



UNIVERSIDADE  
E D U A R D O  
MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

**Avaliação das Características Construtivas da Argila do Jazigo de  
Chichocane para o Uso na Produção de Materiais de Construção  
(Cerâmica)**

Curso de Licenciatura em Engenharia Rural

Lina Alexandre Matavela

Vilanculos, Dezembro de 2017

Lina Alexandre Matavela

**Avaliação das Características Construtivas da Argila do Jazigo de Chichocane para o Uso na Produção de Materiais de Construção (Cerâmica)**

Trabalho de Culminação de Curso a submeter no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Desenvolvimento Rural – Universidade Eduardo Mondlane, para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Rural.

**Sob Supervisão de:**

Eng<sup>o</sup>. Belarmino José Guivala

UEM-ESUDER

Vilanculos

2017

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, Lina Alexandre Matavela, estudante da Escola Superior de Desenvolvimento Rural-Vilankulo, declaro por minha honra a verdade sobre a originalidade do presente trabalho por mim elaborado, de acordo com a metodologia descrita e com base nas referências bibliográficas mencionadas, e que nunca foi submetido a nenhuma instituição para a obtenção de qualquer grau académico.

Vilankulo, \_\_\_\_ de Novembro de 2017

---

(Lina Alexandre Matavela)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha mãe, Gilda Raül Checane Nemba, pelo empenho em transformar-me numa pessoa de bem.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Pai Celestial, a quem depositei toda minha fé, pela vida, força e coragem durante toda minha jornada acadêmica.

A toda minha família, minha mãe Gilda Raül Checane Nemba Valoi, meu padrasto David André Valoi, as minhas irmãs Julieta e Laura, e ao meu cunhado Dalilo que no nada e incondicionalmente me deram tudo que precisei durante o percurso acadêmico, muito obrigado.

Quero expressar os meus sinceros agradecimentos ao Eng.º Belarmino José Guivala, pela tolerância, compreensão e dedicação incansável na supervisão deste trabalho.

Aos docentes da Escola Superior de Desenvolvimento Rural (ESUDER), especialmente aos do Curso de Engenharia Rural pela dedicação na transmissão de conhecimentos ao longo da minha formação.

À minha turma Engenharia Rural 2014 (Valdo, Davane, Maida, Bernardo, Frederico, Miranda, Etivaldo, Khenssane, Ester, Dionória, Joana, Sofia, Rosalina, Joana, Oldemiro, Selsso, Richaid, Catarina) porque perto deles não me faltou uma gargalhada.

Agradeço também em especial a família Muchanga e Chibinche pelo suporte, aos meus colaboradores, ao líder religioso do povoado de Chixocane, Senhor Alberto, Eng.º Gove, Isac, Abuchir e ao Prof. Dr. Peter Vine (PhD) pela colaboração na realização desta pesquisa e ao Serviço Distrital de Planeamento e Infra-estruturas.

Aos meus amigos: Agapito, Valdo Nelson, Hélder, Eduardo, Sofia, Lucrência, Rosalina, Lígia, Adri, Alice, Cláudia, Nilza, Edna, Pai, Stélio.

Outro agradecimento especial às minhas verdadeiras amigas que a distância impediu um abraço de conforto, mas nunca um sentimento Linda Inês, Maura Dombo, Faústia Tambo e Luísa Alberto.

*A todos vocês o meu **MUITO OBRIGADO!***

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

### **ABREVIATURAS**

**IC:** Índice de Consistência

**IP:** Índice de Plasticidade

**LL:** Limite de Liquidez

**LP:** Limite de Plasticidade

**NBR:** Norma Brasileira

### **SIGLAS**

**ASA:** American Society of Agronomy

**ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ASTM:** American Society for Testing and Materials

**ESUDER:** Escola Superior de Desenvolvimento Rural

**INE:** Instituto Nacional de Estatística

**MAE:** Ministério de Administração Estatal

**SDPE:** Serviço Distrital de Planeamento e Infra-estruturas

**SPSS:** Statistical Package for Social Science

**SUCS:** Sistema Unificado de Classificação dos Solos

**UEM:** Universidade Eduardo Mondlane

## SÍMBOLOS

**cm:** Centímetros

**g:** Gramas

**°C:** Graus Celsius

**Km<sup>2</sup>:** Quilómetros quadrados

**Kpa:** Kilopascals

**#:** Malha

**mg:** Miligramas

**mm:** Milímetros

**mL:** Mililitros

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela nº 1:</b> Parâmetros Comparativos de Índice de Plasticidade.....	18
<b>Tabela nº 2:</b> Estimativa de Consistência da Argila pelo Índice de Consistência.....	19
<b>Tabela nº 3:</b> Habitações Segundo o Material de Construção.....	23
<b>Tabela nº 4:</b> Classificação da Argila Segundo a Resistência Seca.....	41
<b>Tabela nº 5:</b> Valores Percentuais de LL, LP, IP e IC de Argila de Chichocane.....	42
<b>Tabela nº 6:</b> Parâmetros de Coeficiente de Person em Análise de Regressão Linear....	45
<b>Tabela nº 7:</b> Parâmetros de Coeficiente de Determinação em Análise de Regressão Linear .....	45
<b>Tabela nº 8:</b> Valor de Estatística de Regressão para Características da Argila de Chichocane.....	46

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico nº 1:</b> Habitações e Condições de Vida.....	22
<b>Gráfico nº 2:</b> Diagrama de Classificação dos Solos pelo Teste do Vidro.....	41
<b>Gráfico nº 3:</b> Curva Granulométrica.....	43
<b>Gráfico nº 4:</b> Sedimentação.....	44
<b>Gráfico nº 5:</b> Desenho de Resíduos.....	47

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura nº 1:</b> Produção Industrial de Blocos Cerâmicos.....	10
--	----



<b>Figura n° 2:</b> Produção de Artesanato em Cerâmica no Vale do Jequitinhonha, Brasil.....	10
<b>Figura n° 3:</b> Processo de Extração de Argila.....	11
<b>Figura n° 4:</b> Teste da Queda da Bola.....	13
<b>Figura n° 5:</b> Teste de Vidro.....	14
<b>Figura n° 6:</b> Teste de Pastilha.....	14
<b>Figura n° 7:</b> Teste de Rolo.....	15
<b>Figura n° 8:</b> Série de Peneiras Padronizadas e Vibrador para o Ensaio de Granulometria por Peneiramento.....	16
<b>Figura n° 9:</b> Agitador, Cilindros e Decímetro para o Ensaio de Granulometria por Sedimentação.....	16
<b>Figura n° 10:</b> Ensaio de Determinação do Limite de Liquidez (LL) Usando o Aparelho de Casagrande.....	18
<b>Figura n° 11:</b> Ensaio de Limite de Plasticidade.....	19
<b>Figura n° 12:</b> Imagem Satélite da Área de Estudo.....	21
<b>Figura n° 13:</b> Extração de Argila.....	24
<b>Figura n° 14:</b> Queda da Bola.....	25
<b>Figura n° 15:</b> Teste de Pastilha.....	25
<b>Figura n° 16:</b> Teste de Charuto.....	26
<b>Figura n° 17:</b> Apodrecimento da Argila.....	26
<b>Figura n° 18:</b> Teste de Vidro.....	27
<b>Figura n° 19:</b> Ensaio do Limite de Liquidez Usando Aparelho Casagrande.....	29

<b>Figura nº 20:</b> Ensaio de Limite de Plasticidade.....	30
<b>Figura nº 21:</b> Análise Granulométrica por Peneiramento com Série de Peneiras Padronizadas e Vibrador Elétrico Devidamente Ajustado.....	31
<b>Figura nº 22:</b> (a) Dessecador, (b) Aparelho de Dispersão e (c) Pipeta.....	35
<b>Figura nº 23:</b> Tanque de Sedimentação Contendo Cilindro com Solução e Água Aquecida a 32,8 ° C com Auxílio de um Termostato e Termómetro.....	36
<b>Figura nº 24:</b> Estufa.....	36

### **LISTA DE APÊNDICES**

**Apêndice nº 1:** Imagens que Ilustram as Condições das Habitações e Salas de Aulas do Povoado de Chichocane

### **LISTA DE ANEXOS**

**Anexo nº 1:** Gráfico de Plasticidade de Casagrande para Identificação e Classificação de Solos Pelo Método de SUCS.

**Anexo nº 2:** Lista de Significado dos Símbolos de Classificação.

**Anexo nº 3:** Critérios de Classificação do Sistema Unificado de Classificação de Solos.

## GLOSSÁRIO

**Barrancos** são colinas de terra.

**Cerâmica** é o nome que se dá ao resultado do cozimento de argila, que é um tipo de barro retirado do subsolo.

**Jazigo** é o local onde há concentração de uma ou mais substâncias úteis contendo minerais, que tenham valor económico, seja na superfície ou no interior da terra.

**Limite plástico** é o teor de humidade no qual o solo começa a comportar como um material plástico.

**Limite líquido** é o teor de humidade no qual o solo começa a se comportar como um líquido, ou seja, flui.

**Minerais** são substâncias sólidas, naturais, inorgânicas e homogêneas, que possuem composição química definida e estrutura atômica característica, resultantes da associação de átomos de dois ou mais elementos.

**Refractário** designa-se aos materiais que suportam altas temperaturas, sem que a sua forma seja alterada.

## RESUMO

A qualidade dos materiais de construção cerâmicos está directamente ligada às características ou condições técnicas da argila aplicada no processo de produção. Portanto, o presente trabalho tem como objectivo principal, através de análises e verificações, avaliar as características físicas da argila do jazigo de Chichocane para sua aplicação na produção de blocos (tijolos) e telhas cerâmicas. Por consequente, para a concretização do mesmo fez-se a colecta das amostras que foram analisadas com base nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 6457 -1986 para preparação de amostras para ensaio de caracterização, NBR 7181 -1984 para análise granulométrica, NBR 6459 -1984 para determinação do limite de liquidez e NBR 7180 -1984 para determinação do limite de plasticidade da argila, onde verificou-se que argila de Chichocane é inorgânica, siltosa e constituída de partículas finas-grossas em torno de 29%, com cores claras e brilhantes e de baixa plasticidade. E, através dos pacotes estatísticos: SPSS e Excel, e parâmetros do Sistema Unificado de Classificação dos Solos, os resultados foram testados e concluiu-se que a argila de Chichocane possui características físicas adequadas para o uso na produção de materiais de construção, entretanto, ela não pode ser usada por si só, devendo-se corrigir parte de silte por argila e misturá-la com uma outra argila de elevada plasticidade, obtendo-se assim uma mistura com maior concentração de argila e plasticidade ideal para um processo de conformação ou moldagem das peças cerâmicas.

**Palavras-chave:** Argilas, Características Físicas, Cerâmica.

## ÍNDICE

Tópicos	Pág.
I.INTRODUÇÃO .....	1
1.1.Problema de Estudo .....	3
1.2.Justificativa .....	4
1.3.Objectivos .....	5
1.3.1.Geral .....	5
1.3.2.Específicos .....	5
1.4.Hipóteses .....	5
1.4.1.Hipótese alternativa (H1).....	5
1.4.2.Hipótese nula (H0).....	5
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1.Generalidades .....	6
2.2.Conceito de Argila.....	7
2.3.Tipos de Argila .....	7
2.4.Propriedades da Argila .....	8
2.5.Importância da Argila e Suas Principais Aplicações.....	9
2.6.Processo de Caracterização das Argilas .....	11
2.6.1.Extracção da Argila .....	11
2.6.2.Preparo da Matéria-Prima.....	11
2.6.3.Ensaio de Campo .....	12

2.6.4.Ensaio Laboratoriais .....	15
2.7.Sistema Unificado de Classificação de Solos (S.U.C.S.) .....	20
III.METODOLOGIA.....	21
3.1.Descrição da Área de Estudo.....	21
3.1.1.Clima e Solos.....	21
3.1.2.Habitações e Condições de Vida .....	22
3.2.Definição da Amostra Populacional .....	23
3.3.Técnica de Colecta de Dados.....	23
3.4.Métodos de Análise e Interpretação dos Dados.....	24
3.4.1.Análise das Características Físicas da Argila do Jazigo de Chixocane.....	24
3.4.2.Verificação das Características Físicas da Argila para Produção de Materiais de Construção.....	38
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4.1.Análise das Características Físicas da Argila do Jazigo de Chixocane .....	39
4.1.1.Extracção da Argila .....	39
4.1.2.Preparo da Matéria-Prima.....	39
4.1.3.Ensaio de Campo .....	39
4.1.3.1.Testes Táctil – Visuais.....	39
4.1.3.2. Queda da Bola.....	40
4.1.3.3. Teste do Vidro.....	40
4.1.3.4. Teste de Resistência Seca ou Pastilha.....	41

4.1.3.5. Teste de Rolo.....	42
4.1.4.Ensaio de Laboratório .....	42
4.1.4.1. Plasticidade.....	42
4.1.4.2. Análise Granulométrica por Peneiramento.....	43
4.1.4.3. Análise Granulométrica por Sedimentação.....	44
4.2.Verificação das Características Físicas da Argila para Produção de Materiais de Construção Cerâmicos.....	45
4.2.1.Plasticidade.....	45
4.2.2.Hipóteses .....	45
4.2.2.1. Coeficiente Determinação e Coeficiente de Person.....	46
4.2.2.2. Teste F.....	46
4.2.2.3. Análise de Resíduos.....	46
V.CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES .....	48
5.1.Conclusão .....	48
5.2.Recomendações .....	48
5.3.Sugestões .....	49
VI.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

## I. INTRODUÇÃO

Os blocos e as telhas cerâmicas, são materiais de construção obtidos pela moldagem, secagem e queima de argilas ou mistura de argila com outros materiais complementares, sendo estes materiais de construção, os mais antigos produzidos pelo homem, utilizados antes da era cristã, como realçado na Bíblia para a construção da torre de babel usando tijolos de adobe. Estudos arqueológicos, contudo, indicam a presença de uma cerâmica mais simples que ocorreu no Brasil, na região amazônica por volta de 5.000 anos atrás, devido à sua avançada cultura (Oliveira, 2007).

