâmicas tendem a contrair, causando consequentemente trincas e assim influenciando na qualidade do produto. Assim, poderá acarretar perdas financeiras para as fábricas de produção do material, o que é danoso aos ceramistas e às obras que se utilizam desses produtos.

Nesse sentido observa-se que os valores obtidos nas amostras foram inferiores a 1%, o que pode ser influenciado também pela localização de cada jazida, pela profundidade que se encontra o material e ainda pelo tipo de bacia, que nesse caso a região de Russas é uma bacia sedimentar e que tem materiais oriundos e influenciados pela presença do Rio Jaguaribe.

Uma observação importante a ser analisada é que a amostra CE-02 apresentou uma porcentagem muito discrepante se comparada com as demais. Com isso, consequentemente vai apresentar uma mistura menos plástica, necessitando de um teor de água maior para se equilibrar a matéria-prima. Isso poderá influenciar no produto final, apresentando um material mais denso, menos poroso e com uma resistência mecânica menor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que o objetivo deste trabalho foi cumprido, uma vez que foi possível estudar um pouco de como funciona as cerâmicas de produção de telhas e tijolos na cidade de Russas – CE, além de aprofundar o conhecimento sobre os mais variados tipos de argilas presentes no solo brasileiro, com foco em entender quais as particularidades do solo russano e em especial as argilas utilizadas como matéria-prima para fabricação dos produtos cerâmicos aqui citados. A seguir, são apresentadas as considerações a respeito dos ensaios geotécnicos e químicos das argilas:

- **Faixa granulométrica:** As amostras apresentam média de teor de argila de 40,57 %, média de 50,36% de silte e 8,43 % de areia. Segundo pesquisas de Pedroti (2007), sobre o teor de argila indicado para uso em cerâmicas vermelhas, a variação deve estar entre 30 e 70 %, logo a matéria prima das cerâmicas de Russas estão dentro do indicado por esses estudos e apresentando uma graduação uniforme.
- **Classificação quanto à plasticidade:** 80% das amostras apresentam alta plasticidade, enquanto 20% baixa plasticidade, com índices de plasticidade variando de 8,17 % à 37,11%. Além disso, uma amostra foi classificada em argila inorgânica de alta plasticidade, três amostras em argila inorgânica de média plasticidade e uma amostra em silte inorgânico de média compressibilidade.
- **Densidade real:** A densidade real das amostras apresenta média de 2,67 g/cm³, variando entre as amostras de 2,63 a 2,71 g/cm³.
- **Atividade das argilas e classificação do argilomineral:** De acordo com a CTC encontrada nas amostras, a média é de 24 CmolC/kg, indicando ser do tipo ilita e, portanto, ser uma argila de baixa atividade, visto que para estar nessa classificação de argilas com baixa atividade o valor da CTC deve ser menor que 27 CmolC/kg. Todavia, uma das amostras apresentou uma leve disparidade, apresentando valor de CTC um pouco maior que 27 CmolC/kg, o que indica ser considerada de alta atividade.
- **Estudo do pH:** O pH das amostras estão dentro do esperado e apresenta condições satisfatórias, com 03 amostras apresentando pH levemente ácido e 02 amostras com pH mais alcalinos. Entretanto, todas variando de 6,80 à 7,20, o que não apresenta tamanhas diferenças e resultados esperados para uso cerâmico.

- **Teor de matéria orgânica:** A matéria orgânica encontrada nas amostras é inferior a 1%. Uma das amostras se diferenciou das demais em relação a sua baixa porcentagem, apresentando teor de matéria orgânica quase insignificante, o que pode trazer diferentes análises para esse agregado.

Dessa maneira, os resultados obtidos são considerados satisfatórios para uso cerâmico. Porém em alguns casos devem ser feito alguns ajustes, como na CE-01, que possui uma CTC maior que 27 CmólC/kg e isso pode ser influenciado pelo teor de matéria orgânica elevado e que deve ser corrigido, com retirada da camada superficial da jazida, ou observar essa influência é devido a não homogeneidade adequada desse produto.

Outrossim é em relação as amostras CE-04 e CE-05, que podem ser misturadas entre si, visto serem de uma mesma olaria, e assim conseguir resultados mais satisfatórios, uma vez que individualmente, o teor de areia na amostra CE-05 é considerado elevado e o índice de plasticidade da amostra CE-04 apresentou um percentual menor que 10%.

É importante pontuar a inexistência de uma norma regulamentadora, que preze sobre a composição e como deve ser tratado os produtos que dão origem aos materiais cerâmicos de telhas e tijolos. Existem apenas trabalhos de pesquisas desenvolvido por pesquisadores interessados nessa área, que foi embasado ao longo desse trabalho.

