

COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE ARGAMASSAS DE ALVENARIA UTILIZADAS EM SAURIMO

Autores: José Bangula

Esmeraldina Maria Cariata Domingos

E-mail: josebangula2014@gmail.com e esmeraldina1970@gmail.com

RESUMO Data de recepção: 28/03/2020

Data de aceitação: 07/05/2020

O presente trabalho aborda uma pesquisa experimental, sobre o estudo do comportamento estrutural das argamassas de alvenarias utilizadas em Saurimo, que passa pela análise das principais propriedades que apresenta como material, neste sentido os resultados de resistências mecânicas; flexão e compressão, oferecem um importante parâmetro de avaliação para um determinado desempenho. Está encaminhado para a análise do comportamento resistente de amostras de argamassas elaboradas com areia fina natural Caxico I e sua comparação com os resultados obtidos com areia Caxita-Muandondji, tomada como referência, onde ambas as areias podem ser utilizadas como matéria prima para confecção de argamassas de revestimentos, ao apresentar comportamento resistente adequado para estes desempenhos.

Palavras-chaves: Argamassas, Resistência Mecânica

STRUCTURAL BEHAVIOR OF MASONRY MORTARS USED IN SAURIMO

ABSTRACT

The present work approaches an experimental research, on the study of the structural behavior of masonry mortars used in Saurimo, which goes through the analysis of the main properties it presents as material, in this sense the results of mechanical strengths; flexion and compression, offer an important evaluation parameter for a given performance. It is directed to the analysis of the resistant behavior of mortar samples made with natural fine sand Caxico I and its comparison with the results obtained with Caxita-Muandondji sand, taken as a reference, where both sands can be used as raw material for making mortars of coatings, by presenting resistant behavior suitable for these performances.

Keywords: Mortars, Mechanical Resistance

Introdução

As Argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais.

Uma argamassa de qualidade deve ser elaborada e produzida para obter o melhor desempenho e durabilidade. Deve-se ter como enfoque algumas propriedades, tais como plasticidade, aderência no estado fresco e endurecido, ausência de fissuras, resistência à abrasão e compressão, entre outras. A qualidade da argamassa depende tanto do preparo e manuseio adequados (tempo de mistura, tempo de utilização, aplicação e acabamento), como das características dos materiais a utilizar.

Várias poderão ser as causas que propiciam um mau desempenho das argamassas, destacando-se as que são directamente dependentes da própria argamassa e as que dependem directamente do suporte e da qualidade de colocação. No caso das argamassas tradicionais, que representam a solução mais utilizada e para as quais existe já um conhecimento empírico e experimental decorrente da sua longa utilização, as dificuldades associadas ao controlo eficaz da produção ditam um dos principais problemas deste tipo de argamassas. Outro aspecto importante prende-se com a formulação inadequada das argamassas que na maior parte dos casos não tem em conta as características específicas dos agregados (areias) utilizados.

Desenvolvimento

As distintas normativas não diferem na definição das argamassas, assim, para a NBR 7200 (ABNT, 1998), argamassa é a mistura de aglomerantes, agregados e água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência. A NBR 13281 (ABNT, 2001) por sua vez descreve que argamassa é a mistura homogênea de agregado(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivo e adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalações próprias (argamassas industrializadas).

A ASTM C 270-00 *Standard Specification for Mortar for Unit Masonry*, ao definir as argamassas de alvenaria, especifica que um dos propósitos é o de unir as unidades ou rochas dentro de uma armação, actuando como um elemento integral, possuindo características de desempenho funcional desejadas.

É de notar que em nenhuma das definições anteriores se especifica o cumprimento de determinados parâmetros em relação à vida útil nem de durabilidade das argamasas.

Nos últimos tempos estão a notar que os revestimentos, mais utilizados no nosso território, obedecem à utilização do chapisco e uma só camada de terminação executada de forma directa. A camada única é actualmente a alternativa mais utilizada no Saurimo.

Cada uma das matérias primas componentes das argamassas possui as suas próprias funções, assim, por exemplo, o cimento tem a função de unir ou ligar os diversos componentes, proporcionando resistência mecânica ao conjunto, assim como resistência aos agentes do intemperismo, propiciando assim uma maior durabilidade.