O sector da cerâmica é de grande valor na cadeia da construção civil, por estas indústrias movimentarem mensalmente milhões de toneladas de matéria-prima em vários países do mundo, como é o caso do Brasil, e embora sejam de grande valor socioeconómico, ainda prevalece um défice no entendimento das características da matéria-prima, que se manifesta a cada dia de forma mais intensa, fazendo com que os produtos finais sejam deficientes na grande maioria das olarias. Pois, a qualidade dos produtos está, directamente, ligada às condições tecnológicas e mineralógicas da argila empregada no processo de produção: como a composição granulometria, plasticidade e resistência mecânica. Para a composição granulométrica mais adequada de uma argila a ser empregue na indústria cerâmica é aquela que tem substâncias argilosas em torno de 60%, estando o resto do material dividido igualmente entre silte, areia fina e média (Morais & Sposto, 2006).

Para Oliveira (2002), na produção de peças cerâmicas procura-se misturar pequena quantidade de argila de grãos finos, que demanda mais água, porém que possui índice de plasticidade considerável, com argila de grãos maiores, pois no final a mistura irá demandar pouca água para a plasticidade necessária. Por outro lado, Macedo (1997), afirma que a finura da argila não influencia somente na sua plasticidade, mas também se estende para outras propriedades, tais como: comportamento na secagem, retracção no processo de cura e resistência à flexão.

Tornando-se assim, indispensável, conhecer as características das matérias-primas a serem empregues na produção de matérias de construção. O presente trabalho tem por objectivo avaliar as características físicas da argila de Chichocane, a fim de se proporcionar dados científicos que conduzam uma produção de materiais de construção de boa qualidade,



que proporcionem sustentabilidade e contribuam no melhoramento das habitações e infra-estruturas públicas do município de Vilankulo.

### 1.1. Problema de Estudo

Moçambique è um país com diversidade de recursos naturais aplicáveis directamente como materiais de construção, bem como, matéria-prima para produção de materiais de construção, de grande valor científico, social, ambiental e económico, na sua maioria pouco explorados. O distrito de Vilankulo è um de muitos outros que com potencialidades para melhorias das suas habitações e infra-estruturas públicas è dependente de materiais de construção provenientes de regiões circo vizinhas, que além de não serem economicamente sustentáveis, são de curta vida útil e de alta vulnerabilidade aos desastres naturais e incêndios.

O povoado de Chichocane constitui uma das potencialidades do distrito em termos de predominância de argila, matéria-prima fundamental para produção de materiais de construção cerâmicos, que por falta de estudos e dados técnico-científicos que orientem uma aplicação industrial de maneira mais eficaz e eficiente possível, não è devidamente explorado. Respondendo apenas a pequenas produções artesanais por parte da comunidade local como fonte de renda para o sustento de suas famílias, exploração relativamente insignificante quando comparada ao uso do caniço, palha ou capim e chapas de zinco, mesmo, sendo estes, materiais pouco resistentes e de elevados custos quando associado ao facto destes necessitarem de uma manutenção constante. Mediante estes factos surge a seguinte questão de pesquisa: *A argila de Chichocane possui condições técnicas para sua aplicação na produção de materiais de construção?*

## 1.2. Justificativa

Com o crescimento demográfico no distrito, aumentam as necessidades por edifícios corporativos, habitações, escolas, hospitais, mercados e outras infra-estruturas de vital importância no desenvolvimento das comunidades. Por via disso surge a necessidade de realizar um estudo sobre as características da argila localizada no distrito de Vilankulo, concretamente no povoado de Chichocane para melhor responder a demanda por materiais de construção de forma eficiente e eficaz, usando recursos localmente disponíveis e economicamente viáveis, além de que, os produtos resultantes da argila dentre outras vantagens, possibilitam maior flexibilidade, redução de custos, são resistentes ao fogo, a flexão e a compressão e são de longa vida útil.

Se, estudadas as características da matéria-prima, melhorar-se-á, sobre tudo, a qualidade dos materiais empregues no sector da construção resultantes dela, e por consequente as infra-estruturas resultantes desses materiais. A produção de materiais de construção resultantes da argila de Chichocane trará impactos positivos directos a comunidade, bem como, ao distrito de Vilankulo no seu todo. Dentre os impactos: a melhoria das condições de suas habitações, infra-estruturas públicas, geração de emprego, aumento da economia do distrito, e por consequente possibilitará o seu desenvolvimento.

### **1.3. Objectivos**

#### **1.3.1. Geral:**

- Avaliar as características físicas da argila do jazigo de Chichocane para seu uso na produção de materiais de construção.

#### **1.3.2. Específicos:**

- Analisar as características físicas da argila do jazigo de Chichocane;
- Verificar se a argila em estudo possui condições técnicas para sua aplicação na produção de materiais de construção cerâmicos.

### **1.4. Hipóteses**

#### **1.4.1. Hipótese alternativa (H1):**

- A argila do jazigo de Chichocane possui condições técnicas adequadas para seu uso na produção de materiais de construção cerâmicos.

#### **1.4.2. Hipótese nula (H0):**

- A argila do jazigo de Chichocane não possui condições técnicas adequadas para seu uso na produção de materiais de construção cerâmicos.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades

Durante o período neolítico, também conhecido como período da pedra polida, a agricultura foi desenvolvida em diversas regiões do planeta. O surgimento da agricultura é extremamente importante e é considerado um momento de ruptura e de transformações, uma vez que o homem deixa a prática exclusiva do nomadismo e passa a residir em locais fixos e, conseqüentemente, ocorre uma profunda mudança da organização social. Além de tecnologias de manejo do solo e de cultivo, o homem desenvolveu, também, técnicas para armazenamento e preparo de alimentos, assim como descobriu novos materiais, dentre os quais se destaca o uso da argila e a descoberta da cerâmica (Rocha, Suarez & Guimarães, 2014).

Segundo Rocha *et al.*, (2014), dentre os utensílios que surgiram paralelos à prática de cultivo de alimentos, como o pilão e almofarizes, geralmente confeccionados com pedra e madeira, as cerâmicas ganharam um papel notável como principal indicadora das práticas agrícolas remotas devido às suas características de conservação que, mesmo fragmentadas ao extremo, eram detectadas facilmente. Posteriormente, o homem descobriu que o calor fazia a argila endurecer, tornando-o resistente à água, e a facilidade em modelar a argila antes da queima, tornou-se uma importante ferramenta para o homem desenvolver os mais variados objectos cerâmicos, que vão de utensílios para o preparo e conservação de alimentos, instrumentos musicais e até em funerárias.

Com o passar dos anos, a manipulação de diferentes tipos de argila permitiu desenvolver novos materiais com características específicas, com altas resistências térmica, mecânica e/ou química. Esta evolução possibilitou que a cerâmica ocupe hoje um importante papel como material de construção de diversos objectos, desde os produtos rústicos a elementos decorativos, como manilhas, tijolos, pisos e revestimentos, azulejos, telhas e louças sanitárias, ou artefactos para uso doméstico, como pratos, xícaras, vasilhas, filtros para purificação de água e vasos para decoração. Assim, a cerâmica constitui-se actualmente como um importante sector económico, seja em indústrias que utilizam tecnologias tradicionais ou inovadoras, ou como produto artesanal importante, em comunidades carentes, para geração de renda (Rocha *et al.*, 2014).

## 2.2. Conceito de Argila

As argilas são um conjunto de minerais, compostos principalmente de alumínio hidratados, que possuem a propriedade de formarem, com água, uma pasta plástica que conserva a forma moldada, e capaz de secar e endurecer sob a acção do calor (Oliveira, 2011).

Segundo Mello (2011), as argilas são rochas sedimentares compostas de grãos muito finos de silicatos de alumínio, associados a óxidos que lhes dão tonalidades diversas, podendo ser encontradas próximo de rios, muitas vezes formando barrancos nas margens, são da família dos minerais filossilicáticos hidratados, aluminosos de baixa cristalinidade, com partículas de dimensões menores que 4 µm de diâmetro (como a caulinita, montmorillonita e illitas).

Para Guerra, Airoidi, Lemos e Angélica (2008), são rochas sedimentares, que resultam da desagregação de rochas que comumente contém feldspato, por ataque químico (como ácido carbónico) ou físico (erosão e vulcanismo), que produz a fragmentação em partículas muito pequenas.

Deste modo, pode conceituar-se a argila, como sendo, um produto natural, retido nas proximidades de rios, constituído de grãos muito finos, que em contacto com água formam uma mistura com certa plasticidade e endurecem depois de seco.

## 2.3. Tipos de Argila

Segundo Santos citado por Mello (2011), dentre vários tipos de argila, destacam-se os seguintes:

- **Argila natural** - refere-se a argila que foi extraída e limpa, e que pode ser utilizada em seu estado natural, sem a necessidade de adicionar outras substâncias;
- **Argila refractária** – a argila adquire este nome em função de sua qualidade de resistência ao calor. Suas características físicas variam, umas são muito plásticas finas, outras não. São utilizadas nas massas cerâmicas dando maior plasticidade e resistência em altas temperaturas, bastante utilizadas na produção de placas refractárias que atuam como isolantes e revestimentos para fornos;

- **Caulim ou argila da china:** argila utilizada na fabricação de massas para porcelanas. É de coloração branca e funde a 1800°C, pouco plástica, deve ser moldada em moldes ou formas pois com a mão é impossível;
- **Argilas de bola (Ball-Clay)** - são muito plásticas, de cor azulada ou negra, apresentam alto grau de contracção tanto na secagem quanto na queima. Sua grande plasticidade impede que seja trabalhada por si só, fica pegajosa com a água;
- **Argila para grés:** argila de grãos finos, plástica e refractária. Após a queima sua coloração é variável, vai do vermelho escuro ao rosado e até mesmo acinzentado do claro ao escuro;
- **Argilas vermelhas:** são plásticas, com alto teor de ferro, resistem á temperaturas de até 1100°C, porém fundem em uma temperatura maior e podem ser utilizadas com vidrados para grés;
- **Bentonite:** argila vulcânica, muito plástica, contém mais sílica do que alumínio, se origina das cinzas vulcânicas. Apresenta uma aparência e tato gorduroso, pode aumentar entre 10 e 15 vezes seu volume ao entrar em contacto com a água;
- **Argila expandida:** a argila expandida é produzida em grandes fornos rotativos, utilizando argilas especiais que se expandem a altas temperaturas (1100 °C), transformando-as em um produto leve, de elevada resistência mecânica, ao fogo e aos principais ambientes ácidos e alcalinos, como os outros materiais cerâmicos.

## 2.4. Propriedades da Argila

**Plasticidade:** Um material argiloso possui plasticidade quando se deforma sob a acção de uma força e mantém essa deformação após cessada a força que a originou (Hagemann, 2011).

**Granulometria:** A granulometria é uma das propriedades mais importantes da argila, influenciando directamente na resistência, plasticidade da pasta e permeabilidade dos materiais cerâmicos. São constituídas por partículas fracamente agregadas, que se dispersam na água permitindo a separação das partículas maiores e muito pequenas na faixa de 2 µm (Wang, Juang, Lee & Chao, 2004).

**Superfície específica:** As argilas possuem elevada superfície específica, muito importante no uso industrial, pois a interacção sólido-fluido depende directamente da

superfície específica do sólido. E as argilas possuem um teor de reactividade elevado, bem como o grau de agregação das suas partículas (Meira, 2001).

**Trabalhabilidade:** A trabalhabilidade das argilas esta directamente ligada a sua plasticidade, quanto menos plásticas mais difícil será de serem moldadas, e quanto mais plásticas forem mais fácil será de serem trabalhadas, mas, ao serem usadas na fabricação de produtos cerâmicos afectará negativamente na sua resistência (Morais & Sposto, 2006).

**Retracção e dilatação:** A argila contrai-se pela secagem em função da perda de água e consequentemente aproximação das partículas. O índice de contracção varia com a natureza das argilas, sendo que as de partículas mais finas sofrem maior contracção (Hagemann, 2011).

**Impermeabilidade:** É a propriedade que faz com que os produtos da argila se tonam mais impermeáveis após o cozimento (Oliveira, 2011).

**Durabilidade:** É a capacidade que os produtos resultantes da argila possuem de permanecerem inalterados com o passar do tempo (Meira, 2001).

**Resistência mecânica:** É a propriedade que os produtos resultantes da argila adquirem após a secagem e cozedura, de não sofrer deformações do seu aspecto, ao serem submetidos aos diferentes tipos de esforços mecânicos, como compressão, tracção, flexão e cisalhamento (Hagemann, 2011).

## 2.5. Importância da Argila e Suas Principais Aplicações

A indústria cerâmica está entre as indústrias de materiais de construção mais tradicionais do mundo, destacando-se por ser de grande importância em toda cadeia da construção civil, podendo a sua produção ser industrial e artesanal, produzindo principalmente tijolos maciços, blocos de vedação, blocos estruturais, telhas, manilhas e pisos entudados. Estas indústrias movimentam mensalmente milhões de toneladas de matéria-prima (argila), com reflexo nas vias de transporte, gerando renda e empregos nos locais de extracção e produção, tendo enorme significado socioeconómico, isto, ocorre devido as características físicas, químicas e mecânicas das argilas que, proporcionam facilidade e rapidez na execução, boa aparência, durabilidade e custos reduzidos dos seus produtos finais quando comparado a outros métodos construtivos (Bustamente & Bressiani, 2000).