Por fim, considera-se que este trabalho tem uma importante contribuição para a pesquisa do ramo ceramista e análise de solos. Salienta-se que ainda não há tantos trabalhos ou pesquisas desenvolvidas nesse setor voltados para a matéria-prima exclusiva da produção das cerâmicas do polo ceramista de Russas, que é um dos mais importantes para o estado do Ceará e até mesmo para o Nordeste brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, J. **Análise de matéria prima e composições de massa utilizada em cerâmicas vermelhas**, 2000, Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense.

ALMEIDA, P. H. S., FRANCO, J. de M., TAVARES, C. R. G., **Influence of clay type in the solidification stabilization process of textile sludge**, 2015, Associação Brasileira de Cerâmica.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Disponível em: <<http://www.abceram.org.br>> acesso em: 24 de mar. de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Disponível em: <<http://www.https://www.anicer.com.br/>> acesso em: 02 de mar. de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457: Amostras de solo - **Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6458**: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm: Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo: Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo: Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo: Análise Granulométrica. Rio de Janeiro ABNT, 2016.

BARRETO, T. M. L. **Avaliação de impactos da indústria cerâmica do polo de Russas – Ce**. 2016.

CUNHA, G. C. **A importância do setor de construção civil para o desenvolvimento da economia brasileira e as alternativas complementares para o funding do crédito imobiliário no Brasil**. Orientador: Luiz Martins de Melo. Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

EELA -**Programa de Eficiência Energética em Artesanales Ladrilleras de America Latina para Mitigar el Cambio Climatico . Panorama da Indústria de Cerâmica Vermelha no Brasil**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.redladrilleras.net/assets/files/b465b4c24c285ffe2194ca3a56ea6b00.pdf>>. Acesso em: 08 de Abr. de 2020.

Governo municipal de Russas - CE, sobre Russas, Disponível em: <<https://russas.ce.gov.br/sobrerussas/>>, Acesso em: 10 de Abr. de 2020.

JÁCOME, CARMO, ALBERTIN, **Análise do arranjo produtivo de cerâmica vermelha da cidade de russas-CE através do SIMAP**, 2013, Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Federal Rural do Semi Árido.

KOZIEVITCH, V.F.J.; DIAS,J.; VIEIRA COELHO, A.C.: TOFFOLI, S.M. Caracterização de argilas utilizadas para fabricação de cerâmica estrutural na região de Monte Carmelo, MG, In: CBCIMAT. São Pedro. **Anais**. São Paulo, ABC, 2000.

MACEDO, R.S.; MENEZES, R.R.; NEVES, G.A.: FERREIRA, H.C. Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha. **Cerâmica**, 54, p.411-417, 2008.

Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

PEDROTI, L. G. (2007). **Estudo de conformidades em relação à abnt de blocos cerâmicos prensados e queimados**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.

RAMOS, S. O. **Caracterização de argilas usadas para cerâmica estrutural**, 2010, Departamento de Engenharia de Materiais - Universidade Federal da Paraíba. RAMOS, 2010.

SANTOS, P.S. (1989) **Ciência e tecnologia das argilas**, 2ª Ed., São Paulo, Edgard Blucher, Vol. 1.

SANTOS, P.S. (1992) **Ciência e tecnologia dea argilas**, 3º Ed., São Paulo: Edgard Blücher, Vol. 1.

SANTOS, P.S. **Ciência e tecnologia das argilas**, 2º edição, Edigar Blucher, São Paulo, 1989, Vol. 1.

SANTOS, P.S. **Ciência e tecnologia das argilas**, 2º edição, Edigar Blucher, São Paulo, 1989, Vol. 2.

SCAPIN, M. A. **Aplicação da difração e fluorescência de Raios X (WDXRF): Ensaios em argilominerais**, 2003. Instituto de Pesquisas Energéticas nucleares, Universidade de São Paulo. SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Construção Civil, Boletim de Inteligência – Cerâmica Vermelha**. Dezembro, 2015.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cerâmica Vermelha para construção: Telhas, Tijolos e Tubos. Estudo de mercado SEBRAE/ESPM – Relatório Completo**. Setembro, 2008.

SOUSA, P.M.L.P. Limite De Liquidez – **Correlações E Comparações Entre Os Métodos De Fall Cone E Da Concha De Casagrande**, 2011, Departamento de Ciências da Terra - Universidade Nova de Lisboa.

VETTORI, L. Equipe de pedologia e fertilidade do solo EPE — **Ministério da Agricultura, métodos de análise de solo**, 1969.