Figura nº 1: Produção Industrial de Blocos Cerâmicos

Fonte: *Bela Vista Tijolos (2013)*

Além da importância econômica da produção industrial de materiais de construção de linhagem cerâmica, diversos são os exemplos de cooperativas ou iniciativas individuais de artesões que encontram na argila a sua fonte de sustento. Um dos muitos exemplos está na figura nº 2, que ilustra artesãs femininas do Vale do Jequitinhonha, no noroeste de Minas Gerais-Brasil, que devido a seca encontraram como única forma de sustento a produção de artesanatos, principalmente a cerâmica, a tecelagem e os bordados, a cestaria, as esculturas em madeira, os trabalhos em couro e a pintura. No caso específico da cerâmica, elas desenvolveram um artesanato único, confeccionado totalmente usando argilas coletadas à beira dos riachos da bacia do Jequitinhonha, e do qual os principais elementos são figuras femininas vestidas de noivas (Rocha *et al.*, 2014).



Figura nº 2: Produção de Artesanato em Cerâmica no Vale do Jequitinhonha, Brasil

Fonte: *Rocha et al., (2014)*

## 2.6. Processo de Caracterização das Argilas

### 2.6.1. Extracção da Argila

Segundo Almeida (2005), para amostras de argila destinadas a produção de materiais de construção, pouco interessa a camada superficial ou horizonte A, pois este, contém quantidades elevadas de componentes orgânicos e resíduos sólidos que influenciam directamente na fraca resistência dos produtos finais, sendo necessário raspar a primeira camada e de seguida extrair as amostras de solo nas restantes camadas.

Para Araújo (2009), o local de extracção deve ser próximo a obra ou instalações de produção, e a camada superficial deve ser desprezada entre 30 a 40 cm de altura, como è ilustrado na figura nº 3:



Figura nº 3: Processo de Extracção de Argila

Fonte: Araújo (2009)

### 2.6.2. Preparo da Matéria-Prima

Segundo Oliveira (2011), o processo de preparação da argila consiste: no apodrecimento ou estocagem, maceração, correcção, amassamento e observação. A correcção, amassamento e a observação, são processos que sucedem após os ensaios laboratoriais de determinação das características da argila:

**Apodrecimento ou estocagem da argila:** Processo que consiste no revolvimento e depósito da argila ao ar livre por um período de descanso, que varia de meses a anos, dependendo da finalidade, quantidades e clima, com a finalidade de fermentar ou eliminar as impurezas presentes, aumentar sua plasticidade, corrigir o efeito de pressões e evitar a

formação de aglomerados de argila seca, Associação Brasileira de Normas Técnicas [ABNT] (NBR 6457, 1986).

**Maceração:** É feita de forma cuidadosa para não triturar partículas individuais, para se obter menores partículas e, com isso, maior plasticidade e melhor contacto entre os componentes. Pode-se usar britadores, moinhos e desintegradores, fazendo-se a remoção de impurezas se houver (Almeida, 2005).

### 2.6.3. Ensaio de Campo

Consiste em uma série de testes que se realizam no campo e laboratório de forma simples e que, embora, não forneçam dados com exactidão, são muito importantes no entendimento das características físicas do solo, pois, através da aparência podem ser revelados dados importantes sobre o tipo de solo antes de se proceder com a extracção. Dentre diversos testes, para as argilas, destacam-se os seguintes (Neves, Faria, Rotondaro, Salas & Hoffmann, 2005):

**Caracterização por tamanho das partículas** – o solo pode ser preliminarmente classificado através do seguinte procedimento:

- Espalhar a amostra de solo em uma fina camada sobre uma superfície plana;
- Com as mãos, separar as partículas visíveis a olho nu. As partículas visíveis a olho nu correspondem a areia e pedregulho e as restantes, o material fino, corresponde a silte e argila.

**Caracterização pela cor** – a caracterização por cor possibilita a prior, antes de proceder com a aplicação do solo, entender se este é orgânico ou inorgânico. As cores claras e brilhantes são características de solos inorgânicos e as cores marrom escuro, verde oliva ou preta são características de solos orgânicos.

**Caracterização pelo tacto** - ao esfregar, entre os dedos, uma porção da terra seca, pode-se identificar os tipos de partículas presentes pela sua textura da seguinte forma:

- A areia é áspera;
- O silte cobre os dedos com partículas macias, como se fosse um talco;

- Para verificar a presença de argila, molda-se uma bola com uma porção de terra humedecida, quanto mais argila presente, mais fácil será formar a bola.

**Queda da bola:** Este teste indica o tipo solo em função da sua coesão, e consiste em tomar uma porção da solo, adicionar água, fazer uma bola com diâmetro aproximado de 3 cm e deixar a bola cair em queda livre, de uma altura aproximada de um metro, o solo è avaliado consoante a forma de seu espalhamento, terras arenosas espalham-se com desagregação e terras argilosas espalham-se menos e com maior coesão (Neves *et al.*, 2005).



Figura nº 4: Teste da Queda da Bola

Fonte: *Neves et al.*, (2005)

**Teste de vidro:** É um teste fundamentado na sedimentação diferenciada das constituintes do solo e consiste em, (Faro, 2017):

- Colocar uma porção de solo, seco e destorroado, em um vidro cilíndrico, liso e transparente, até cerca de 1/3 de sua altura;
- Adicionar água até 2/3 da altura do vidro, tampar e agitar a mistura para que haja a dispersão do solo na água;
- Colocar o vidro em repouso, sobre uma superfície horizontal e aguardar até que cada uma das componentes decante em tempos diferentes formando distintas camadas que se podem visualizar. O pedregulho e a areia decantam primeiro, por serem as partículas mais pesadas, seguido do silte e por último a argila. Se o solo contém matéria orgânica, esta sobrenada na superfície da água. Quando a água estiver límpida, é medida a altura das distintas camadas.

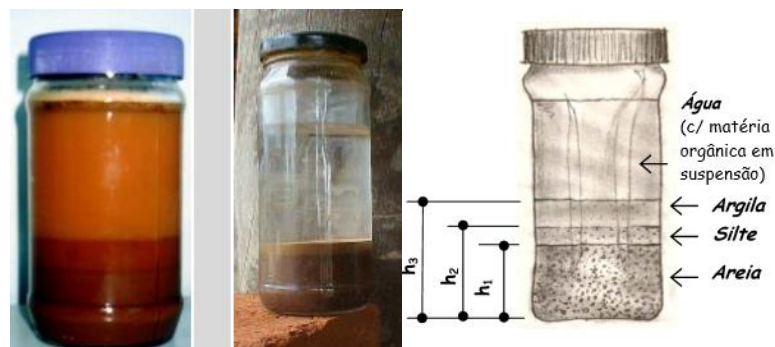


Figura n° 5: Teste de Vidro

Fonte: *Faro (2017)*

**Teste de resistência seca ou pastilha:** Permite identificar o tipo de solo em função da sua resistência e, consiste em moldar duas ou três pastilhas de solo bem humedecido, com cerca de 1 cm de espessura e 2 a 5 cm de diâmetro (figura n° 6 (b)), deixar as pastilhas secarem ao sol por dois ou mais dias (figura n° 6 (c)), e após a secagem, tentar esmagar cada pastilha entre os dedos, indicador e o polegar (figura n° 6 (d)), *Faro (2017)*.

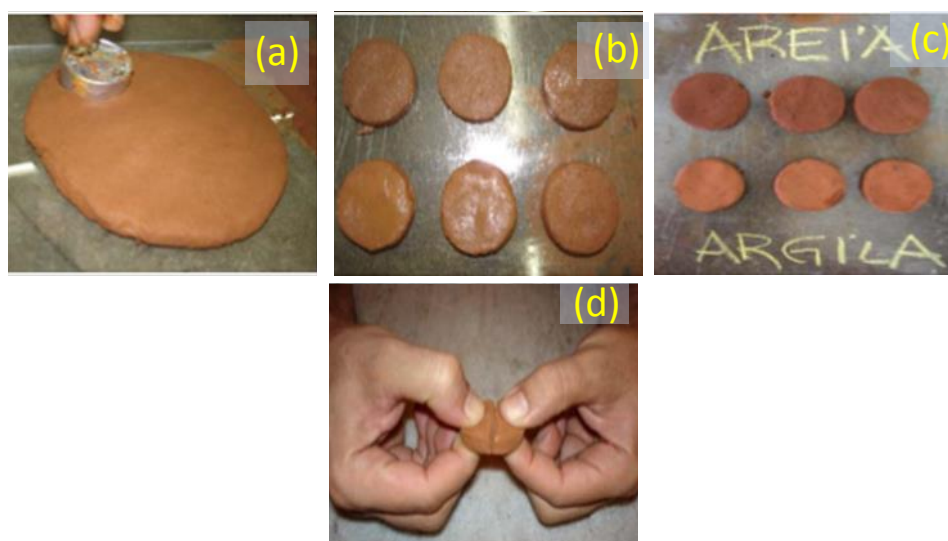


Figura n° 6: Teste de Pastilha

Fonte: *Neves et al., (2005)*

**Teste de charuto ou rolo:** Consiste em tomar uma porção de solo, humedecido e amassado, rolar sobre uma superfície plana (figura n° 7 (a)) até a obtenção de um cordão com 200 mm de comprimento e 25 mm diâmetro, deslizar suavemente o cordão sobre a superfície

(figura nº 7 (b)), de forma a ficar em balanço além de sua borda (figura nº 7 (c)), até que ocorra a ruptura do segmento em balanço (figura nº 7 (d)), Faro (2017).

Em função do comprimento do segmento rompido, tem-se um indicativo da quantidade de argila (Faro, 2017):

- Se o cordão romper com menos de 80 mm, não há argila suficiente;
- Se a ruptura se der com comprimento entre 80 mm e 120 mm, tem-se a quantidade ideal de argila;
- Comprimentos acima de 120 indicam argila em excesso.

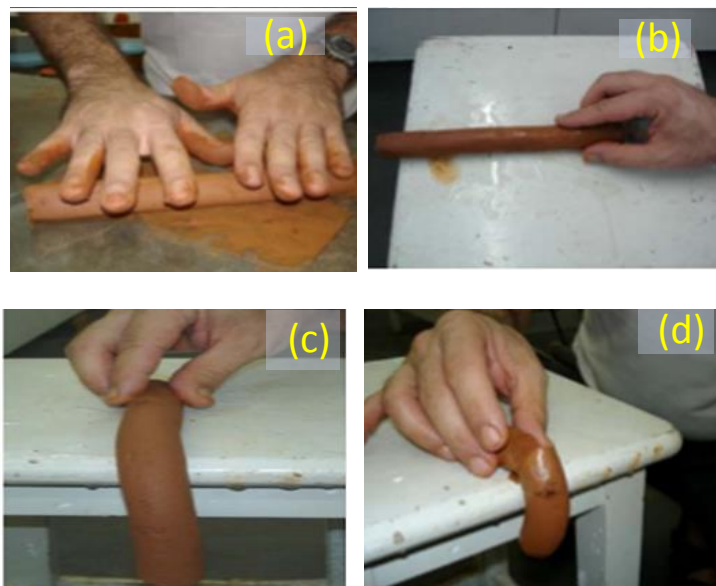


Figura nº 7: Teste de Rolo

Fonte: *Neves et al., (2005)*

## 2.6.4. Ensaio Laboratoriais

### 2.6.4.1. Ensaio de Granulometria

O ensaio de granulometria é utilizado para determinar a distribuição granulométrica dos agregados, ou seja, a percentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de grãos representa em massa seca total utilizada para o ensaio. Este ensaio é dividido em duas partes distintas, utilizáveis de acordo com o tipo de agregado e as finalidades do ensaio para cada caso particular:

- Análise granulométrica por peneiramento (figura nº 8) e;

- Análise granulométrica por sedimentação (figura nº 9).

Os agregados grossos (areia grossa e pedregulhos), possuindo pouca ou nenhuma quantidade de finos, podem ter a sua curva granulométrica inteiramente determinada utilizando-se somente o peneiramento. Em solos possuindo quantidades de finos significativas, procede-se ao ensaio de granulometria conjunta, que engloba as fases de peneiramento e sedimentação (NBR 7181, 1984).



Figura nº 8: Série de Peneiras Padronizadas e Vibrador para o Ensaio de Granulometria por Peneiramento

Fonte: *Faro (2017)*



Figura nº 9: Agitador, Cilindros e Decímetro para o Ensaio de Granulometria por Sedimentação

Fonte: *Faro (2017)*

Segundo Petrucci citado por Morais e Sposto (2006), a granulometria das argilas tem uma relação intrínseca com a resistência mecânica do bloco no estado seco. É uma das

características mais importantes dos minerais argilosos e influi em muitas outras propriedades, tais como: a plasticidade e a permeabilidade, que são dependentes além da dimensão das partículas, de sua distribuição granulométrica e forma. Para a composição granulométrica mais adequada de uma argila a ser empregada na indústria cerâmica é aquela que tem substâncias argilosas em torno de 60%, estando o resto do material dividido igualmente entre silte, areia fina e média (40%).

Para Oliveira (2002), na produção de peças cerâmicas procura-se misturar pequena quantidade de argila de grãos finos, que demanda mais água, porém que possui índice de plasticidade considerável, com argila de grãos maiores, pois no final a mistura irá demandar pouca água para a plasticidade necessária.

#### **2.6.4.2. Índice de Plasticidade**

Esta característica é fundamental no processo de fabricação dos materiais cerâmicos, pois, é responsável pela moldagem das peças. Segundo Almeida e Moreira (2008), uma amostra de material que se adapte perfeitamente a um processo de conformação, representa uma boa plasticidade, por outro lado, se houver dificuldades na conformação, a sua plasticidade é ruim. Esta propriedade é influenciada pelas demais propriedades como: a composição química e mineralógica do material, o teor de humidade e a granulometria, sendo que a plasticidade será maior em argilas com maior teor de humidade e maior percentagem de partículas finas.

Para Morais e Sposto (2006), as argilas muito plásticas não devem ser utilizadas na fabricação de produtos cerâmicos, pois requerem muita água, o que faz com que os produtos não possam ser satisfatoriamente moldados em função do excesso de humidade. Pode-se afirmar que o ideal é que a maioria das massas cerâmicas para produção seja constituída, fundamentalmente, por duas argilas, uma muito plástica e outra pouco plástica. A mistura final depende da plasticidade de cada argila e do grau de plasticidade pretendido.

O índice de plasticidade pode ser determinado, realizando-se os ensaios de limite de liquidez e limite de plasticidade, e seus parâmetros são descritos na tabela nº 1:



Tabela n° 1: Parâmetros Comparativos de Índice de Plasticidade

Condição da argila	Faixa de IP
Não plástica	IP = 0
Fracamente plástica	$1 < IP < 7$
Mediamente plástica	$7 < IP < 15$
Altamente plástica	IP > 15

Fonte: *NBR 7180 (1984)*

#### 2.6.4.3. Ensaio de Limite de Liquidez (LL)

É obtido em ensaio laboratorial usando um aparelho de Casagrande, conforme ilustra a figura n° 10.

Para que um solo tenha limite de liquidez, a recta do teor de humidade deve corresponder á 25 golpes. Na impossibilidade de se conseguir a abertura da ranhura ou o seu fechamento com mais de 25 golpes, considera-se a amostra de solo como não apresentando limite de liquidez, (NBR 6459, 1984).

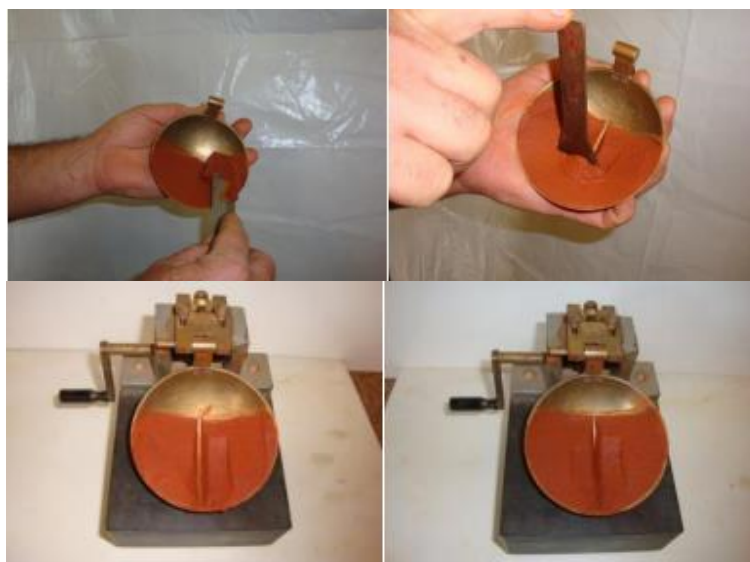


Figura n° 10: Ensaio de Determinação do Limite de Liquidez (LL) Usando o Aparelho de Casagrande

Fonte: *Faro (2017)*

#### 2.6.4.4. Ensaio de Limite de Plasticidade (LP)

É realizado em laboratório, utilizando uma placa de vidro na qual uma massa argilosa é moldada em rolos de 3 a 4 mm de diâmetro e cerca de 5 cm de comprimento (figura nº 11).

Para que as amostras de solo sejam consideradas como tendo um limite de plasticidade devem obedecer a seguinte condição: “ter pelo menos três valores de humidade que difiram de sua respectiva média menos que cinco por cento (5%) do valor dessa média”, as amostras que não satisfazem essa condição devem ser descartadas (NBR 7180, 1984).



Figura nº 11: Ensaio de Limite de Plasticidade

Fonte: *Neves et al., (2005)*

#### 2.6.4.5. Índice de Consistência (IC)

Segundo Terzaghi citado por Pinto (2006), o IC é determinado com base nos ensaios laboratoriais de limite de liquidez, limite de plasticidade e teor de humidade de uma amostra de solo, seu índice indica a consistência do solo no estado em que se encontra em campo e permite estimar a resistência do mesmo. Seus parâmetros são descritos na tabela nº 2:

Tabela nº 2: Estimativa de Consistência da Argila pelo Índice de Consistência

Consistenciada argila	Faixa de IC	Resistência (kpa)
Mole	$IC < 0,5$	25 a 50
Média	$0,5 < IC < 0,75$	50 a 100
Rija	$0,75 < IC < 1$	100 a 200
Dura	$IC > 1$	200 a 400

Fonte: *Pinto, 2006*

## **2.7. Sistema Unificado de Classificação de Solos (S.U.C.S.)**

Este sistema é oriundo do Airfield Classification System idealizado por Arthur Casagrande, e inicialmente utilizado para classificação de solos para construção de aeroportos, e depois expandido para outras aplicações, e normalizado pela American Society for Testing and Materials [ASTM] (1983).

Os solos neste sistema são classificados em solos grossos, solos finos e altamente orgânicos. Para a fracção grossa, foram mantidas as características granulométricas como parâmetros mais representativos para a sua classificação, sendo que para fracção fina, Casagrande optou por usar os limites de consistência (limite líquido, plástico e índice de plasticidade), por serem parâmetros mais importantes do que o tamanho das partículas. Cada tipo de solo tem um símbolo e um nome. Os nomes dos grupos são simbolizados por um par de letras. Onde o prefixo é uma das subdivisões ligada ao tipo de solo, e o sufixo, às características granulométricas e à plasticidade (vide em anexo nº 1,2 e 3 os critérios de classificação) (ASTM, 1983).

### III. METODOLOGIA

#### 3.1. Descrição da Área de Estudo

O povoado de Chichocane situa-se no distrito de Vilankulo e dista 32 km da vila municipal, tendo como limites a Norte com o povoado de Chiruala, a Sul com o povoado de Quequere, a Oeste com o povoado de Mahove a Este com o Oceano Índico. O distrito tem uma superfície de 5.869 km<sup>2</sup>, uma população estimada em 155 mil habitantes à data de 1/7/2012, com uma densidade populacional aproximada de 26 hab/km<sup>2</sup>, prevê-se que o distrito em 2020 venha a atingir os 179 mil habitantes, Ministério de Administração Estatal [MAE] (2014).

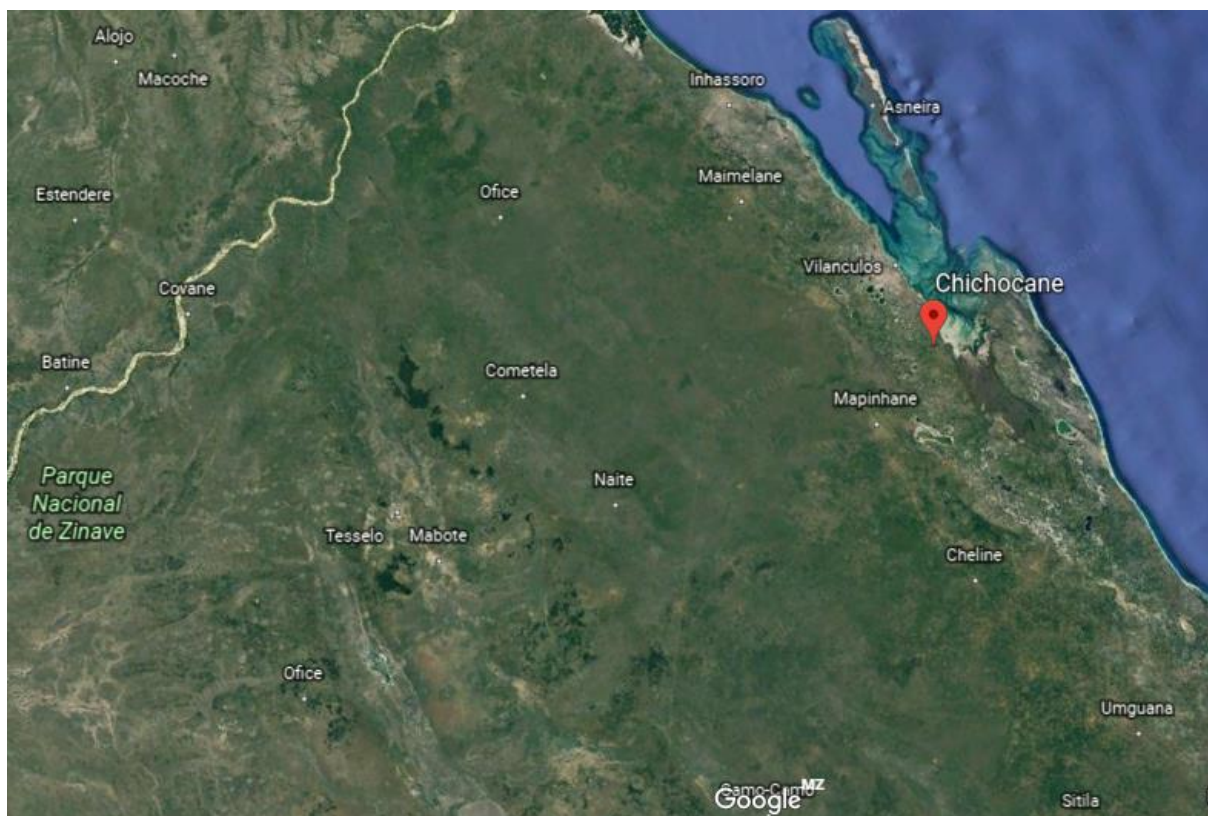


Figura nº 12: Imagem Satélite da Área de Estudo

Fonte: *Google Earth* (2017)

##### 3.1.1. Clima e Solos

O distrito de Vilanculos é dominado por um clima do tipo tropical seco, nas zonas do interior, e húmido, à medida que se caminha para a costa, com duas estações: a quente ou chuvosa que vai de Outubro à Março e a fresca ou seca de Abril à Setembro (MAE, 2014).

A zona litoral, apresenta solos acidentados e permeáveis, que são favoráveis para a agricultura e pecuária, apresentando temperaturas médias entre os 18° à 33° C. A precipitação média anual na época das chuvas (Outubro à Março) é de 1500mm, com maior incidência nos meses de Fevereiro e Março, em que chegam a ocorrer inundações. A zona interior do distrito apresenta solos franco-arenosos e areno-argilosos e uma precipitação média anual de 1000 a 1200mm, com temperaturas elevadas, que provocam deficiências de água (MAE, 2014).

### 3.1.2. Habitações e Condições de Vida

O tipo de habitação dominante é a palhota, que ocupa 72% do total das habitações do distrito. A casa mista que é um tipo de habitação que combina materiais de construção duráveis e materiais de origem vegetal representa 21%, e os restantes 2 e 5% está dividido entre casa convencional ou apartamento e casa básica (Gráfico nº 1), Instituto Nacional de Estatística [INE] (2007).

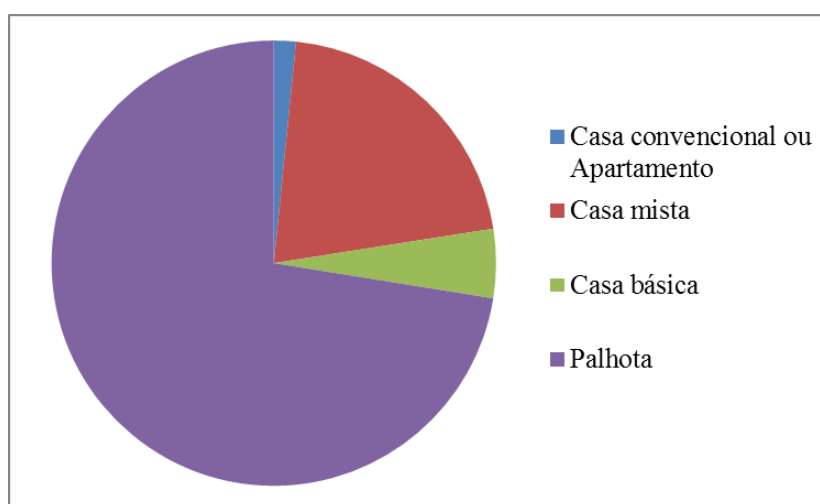


Gráfico nº 1: Habitações e Condições de Vida

Fonte: *INE (2007)*

Apesar das condições de habitação serem diferentes entre as zonas urbanas e rurais do distrito, verifica-se um padrão comum dos materiais de construção caracterizado pela maioria das casas ter paredes de caniço ou paus (88%), cobertura de capim ou palha (75%) e 54% pavimento de adobe (tabela nº 3) (INE, 2007).

Tabela nº 3: Habitações Segundo o Material de Construção

Estrutura	Em percentagem (%)		
	Total	Urbano	Rural
<b>Paredes</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Bloco de cimento ou tijolo	7.2	16.6	4.1
Caníço ou paus	87.5	77.9	90.5
Madeira ou zinco	2.8	3.4	2.6
Outro material	2.6	2.1	2.7
<b>Cobertura</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Chapas ou telhas	25,00	47.6	17.8
Laje de betão	0.3	0.9	0.1
Capim ou outro material	74.7	51.5	82.2
<b>Pavimento</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
Cimento, parquet ou mosaico	25,00	56,00	15.1
Adobe	54.4	22.3	64.7
Sem pavimento	20.5	21.7	20.2

Fonte: INE (2007)

### 3.2. Definição da Amostra Populacional

O tipo de amostragem adoptada é a amostragem probabilística aleatória simples, que segundo Denscombe (2014), a selecção de amostras é feita de forma aleatória, o que significa que, todas as unidades da população alva têm igual chance de serem escolhidas. Foi colectado cerca de 20 kg de amostra, escolhendo-se, de forma aleatória, um dos lugares específicos para retirada de argila, nas proximidades do rio Chichocane, com auxílio de uma catana devido a sua consistência, onde as mesmas, depois de terem sido misturadas dentro de um balde para tornar a amostra homogénea, foram colocadas em sacos plásticos para serem levadas ao laboratório informal da Escola Superior de Desenvolvimento Rural [ESUDER] para posterior análises.

### 3.3. Técnica de Colecta de Dados

Primeiramente, fez-se uma pesquisa explanatória, que consistiu no levantamento bibliográfico ou consulta de obras de diversos autores inerentes ao tema, incluindo publicações e fontes documentais virtuais, com a finalidade de tornar o problema mais explícito. E, de seguida, fez-se a colecta das amostras na área de estudo (Chichocane), mediante o método de amostragem definido na sessão de amostra populacional.

### 3.4. Métodos de Análise e Interpretação dos Dados

#### 3.4.1. Análise das Características Físicas da Argila do Jazigo de Chichocane

##### 3.4.1.1. Ensaio de Campo: Etapa I

###### Teste táctil-visuais

Consistiu em uma série de Testes táctil – visuais que se realizaram no terreno segundo (Neves *et al.*, 2005):

- **Caracterização pelo tamanho das partículas** – a caracterização pelo tamanho das partículas, foi feita, através de uma breve observação e análise no local da extração;
- **Caracterização pela cor** – a identificação da cor do solo encontrado foi feita através da visão;
- **Caracterização pelo tacto** – a identificação da argila por meio do tacto, consistiu em humedecer uma porção de terra e moldar uma bola com a palma das mãos.

##### 3.4.1.2. Extração da Argila

As amostras foram extraídas com auxílio de uma catana, nas proximidades do rio (figura nº 13), num local onde previamente foi retirada toda camada superficial contendo matéria orgânica de acordo (Araújo, 2009).



Figura nº 13: Extração de Argila

Fonte: *Autora (2017)*

### 3.4.1.3. Ensaio de Campo: Etapa II

**Queda da bola:** Tomou-se uma porção de solo, moldou-se uma bola com aproximadamente 3 cm de diâmetro e lançou-se ao chão (figura nº 15), de uma altura de um metro, com a finalidade de verificar sua coesão (Neves *et al.*, 2005).



Figura nº 14: Queda de Bola

Fonte: *Autora*, (2017)

**Teste de resistência seca ou pastilha:** Moldou-se três (3) pastilhas de terra húmida (figura nº 17 (a)), com 1 cm de espessura e 5 cm de diâmetro e levou-se ao sol por dois dias (figura nº 17 (b)). Após a secagem, aplicou-se uma força sobre as pastilhas colocadas entre os dedos, indicador e polegar, até promover a sua ruptura (figura nº 17 (c)), Faro (2017).



Figura nº 15: Teste de Pastilha

Fonte: *Autora* (2017)



**Teste de charuto ou rolo:** Procedeu-se, formando-se um rolo com uma porção de argila, humedecida e amassada, sobre uma superfície plana até a obtenção de um cordão com 200 mm de comprimento e 25 mm de diâmetro (figura nº 18 (a)). De seguida, deslizou-se suavemente o cordão sobre a superfície (figura nº 18 (b)), de forma a ficar em balanço até que ocorresse a ruptura do rolo (Faro, 2017).



Figura nº 16: Teste de Charuto

Fonte: *Autora (2017)*

#### 3.4.1.4. Preparo da Matéria-Prima

Extraídas, as amostras, parte delas foi destinada ao processo de apodrecimento ou estocagem da argila (figura nº 14 (a)), que consistiu em depositar a argila ao ar livre (figura nº 14 (b)) por um período de descanso de um mês de acordo com (NBR 6457, 1986).



Figura nº 17: Apodrecimento de Argila

Fonte: *Autora, (2017)*

Após a estocagem, fez-se a maceração da argila, que, consistiu, de forma cuidadosa em destorroar as amostras usando um almofariz e uma mão de gral, desmanchando os torrões existentes, isoladamente, com o cuidado de não triturar partículas individuais (Almeida, 2005).

#### 3.4.1.5. Ensaios de Campo: Etapa III

**Teste do vidro:** Consistiu em colocar aproximadamente 350 g (5 cm da altura da garrafa) de argila, seca e destorroada, em uma garrafa de vidro cilíndrica, lisa e transparente de 15 cm de altura (figura nº 16 (a)). Adicionar água até 10 cm da altura da garrafa, acrescentando-se uma pitada de sal para acelerar o processo de sedimentação, tampando-se o vidro, agitou-se cerca de 1 minuto (figura nº 16 (b)) e deixou-se de repouso sobre uma superfície horizontal (figura nº 16 (c)). Cerca de 1 h depois a água já estava limpa, a argila na superfície da garrafa e a matéria orgânica em suspensão (Faro, 2017).



Figura nº 18: Teste de Vidro

Fonte: *Autora (2017)*

### 3.4.1.6. Ensaio de Laboratório

#### 3.4.1.6.1. Ensaio de Limite de Liquidez

Para o ensaio do limite de liquidez procedeu-se seguindo as normas da NBR 7180 (1984), da seguinte forma:

##### **Materiais Utilizados:**

- Amostras previamente secas ao ar livre;
- Bacia de porcelana com cerca de 120 mm de diâmetro;
- Aparelho de Casagrande com características, dimensões padronizadas e bem ajustado;
- Balança que permite pesar nominalmente 320 g, com resolução de 0,01 g;
- Água destilada;
- Latas recicladas de sardinha, devidamente limpas e enumeradas (figura n ° 19 (a));
- Estufa capaz de manter a temperatura de 105 ao 110 °C.

##### **Procedimentos:**

1. Colocou-se a amostra previamente seca na bacia de porcelana (figura n ° 19 (b)), adicionou-se água destilada, amassando continuamente com auxílio de uma colher, de forma a obter uma pasta homogénea (figura n ° 19 (c)), com consistência tal que sejam necessários cerca de 35 golpes para fechar a ranhura;
2. Transferiu-se parte da mistura para a concha, dividiu-se a massa de solo em duas partes, passando o cinzel através da mesma, de modo a abrir uma ranhura em sua parte central (figura n ° 19 (d)), deslocando-o perpendicularmente à superfície da concha;
3. Com o auxílio do aparelho de Casagrande e golpeou-se a concha contra a base, deixando-a cair em queda livre, girando a manivela à razão de duas voltas por segundo e anotando-se o número de golpes necessário para que as bordas inferiores da ranhura se unam ao longo de 13 mm de comprimento aproximadamente;
4. Transferiu-se, de imediato, um quarto (1/4) da quantidade do material para lata de sardinha (figura n ° 19 (e)), pesou se e levou-se a estufa a uma temperatura de 105 °C, até constância de massa (72 horas), o restante da massa foi transferida para a bacia de porcelana;

5. Adicionou-se mais água destilada a amostra transferida á bacia de porcelana e homogeneizou-se durante três (3) minutos, amassando e revolvendo continuamente com auxílio da colher;
6. Repetiram-se os procedimentos com a concha e o cinzel limpos, de modo a se obter mais quatro (4) pontos do ensaio, cobrindo o intervalo de 15 á 35 golpes de forma bem distribuída.

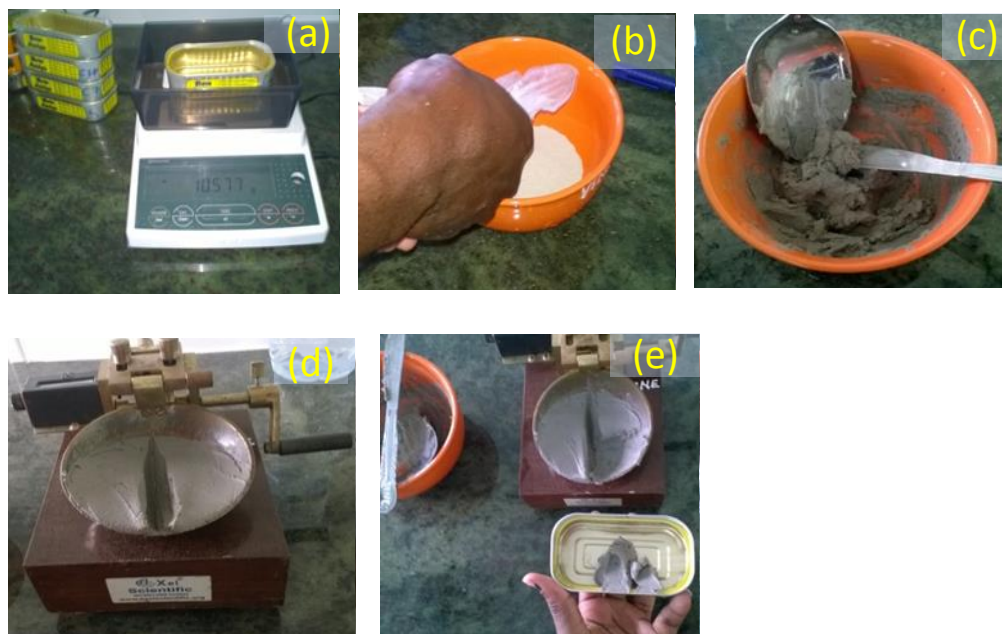


Figura nº 19: Ensaio do Limite de Liquidez Usando Aparelho Casagrande

Fonte: *Autora (2017)*

#### 3.4.1.6.2. Ensaio de Limite de Plasticidade

Para o ensaio de plasticidade procedeu-se da seguinte forma, NBR 7180 (1984):

##### **Materiais Utilizados:**

- Amostras previamente secas ao ar livre;
- Bacia de porcelana com cerca de 120 mm de diâmetro;
- Balança que permite pesar nominalmente 320 g, com resolução de 0,01 g;
- Placa de vidro;
- Latas recicladas de sardinha, limpas e devidamente enumeradas.

##### **Procedimentos:**

1. Colocou-se cerca de 100 g de amostra previamente secas na bacia de porcelana, de seguida adicionou-se água destilada, amassando e revolvendo continuamente com uma colher (figura n ° 20 (a)), de forma a obter uma pasta homogénea, de consistência plástica. Num tempo de homogeneização de cerca de 30 minutos;
2. Tomou-se cerca de 10 g da amostra já homogeneizada e formou-se com os dedos uma pequena bola, que foi rolada sobre a placa de vidro com pressão suficiente da palma da mão para lhe dar forma (figura n ° 20 (b));
3. Quando a amostra fragmentava-se antes de atingir um diâmetro de 3 mm, retornou-se à bacia de porcelana, adicionando mais água destilada e homogeneizando, voltou-se a placa de vidro repetindo o procedimento até que a amostra atinge-se um diâmetro de 3 mm;
4. Após a moldagem do cilindro atingir 3 mm de diâmetro, ou seja, atingir o estado plástico, rolou-se até que houve-se fragmentação e transferiu-se de imediato as partes fragmentadas para lata, para determinação da humidade pelo método da estufa;
5. Repetiu-se o procedimento com mais seis (6) amostras para que houvesse uma probabilidade de que pelo menos três (3) delas satisfizessem a seguinte condição: “obter pelo menos três valores de humidade que difiram de sua respectiva média menos que cinco por cento do valor dessa média”.



Figura n° 20: Ensaio de Limite de Plasticidade

Fonte: *Autora (2017)*

### 3.4.1.6.3. Ensaio de Granulometria por Peneiramento

O ensaio granulométrico das amostras foi realizado por peneiramento e sedimentação segundo as normas da ABNT:

- NBR 6457/86 – para preparação de amostras;
- NBR 5734/89 – para especificação de peneiras para ensaio;
- NBR 7181/84 – para ensaio de granulometria.

#### **Especificação de Peneiras (NBR 5734, 1989):**

Para ensaios de caracterização de material fino os peneiros a serem usados são os compreendidos entre a # 16 e # 200: 1,20, 0,84, 0,60, 0,42, 0,30, 0,25, 0,175, 0,15 e 0,075mm.

#### **Procedimentos do Ensaio (NBR 7181, 1984):**

O ensaio granulométrico da argila por peneiramento realizou-se, com cerca de 500 g de amostra previamente seca no momento de preparo da matéria-prima, nas peneiras empilhadas em ordem decrescente no agitador electrónico devidamente ajustado (figura nº 21), num tempo de agitação de 2 minutos. Após a agitação, retirou-se o peso das amostras retidas em cada peneiro, repetindo-se o procedimento com mais duas amostras.



Figura nº 21: Análise Granulométrica por Peneiramento com Série de Peneiras Padronizadas e Vibrador Eléctrico Devidamente Ajustado

Fonte: *Autora (2017)*

Após o ensaio os dados foram registados em uma tabela, e com base nela, traçou-se a curva granulométrica através, das percentagens que passaram em cada peneiro (marcadas no eixo das ordenadas), num eixo graduado de 0 á 100 de baixo para cima em escala aritmética e abertura das malhas dos peneiros (marcadas no eixo das abcissas) em escala logarítmica, e de seguida efectuaram-se os seguintes cálculo:

- Percentagem total das massas retidas em cada peneiro ( $\sum$  % Retida);
- Percentagem acumulada total das massas que ficaram retidas em cada peneiro ( $\sum$  % Acumulada);
- Percentagem total das massas que passam em cada peneiro ( $\sum$  % que passa)

#### **Determinação do Módulo de Finura (Mf):**

O módulo de finura foi determinado a partir da equação 1, proposta pela NBR 7217 (1987).

$$M_f = \frac{\sum \% \text{ retidas acumuladas}}{100} \quad (1)$$

#### **Onde:**

Mf <1,71 – argila com grãos muito finos;

1,72 <Mf <2,11 – fina;

2,12 <Mf <2,71 – média;

MF > 2,71 – argila com grãos grossos.

#### **3.4.1.6.4. Ensaio de Granulometria por Sedimentação**

O ensaio de granulometria por sedimentação foi feito segundo a NBR 7181 (1984), baseado no método de pipeta descrito pela American Society of Agronomy (1985):

#### **Princípio:**

Baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixa-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição e agitação de um dispersante. Pipeta-se um volume da suspensão, para determinar, primeiro, a concentração de argila + silte, e depois de um tempo determinado em função da temperatura, Pipeta-se para a

determinação da concentração de argila. A determinação da concentração das partículas correspondentes a argila e silte é feita após a secagem das amostras pipitadas em estufa.

### **Materiais Utilizados:**

- Pipeta com capacidade de 50 mL de volume (figura nº 22 (c));
- Bureta de 1,5 mm de diâmetro;
- Cilindros de cerca de 450 mm de altura, com traço de referência indicando 1000 mL de volume;
- Tanque para banho, com dimensões adequadas à imersão dos cilindros até o traço de referência, capaz de manter a temperatura da suspensão aproximadamente constante durante a fase de sedimentação;
- Termóstato calibrado a 32 °C para manter a temperatura constante dentro do tanque;
- Termómetro graduado;
- Cronometro;
- Balança que permite pesar nominalmente 320 g, 500 g e 200 g com resolução de 0,01 g, 0,001 g e 1 g;
- Dessecador que permite secar amostras sem absorver humidade (figura nº 22 (a));
- Aparelho de dispersão, com hélices substituíveis e copo (figura nº 22 (b));
- Latas recicladas de sardinha, devidamente limpas e enumeradas;
- Estufa capaz de manter a temperatura de 105 ao 110 °C (figura nº 24).

### **Procedimentos:**

1. Colocou-se, duas (2) amostras de 10,0 g de massa em latas que foram levadas a estufa à 105 °C durante 24 h, até constância de massa para obtenção do teor de humidade;
2. Numa garrafa plástica, de aproximadamente 250 mL de volume, colocou-se 10,0 g de argila, adicionou-se 10 mL de polifosfato de sódio (NaPO) n e 100 mL de água, agitou-se e deixou-se de repouso durante uma noite;
3. Passada a noite, transferiu-se o conteúdo da garrafa plástica para o copo metálico do aparelho de dispersão, com auxílio de um jato de água, com o cuidado de não exceder os 300 mL para não perder partículas durante a dispersão. Colocou-se o copo metálico no aparelho e agitou-se durante 10 minutos.
4. Passou-se o conteúdo já agitado ao cilindro de sedimentação e adicionou-se água até completar 1000 mL de volume, e foi colocado no tanque com a água previamente



- aquecida, a uma temperatura de 32,8 °C mantida com auxílio de um termóstato e um termómetro para garantir que ela seja constante, durante 24 h;
5. O procedimento 2 à 4 foi repetido mais 3 vezes e colocado em mais 3 cilindros, completando 4 cilindros de sedimentação e 1 cilindro em branco (contendo apenas 10ml de (NaPO)<sub>n</sub> e água até 1litro) para determinação de sais (figura n ° 23);
  6. Passadas 24 h, fez a agitação no cilindro colocado no tanque de sedimentação com um bastão (quem contem uma tampa de plástico na sua extremidade inferior), durante 20 segundos, ligando o cronómetro no fim da agitação. Fez-se a primeira pipeta aos 3 min e 39 segundos, onde foi colectado 25,37 mL de solução, com recurso a uma bureta de 1,5 mm de diâmetro. A introdução da bureta foi feita 30 segundos antes do tempo (aos 3 min e 9 segundos, à 10 cm de profundidade), a sucção pela boca foi feita de forma constante num tempo de 20 segundos e o volume pipetado foi colocado na lata de peso determinado e foi levado ao forno após a evaporação da água à temperatura de 105 °C para medição das massas de argila + silte + sais;
  7. Agitou-se novamente os cilindros durante 1 minuto, e deixou-se descansar por 6 h e 5 min a uma temperatura de 32,8 °C e foram feitas novas leituras a 10 cm de profundidade para determinação do teor de argila. Repetiu-se o procedimento em todos cilindros contendo solução + amostra e no cilindro em branco para determinação de sais.

Após a obtenção das massas em estufa segue-se o procedimento determinando as percentagens de argila e silte, de acordo com as equações 2, 3, 4 e 5.

$$M_p = M_a - \left[ \left( \frac{\text{Volume pipetado de sais}}{26,62} \right) \times 27,5 \right] \quad (2)$$

**Onde:**

$M_p$  – massa das partículas;

$M_a$  - massa da amostra = Peso da lata com solução – Peso da lata;

26,62 – volume usado para aferir o peso dos sais na solução da suspensão (mL);

27,5 – Peso de sais em 37,32 mL da solução do cilindro em branco (mg).

$$\text{Massa seca agitada} = \frac{\text{Massa húmida agitada}}{1+H} \quad (3)$$

**Onde:**

Massa húmida agitada – é a massa de solo colocado para misturar com dispersante (10g);

H – humidade da massa misturada com dispersante.

$$\text{Concentração de argila e silte} = \frac{\text{Massa das partículas (mg)}}{\text{Volume pipetado (mL)}} \quad (4)$$

$$\text{Porcentagem de argila e silte} = \left( \frac{\text{Concentração de argila e silte}}{\text{Massa seca agitada}} \right) \times 100 \quad (5)$$

A concentração de argila e silte foi obtida usando os volumes pipetados em 3 min e 39 segundos, sendo os restantes volumes colectado após 6 h e 5 min correspondentes a determinação da concentração de argila.



Figura nº 22: (a) Dessecador, (b) Aparelho de Dispersão e (c) Pipeta

Fonte: *Autora (2017)*



Figura nº 23: Tanque de Sedimentação contendo Cilindro com Solução e Água Aquecida a 32,8 ° C com Auxílio de um Termostato e Termómetro

Fonte: *Autora (2017)*

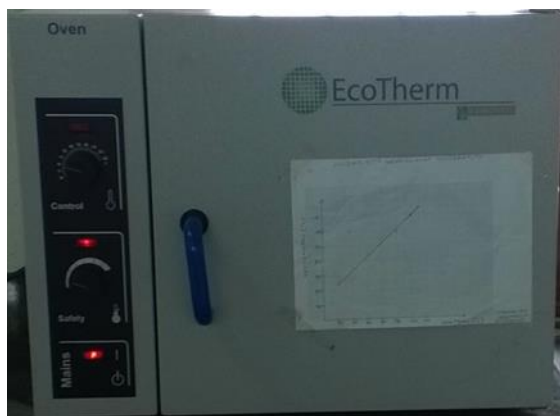


Figura nº 24: Estufa

Fonte: *Autora (2017)*

#### **3.4.1.7. Determinação do Teor de Humidade (W)**

A determinação do teor de humidade presente nas amostras, foi efectuada com base no método de estufa. Que segundo Lopes (2008), é um método preciso, pois apresenta valores muito próximos do verdadeiro grau de humidade da amostra, e baseia-se na secagem das amostras de peso conhecido, onde, as mesmas são depositadas em latas de metal e levadas ao forno onde são submetidas a uma temperatura de 105 ° à 110 °C, durante 24 h (até atingir massa constante) a fim de se obter a massa seca ( $M_s$ ) das amostras, e o W é determinado pela seguinte equação 6:

$$W_s = \frac{M_w}{M_s} = \frac{M_t - M_s}{M_s} \quad (6)$$

**Onde:**

**W<sub>s</sub>** - teor de água no solo a base de massa seca (g g<sup>-1</sup>);

**M<sub>w</sub>** - massa da água (g);

**M<sub>t</sub>** - massa de solo húmido ou massa total (g);

**M<sub>s</sub>** - massa de solo seco entre 105° – 110 °C de temperatura (g).

#### **3.4.1.8. Determinação do Índice de Plasticidade (IP)**

O IP foi obtido pela seguinte equação 7, proposta pelo Almeida (2005).

$$IP = LL - LP \quad (7)$$

**Onde:**

**LL** - limite de liquidez (%);

**LP** - limite de plasticidade (%).

#### **3.4.1.9. Determinação do Índice de Consistência (IC)**

Segundo Terzaghi citado por Pinto (2006) o IC é dado pela seguinte expressão 8:

$$IC = \frac{LL - w}{LP} \quad (8)$$

**Onde:**

**LL** – limite de liquidez (%);

**W** – humidade do solo (%);

**LP** – limite de plasticidade (%).

### **3.4.2. Verificação das Características Físicas da Argila para Produção de Materiais de Construção**

Para verificar se a argila de Chichocane possui características físicas adequadas para produção de materiais de construção compararam-se os resultados obtidos na análise das amostras com os parâmetros pré-estabelecidos por diversos autores, como necessários para as argilas a serem empregues na produção de materiais de construção, bem como foram usados os parâmetros de classificação descritos pelo SUCS.

As hipóteses foram testadas com base num teste de regressão linear simples, através de um pacote estatístico denominado Statistical Package for Social Science (SPSS), onde, foram estudadas e interpretadas as seguintes variáveis: coeficiente de Person (R), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), Erro amostral, F calculado.

## **IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Análise das Características Físicas da Argila do Jazigo de Chichocane**

#### **4.1.1. Extracção da Argila**

A argila foi extraída a aproximadamente um metro de profundidade, pois, após ser desprezada a camada superficial (de 30 a 40 cm), verificou-se ainda a existência de quantidades consideráveis de resíduos sólidos e matéria orgânica no solo.

Segundo Almeida (2005), para amostras destinadas a produção de materiais de construção, pouco interessa a camada superficial ou horizonte A, pois este contém quantidades elevadas de componentes orgânicos e resíduos sólidos que influenciam directamente na fraca resistência dos produtos finais. Sendo necessário remover a primeira camada de 30 a 40 cm de profundidade e de seguida extrair as amostras de solo nas restantes camadas (Araújo, 2009).

#### **4.1.2. Preparo da Matéria-Prima**

As amostras de argila foram depositadas ao ar livre, para o processo de estocagem, que após duas semanas, notou-se que o mesmo ocorria de forma rápida devido ao intenso calor que se fazia sentir na vila de Vilankulo, aumentando deste modo, o efeito de pressões sobre a argila. Para fazer face a este fenómeno as amostras foram cobertas por capim, que era humedecido uma vez por semana durante duas semanas.

Segundo a NBR 6457 (1986), as amostras de solo destinadas a ensaios de caracterização devem ser previamente secas, com a finalidade de fermentar ou eliminar as impurezas nelas presente, aumentar sua plasticidade, corrigir o efeito de pressões e evitar a formação de aglomerados de argila seca.

#### **4.1.3. Ensaio de Campo**

##### **4.1.3.1. Testes Táctil – Visuais**

A argila de Chichocane por meio de testes táctil-visuais, caracteriza-se como sendo um solo inorgânico, com partículas invisíveis a olho nú e quantidade elevada de material argiloso por, apresentar um tamanho de suas partículas bastante finas, com cores claras e brilhantes, acinzentadas com tendências a cores brancas e fácil de formar uma bola quando humedecida.

Segundo Neves *et al.*, (2005), as partículas visíveis a olho nú correspondem a areia e pedregulho e as restantes, a silte e argila, as cores claras e brilhantes são características de solos inorgânicos e as cores marrom escuro, verde oliva ou preta são características de solos orgânicos e ao esfregar, entre os dedos, uma porção de solo seco, pode-se identificar os tipos de partículas presentes pela sua textura, moldando-se uma bola com uma porção de terra humedecida, quanto mais argila presente, mais fácil será formar a bola.

#### **4.1.3.2. Queda da Bola**

As terras de Chichocane são bastante argilosas por serem fáceis de formar uma bola que quando é lançada ao chão de uma altura de um metro espalham-se menos e com maior coesão. Pois, para Neves *et al.*, (2005), para teste de queda da bola, o solo è avaliado consoante a sua forma de espalhamento da seguinte forma: terras arenosas espalham-se com desagregação e terras argilosas espalham-se menos e com maior coesão.

#### **4.1.3.3. Teste do Vidro**

De acordo com o gráfico n° 2 de teste de vidro apresentado por Faro (2017), o solo de Chichocane apresentou uma elevada concentração de partícula argilosas, aproximadamente 100%, pois, passada uma hora de ensaio a garrafa de vidro colocada sobre uma superfície horizontal sedimentou mostrando apenas argila concentrada, água limpa e matéria orgânica em suspensão.

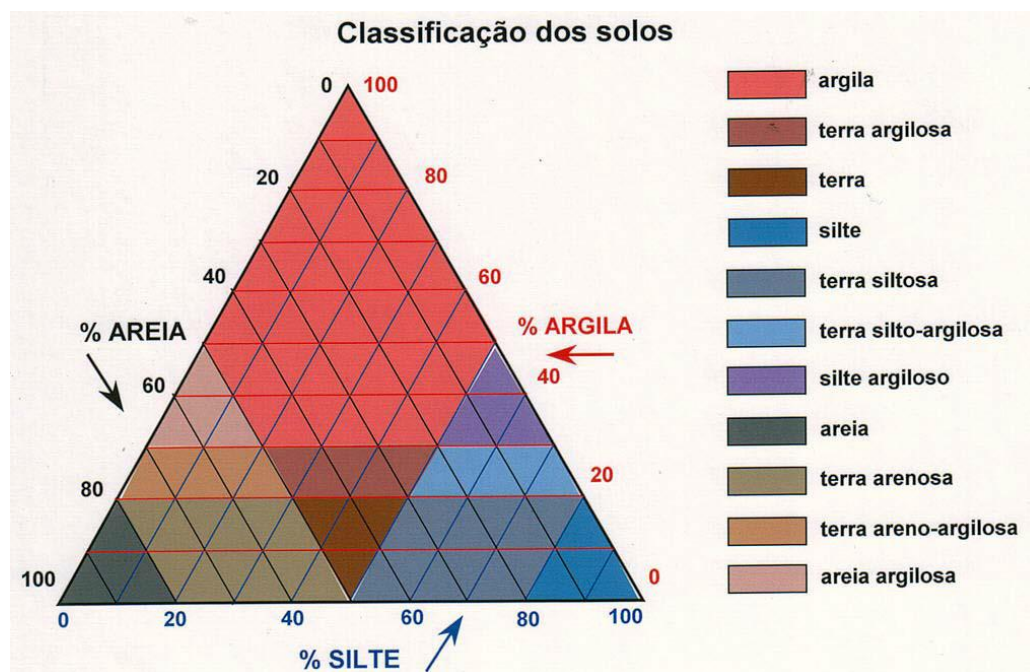


Gráfico nº 2: Diagrama de Classificação dos Solos pelo Teste do Vidro

Fonte: *Faro (2017)*

#### 4.1.3.4. Teste de Resistência Seca ou Pastilha

A tabela nº 4 apresenta os parâmetros de classificação de argila pelo método de resistência seca de uma pastilha formada usando tubos de diâmetro de 2 a 5 cm.

Tabela nº 4: Classificação da Argila Segundo a Resistência Seca

Resistência	Esforço de ruptura	Comportamento	Classificação e Interpretação
Grande	Resistente	Não se pulveriza	Solo inorgânico de alta plasticidade; argila.
Média	Pouco resistente	É possível reduzir os pedaços a pó	Terra argilo siltosa, terra argilo arenosa ou areia argilosa. Se for argila orgânica, não usar.
Fraca	Não resiste	Fácil desagregação	Falta de coesão. Solo silteoso inorgânico ou outro com pouca argila.

Fonte: *Faro (2017)*



Com base na tabela pode se afirmar que é uma argila inorgânica plástica, de grande resistência sem necessidade de pulverização, pois, após a secagem das pastilhas, foi necessário aplicar muita força para esmagar cada pastilha entre os dedos, indicador e o polegar.

#### 4.1.3.5. Teste de Rolo

Segundo Faro (2017), o teste de rolo pode ser classificado em função do comprimento do segmento rompido, da seguinte forma: se o cordão romper com menos de 80 mm, há insuficiência de argila, se a ruptura se der com comprimento entre 80 mm e 120 mm, tem-se a quantidade ideal de argila e comprimentos acima de 120 mm indicam argila em excesso. Desta forma, pelo teste de rolo, o solo de Chichocane possui quantidade ideal de argila pelo rolo formado ter se fragmentado á metade, aos 100 mm de comprimento.

#### 4.1.4. Ensaio de Laboratório

##### 4.1.4.1. Plasticidade

Os valores de LL, LP, IP e IC da argila de Chichocane obtidos em ensaio laboratorial são descritos na tabela nº 5.

Tabela nº 5: Valores Percentuais de LL, LP, IP e IC de Argila de Chichocane

Descrição	Propriedades (%)						
	LL	29,0	27,7	28,0	27,1	25,0	26,0
LP	20,6	20,1	20,0	19,4	18,8	19,7	20,7
IP	8,4	7,6	8,0	7,6	6,2	6,4	7,3
IC	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4

Fonte: *Autora (2017)*

De acordo com os parâmetros de plasticidade apresentados pela NBR 7180 (1984), o IP da argila em análise tem sua média em torno de 7,4 %, o que permite, com isso, classifica-la como uma argila de plasticidade média, pois, seu valor encontra-se dentro do intervalo do parâmetro para solos com plasticidade media ( $7 < IP \leq 15$ ). E segundo Terzaghi citado por Pinto (2006), o IC encontrado está em torno de 0,3 á 0,5, o que permite afirmar que a argila possui uma consistência média com tendências á mole, sendo, com isso, possível estimar sua resistência em torno de 25 a 100 kpa.

#### 4.1.4.2. Análise Granulométrica por Peneiramento

O gráfico n° 3 indica a curva granulométrica da argila de Chichocane obtida em ensaio granulométrico por peneiramento, representando as percentagens que passam em função do diâmetro de abertura das malhas onde os grãos ficaram retidos em cada peneiro.

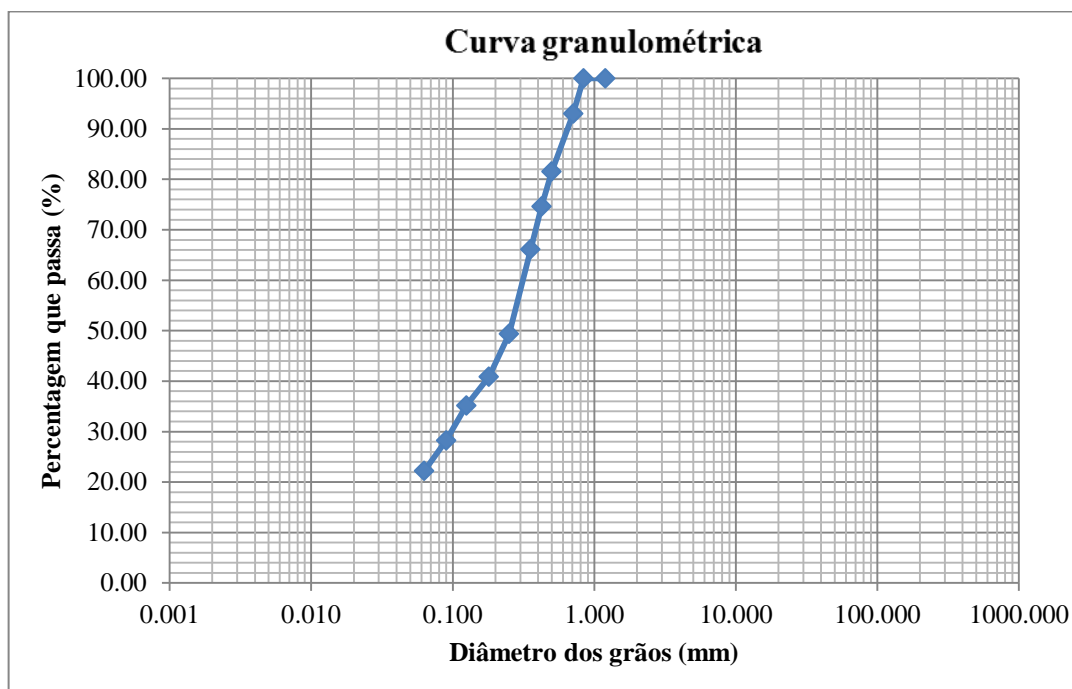


Gráfico n° 3: Curva Granulométrica

Fonte: *Autora (2017)*

De acordo com o gráfico n° 3, que apresenta uma distribuição granulométrica de grãos de argila de Chichocane bastante uniforme, o  $M_f$  encontrado é de 4,09, que permite afirmar, segundo a classificação da NBR 7217 (1987), estar perante um agregado fino grosso, ou seja, a argila de Chichocane possui grãos grossos porque seu módulo de finura é maior que 2,71. Sendo assim, a argila não poderá ser usada por si só na produção de peças cerâmicas, pois, por possuir grãos maiores, demandam pouca água, devendo-se assim, procurar mistura-la com pequena quantidade de argila de grãos finos, que demanda mais água, porém que possui índice de plasticidade considerável, pois no final a mistura irá demandar pouca água para a plasticidade necessária (Oliveira, 2002).

#### 4.1.4.3. Análise Granulométrica por Sedimentação

Segundo Petrucci citado por Morais e Sposto (2006), para a composição granulométrica mais adequada de uma argila a ser aplicada na indústria cerâmica é aquela que tem substâncias argilosas em torno de 60%, estando o resto do material dividido igualmente entre silte, areia fina e média (40%).

O gráfico nº 4 apresenta os valores percentuais da concentração de argila e silte, encontradas na argila de Chichocane, por meio de ensaio granulométrico por sedimentação.

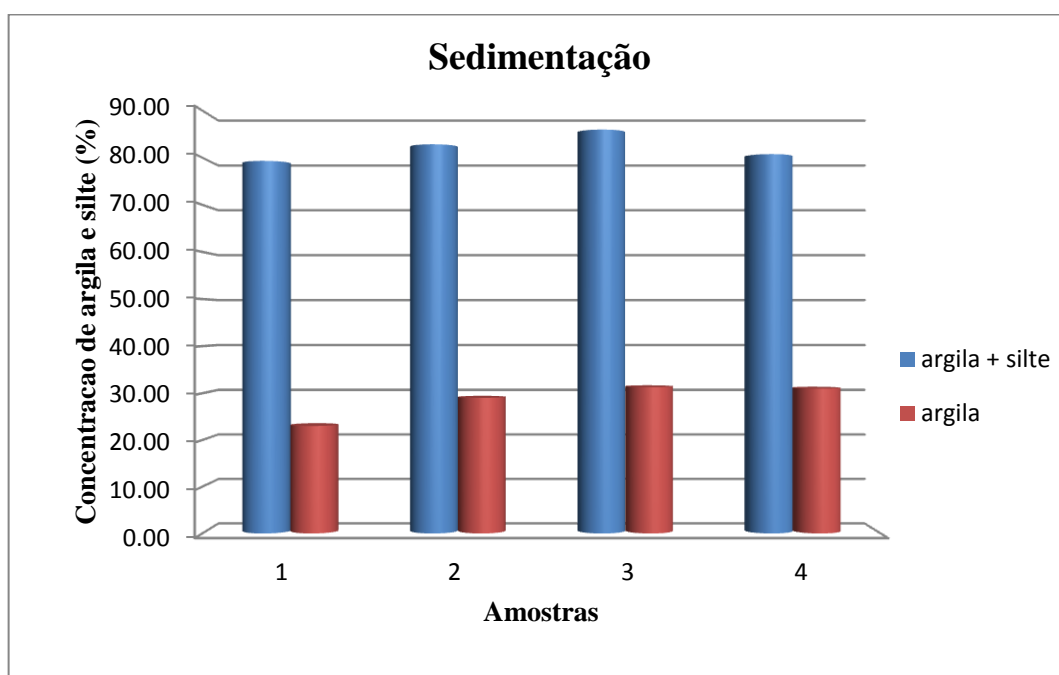


Gráfico nº 4: Sedimentação

Fonte: *Autora (2017)*

Comparando-se os valores percentuais da matéria-prima obtidos no ensaio de sedimentação com os números apresentados anteriormente por Petrucci, argila em torno de 60 e 40% para o restante, observa-se que a proporção de argila é inferior, correspondendo apenas, em média das análises feitas, á aproximadamente 29 %, sendo a proporção de silte bastante elevada estando em torno de 53 % num total de 82 % de concentração de partículas, como ilustrado no gráfico nº 4. Sendo assim, para o uso desta na produção de materiais cerâmicos, o ideal é que se realize a substituição de parte do silte por argila, elevando assim sua concentração.

## 4.2. Verificação das Características Físicas da Argila para Produção de Materiais de Construção Cerâmicos

### 4.2.1. Plasticidade

Segundo o SUCS normalizado pela ASTM, a argila de Chichocane é classificada como inorgânica de baixa plasticidade, com presença de silte, pois, tem seu  $LL < 50\%$  e  $4 \leq IP \leq 7$ . Sendo assim, o ideal é que, para produção de massas cerâmicas a argila de Chichocane seja misturada com uma outra argila muito plástica, e dependendo do grau de plasticidade pretendido, o material poderá adaptar-se perfeitamente a um processo de conformação, o que representará uma boa plasticidade (Almeida & Moreira, 2008).

### 4.2.2. Hipóteses

As tabelas nº 6 e 7 apresentam os parâmetros dos coeficientes de determinação e correlação de Person a serem usados em análises de regressão linear.

Tabela nº 6: Parâmetros de Coeficiente de Person em Análise de Regressão Linear

Coeficiente de Person	
$r = 0$	Correlação nula
$0 < r \leq 0,25$	Muito fraca
$0,25 < r \leq 0,5$	Fraca
$0,5 < r \leq 0,7$	Media
$0,7 < r \leq 0,9$	Forte
$0,9 < r \leq 1$	Muito forte
$r = 0,25$	Perfeita

Fonte: *Henriques (2011)*

Tabela nº 7: Parâmetros de Coeficiente de Determinação em Análise de Regressão Linear

Coeficiente de Determinação	
$r^2 = 0$	Correlação nula
$0 < r^2 \leq 0,5$	Fraca
$0,5 < r^2 < 1$	Forte
$r^2 = 1$	Perfeita

Fonte: *Henriques (2011)*

A tabela nº 8 apresenta os valores de R, R quadrado, erro-padrão, F calculado e F tabelado ao nível de 1 e 5 % de confiança obtidos em análise de regressão linear das características da argila de Chichocane (granulometria e plasticidade).

Tabela nº 8: Valor de Estatística de Regressão para Características da Argila de Chichocane

<b>Estatística de Regressão</b>				
<b>R múltiplo</b>	<b>R quadrado</b>	<b>Erro-padrão</b>	<b>Fcal</b>	<b>Ftab</b>
0,85	0,72	0,51	15,19	$F_{1\%}=13,75$
				$F_{5\%}=5,99$

Fonte: *Autora (2017)*

#### **4.2.2.1. Coeficiente Determinação e Coeficiente de Person**

Deste modo, com base no R múltiplo e R quadrado (tabela nº 8) existem evidências suficientes para afirmar que existe uma correlação forte entre as características da argila de Chichocane, pois seus valores, encontram-se dentro dos parâmetros de correlação forte anteriormente apresentados por Henriques.

#### **4.2.2.2. Teste F**

O F calculado é maior que o F tabelado a nível de 1 e 5 % de confiança (tabela nº 8), assim sendo, com 95 e 99% de confiança aceita-se a hipótese alternativa (H1), o que significa que a argila do jazigo de Chichocane possui condições técnicas adequadas para seu uso na produção de materiais de construção.

#### **4.2.2.3. Análise de Resíduos**

O gráfico nº 5 apresenta os resultados da análise de resíduos da argila de Chichocane.

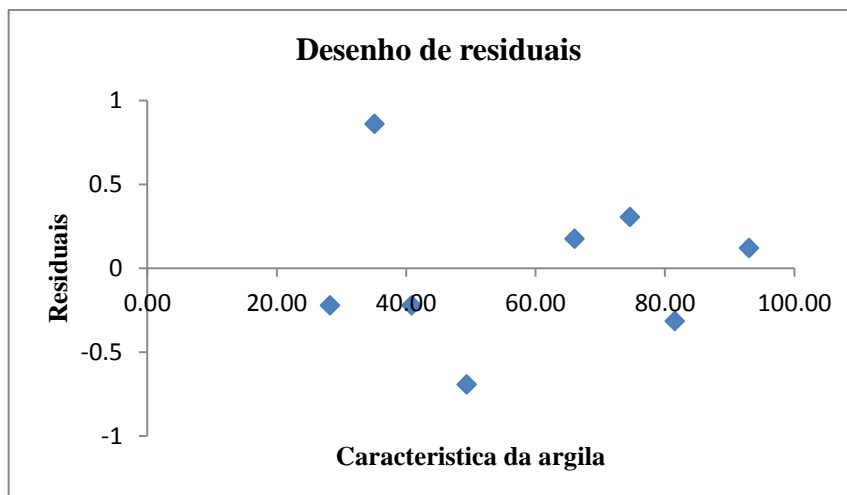


Gráfico n° 5: Desenho de Resíduos

Fonte: *Autora (2017)*

Deste modo, com base na situação ilustrada no gráfico n° 5, não existem razões para duvidar da homogeneidade de variâncias, pois, os pontos estão próximos a recta (entre o intervalo de -1 a 1), os erros são independentes e seguem uma distribuição normal (Henriques, 2011).

## V. CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

### 5.1. Conclusão

Das análises feitas, e segundo os objectivos que se propunha atingir pode-se tirar as seguintes conclusões:

A argila de Chichocane é inorgânica, siltosa, pouco plástica, constituída de partículas de dimensões finas-grossas com cores claras e brilhantes, fácil de formar uma bola quando humedecida que quando é lançada a uma altura de um metro sobre uma superfície plana espalha-se menos e com maior coesão, necessitando, deste modo, de ser misturada com outra argila de grãos finos, que demanda mais água, para sua aplicação na produção de materiais de construção cerâmicos, tornando assim, mais fácil o processo de moldagem ou conformação de peças cerâmicas;

Os coeficientes de determinação, correlação de Person, teste F e resíduos mostraram existir um forte ajuste entre as características da argila do jazigo de Chichocane, permitindo desse modo, com 99% de confiança afirmar que a argila possui condições técnicas adequadas para seu uso na produção de materiais de construção.

### 5.2. Recomendações

Considerando o actual cenário de insuficiência de recursos financeiros para aquisição de materiais de construção convencionais, para a construção de habitações, escolas, mercado e postos de saúde condignos no povoado de Chichocane e em diversos pontos do município de Vilankulo, são apresentadas algumas recomendações às indústrias produtoras de materiais de construção e ao Serviço Distrital de Planeamento e Infra-estruturas com objectivo de impulsionar a traçar estratégias para reverter este cenário:

- Apostar na produção de materiais de construção usando recursos locais e duráveis (argila de Chichocane);
- Ao se empregar a argila de Chichocane na produção de peças cerâmicas, recomenda-se que, seja misturada com uma argila de grãos muito finos e por consequente, de maior plasticidade, de modo a facilitar o processo de conformação das peças, reduzir a quantidade de silte e aumentar a probabilidade de se obter produtos de boa qualidade.

### 5.3. Sugestões

Com o objectivo de explorar-se melhor os recursos naturais para o desenvolvimento das comunidades:

- Sugere-se que, sejam desenvolvidos mais estudos que fornecem dados técnico-científicos de matérias-primas usadas na construção, sobre tudo pelas comunidades rurais para uma maior eficácia e eficiência na aplicação desse recursos;
- Sugere-se também, que se dê continuidade ao estudo da argila de Chichocane, avaliando-se as características mecânicas do seu produto final, para um maior suporte das características físicas encontradas.



## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, G. C. P (2005). *Caracterização física e classificação dos solos*. Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de engenharia - Departamento de transportes, Brasília.
- Almeida, J. L. A. & Moreira, G. C. (2008). *Avaliação da qualidade dos blocos cerâmicos para alvenaria de vedação*. Curitiba, Brasil.
- American Society for Testing and Materials. (1983). *Critérios de identificação e Classificação de Solos*.
- American Society of Agronomy. (1985). *Métodos de ensaios de granulometria*.
- Araújo, H.G. (2009). *Manualização de construção em Adobe*. Centro de tecnologia, Fortaleza, Brasil.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1984). *Análise granulométrica de solos: Método de ensaio - NBR 7181*, Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1984). *Determinação do limite de liquidez de solos - NBR 6459*, Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1984). *Determinação do limite de plasticidade do solo - NBR 7180*, Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1987). *Determinação do módulo de finura, ensaio de granulometria - NBR 7217*, Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1989). *Especificação de peneiros para o ensaio de granulometria - NBR 5734*, Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1986). *Preparação de amostras para ensaio de compactação e ensaio de caracterização: Método de ensaio - NBR 6457*, Rio de Janeiro.
- Bustamante, G. M. & Bressiani, J. C. (2000). *A indústria cerâmica brasileira*. Brasil.
- Denscombe, M. (2014). *The good research guide*. London and New York: fifth edition.
- Faro, V. P. (2017). *Laboratório de mecânica dos solos*. Universidade Federal do Paraná, Brasil.
- Guerra, D. L., Airoidi, C., Lemos, V. P. & Angélica, R. S. (2008). *Adsorção, performances termodinâmica e cinética de Al/Ti and Al/Zr-argilas pilarizadas da região amazônica brasileira para a remoção de cátions de zinco*. Amsterdão, Holanda.

- Hagemann, S. E. (2011). *Apostila de materiais de construção básicos*. Universidade Aberta do Brasil do Instituto Federal, Rio Grande do Sul.
- Henriques, C. (2011). *Análise de regressão linear simples e múltipla*. Viseu.
- Instituto Nacional de Estatística. (2007). *Recenseamento geral da população e habitação*. Moçambique.
- Lopes, M. S. (2008). *Método de estufa para determinação do grau de humidade*. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- Macedo, R. S. (1997). *Estudo das matérias-primas e tijolos cerâmicos furados produzidos no Estado da Paraíba*. Universidade Federal da Paraíba, Brasil.
- Meira, J. M. L. (2001). *Conceito, propriedade e classificação das argilas*.
- Mello, I. S. (2011). *Argila de ocorrência de alto diamantino – mt utilizada para adsorção de cádmio: estudos cinéticos e termodinâmicos*. Programa de pós-graduação em geociências geoquímica de minerais e rochas, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil.
- Ministério de Administração Estatal. (2014). *Perfil do distrito de Vilankulo*. Moçambique.
- Morais, D. M. & Sposto, R. M. (2006). *Propriedades tecnológicas e mineralógicas das argilas e suas influências na qualidade de blocos cerâmicos de vedação que abastecem o mercado do distrito federal*. Programa de pós-graduação em estruturas e construção civil, Universidade de Brasília, Brasil.
- Neves, C. M., Faria, O. B., Rotondaro, R., Cevallos P. S. & Hoffmann, M. (2005). *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo*. Monsaraz, Vila Nova de Cerveira, Portugal.
- Oliveira, E. (2011). *Materiais cerâmicos*. Campus Rio Grande Materiais de Construção. Brasil.
- Oliveira, K. R. B. (2002). *Avaliação dos blocos cerâmicos produzidos para a região metropolitana de Goiânia*. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.
- Oliveira, W. C. (2007). *Caçadores colectores na Amazônia*. Programa de pós-graduação em arqueologia, Universidade de São Paulo, Museu de arqueologia e etnologia, São Paulo.
- Pinto, C. S. (2006). *Curso Básico de Mecânica dos Solos*. São Paulo: 3ª ed.

- Rocha, F. N., Suarez, P. A. Z. & Guimarães, E. M. (2014, Junho 12). Argilas e suas aplicações em utensílios e materiais cerâmicos. *Revista Virtual de Química*, volume 6, nº 4.
- Wang, C. C., Juang, L. C., Lee, C. K. & Chao, H. P. (2004). *The effects of exchanged cation, compression, heating and hydration on textural properties of bulk bentonite and its corresponding purified montmorillonite*. *Journal of Colloid and Science*, 280, 27-35.

# **APÊNDICES & ANEXOS**

## APÊNDICES

**Apêndice nº 1:** Imagens que Ilustram as Condições das Habitações e Salas de Aulas do Povoado de Chichocane



**Imagem nº 1:** Condições da Maior Parte das Habitações de Chichocane



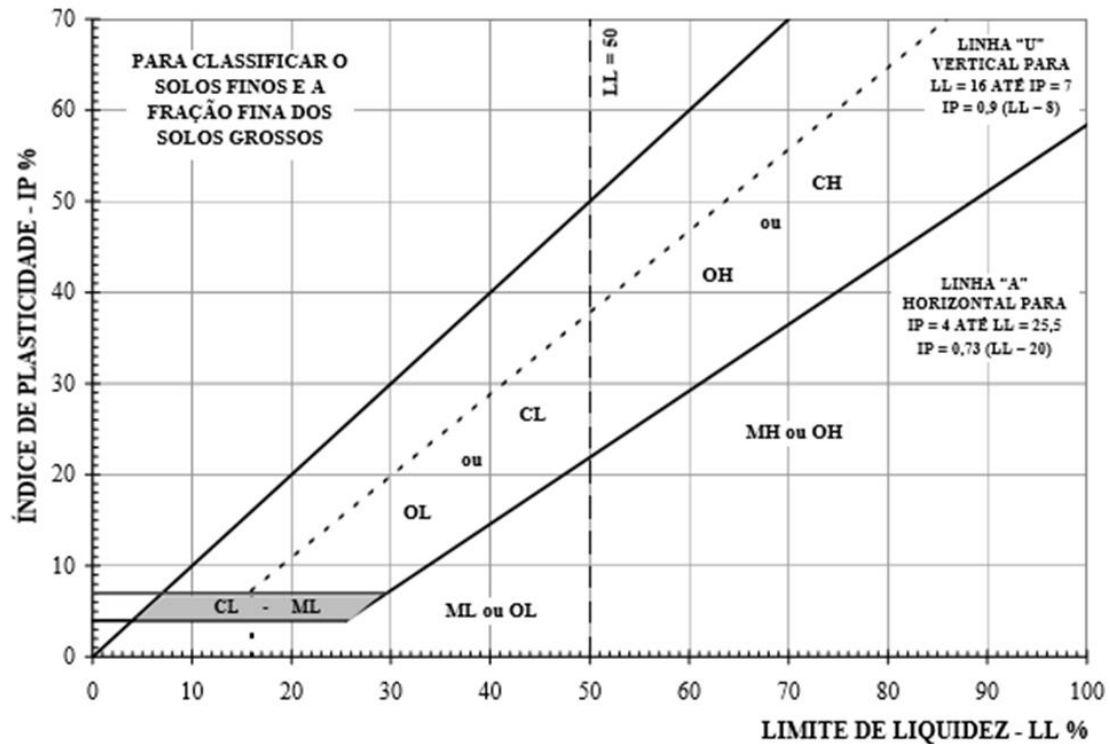
**Imagem nº 2:** Sala de Aulas da Escola Primária do Primeiro e Segundo Grau de Chichocane



**Imagem nº 3:** Condições Internas das Salas de Aulas do Povoado de Chichocane

## ANEXOS

**Anexo nº 1: Figura nº 1:** Gráfico de Plasticidade de Casagrande para Identificação e Classificação de Solos Pelo Método de SUCS



**Figura nº 1:** Gráfico de Plasticidade de Casagrande para Identificação e Classificação de Solos Pelo Método de SUCS

Fonte: *ASTM (1983)*

**Anexo nº 2: Tabela nº 1:** Lista de Significado dos Símbolos de Classificação

**Tabela nº 1:** Lista de Significado dos Símbolos de Classificação

G	gravel	Cascalho (pedregulho)
S	sand	areia
C	clay	argila
W	well graded	bem graduado
P	poor graded	mal graduado
F	fines	finos (pás. # 200)
M	mo	mó ou limo (areia fina)
O	organic	matéria orgânica
L	low liquid limit	LL baixo
H	high liquid limit	LL alto
Pt	peat	turfa

Fonte: *ASTM (1983)*

**Anexo nº 3: Tabela nº 2:** Critérios de Classificação do Sistema Unificado de Classificação de Solos

**Tabela nº 2:** Critérios de Classificação do Sistema Unificado de Classificação de Solos

CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DOS SUBGRUPOS E NOMES DOS GRUPOS USANDO ENSAIOS DE LABORATÓRIO				CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS		
				SÍMBOLO GRUPO	NOME DO GRUPO	
Solos Grossos $Pr_{200} > 50\%$	Pedregulhos mais que 50% da fração grossa retida na peneira 4,8mm (# 4)	Pedregulhos limpos $Pp_{200} < 5\%$ [3]	$Cu \geq 4$ e $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Pedregulho bem graduado 5	
			$Cu < 4$ e/ou $1 > Cc > 3$	GP	Pedregulho mal graduado 5	
		Pedregulhos com finos $Pp_{200} > 12\%$ [3]	Finos classificados como	ML MH	GM	Pedregulho siltoso 5, 6, 7
				CL CH	GC	Pedregulho argiloso 5, 6, 7
	Areias mais que 50% da fração grossa passa na peneira 4,8mm (#4)	Areias limpas $Pp_{200} < 5\%$ [4]	$Cu \geq 6$ e $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Areia bem graduada 8	
			$Cu < 6$ e/ou $1 > Cc > 3$	SP	Areia mal graduada 8	
		Areias com finos $Pp_{200} > 12\%$ [4]	Finos classificados como	ML MH	SM	Areia siltosa 6, 7, 8
				CL CH	SC	Areia argilosa 6, 7, 8
Solos Finos $Pp_{200} \geq 50\%$	Siltes e argilas $LL < 50\%$	Inorgânicos	$IP > 7$ , pontos sobre ou acima da linha A [9]	CL	Argila pouco plástica 10, 11, 12	
			$IP < 4$ , pontos abaixo da linha A [9]	ML	Silte 10, 11, 12	
		Orgânicos	$LL_{seco} < 0,75 LL_{natural}$	OL	Argila orgânica 10, 11, 12, 13 Silte orgânico 10, 11, 12, 14	
	Siltes e argilas $LL \geq 50\%$	Inorgânicos	Pontos sobre ou acima da linha A	CH	Argila muito plástica 10, 11, 12	
			Pontos abaixo da linha A	MH	Silte elástico 10, 11, 12	
		Orgânicos	$LL_{seco} < 0,75 LL_{natural}$	OH	Argila orgânica 10, 11, 12, 15 Silte orgânico 10, 11, 12, 16	
Solos altamente orgânicos	Principalmente matéria orgânica, cor escura e cheiro		PT	Turfa		

Fonte: ASTM (1983)