O cimento é um aglomerante, mais utilizado nos momentos actuais para a confecção das argamassas, destacando o portland tipo II de uso ordinário nas construções. Curi (2001) sustenta que a grande aceitação do cimento portland como aglomerante nas argamassas de revestimento por cima dos de cal, esteve condicionado por proporcionar boas resistências iniciais, associando a idéia de que proporcionaria boa durabilidade, não proporcionar os inconvenientes apresentados pela cal aérea, tais como dificuldades em conseguir uma hidratação homogênea e elevado tempo de endurecimento e de aderência aos parâmetros, além de ser o cimento um produto mais homogêneo e fácil de usar.

Para o uso de argamassas utilizam-se areias formadas por grãos de um diâmetro inferior a 5 mm, resultantes de desagregação de diversas rochas, que atendendo à sua procedência, podem ser naturais ou artificiais.

Materiais e Métodos

Segundo a NC 175 de 2002, a resistência à compressão aos 28 dias é geralmente usada como critério principal para avaliar as argamassas, já que é relativamente fácil de medir e usualmente se relaciona com outras propriedades, como a aderência e absorção da água. A resistência à compressão aumenta com o incremento do conteúdo de cimento e diminui com o aumento da água, areia e conteúdo de ar. E baseado nos trabalhos de (Carasek, 2007).

Amostras de argamassas elaboradas com areia fina natural Caxico I e sua comparação com os resultados obtidos com areia Caxita-Muandondji, tomada como referência. Para isso elaboraram-

se as seguintes misturas experimentais.

Tabela 1. Dosificação por volume. Fonte: autores

| Misturas Experimentais (Dosificação por Volume) | | | |
|---|---------|----------|-------------------|
| Mistura | Cimento | Caxico I | Caxita-Muandondji |
| I | 1 | 4 | |
| II | | 6 | |
| III | 1 | | 4 |
| IV | | | 6 |

No estudo experimental realizado, utilizaram-se os materiais disponíveis no território do Saurimo.

Cimento

O cimento Portland Tunga I responde à denominação CEM II / A-L 32,5 N (figura abaixo) elaborado por Cimangola, é um cimento de uso geral. Os ensaios físico-mecânicos realizados no laboratório do Cimangola apresentam-se na tabela abaixo. Os resultados dos ensaios físicos realizados, indicam cumprimento das especificações do cimento utilizado estabelecidas na EN 197.



Figura 1: Cimento Tunga Cimangola. Fonte: autores

Tabela 2. Ensaio Físico-Mecânicos do Cimento. Fonte: autores

| Ensaio Físico-Mecânicos Cimento | |
|---|------|
| Peso Específico (g/cm ³) | 3,12 |
| Finura (% Retido Tamiz # 170) | 8.0 |
| Superfície Específica Blaine (cm ² /g) | 2876 |
| Tempo de Fraguado Inicial (min) | 85 |
| Tempo de Fraguado Final (horas) | 4,2 |
| Consistencia Normal (%) | 23 |
| Resistência à Compressão 7 dias (MPa) | 22,8 |
| Resistência à Compressão 28 dias (MPa) | 35,7 |
| Massa Volúmica (kg/m ³) | 1150 |

Areias

Dois tipos de areias foram utilizados no trabalho, Caxico I e Caxita- Muandondji. A areia Caxico I, caracterizada por partículas de areias médias amareladas sem coesão e sem matéria orgânica (areias limpas). Esta foi recolhida numa região constituída por 3 camadas. A primeira camada dos 0,0 m até 1,0 m trata-se de areia fina acizentada com presença de húmus. A segunda camada 1,0 m até 3,0 m trata-se de areia média amarelada (limpa); é utilizada no trabalho e a terceira camada superior a 3 m, trata-se de uma camada argilosa com tonalidade laranja e presença de saponite.



Figura 2: Areia Caxico I utilizada no trabalho. Fonte: autores

Esta areia encontra-se localizada na parte sul de Saurimo, a 15 kilómetros da cidade. Exploram-se actualmente quatro depósitos de interesses práticos, de onde se extraem areia, para além de “burgau”.

A areia Caxita-Muandondji procede da trituração das rochas metamórficas tipo granodioritas de composição feldespática do minério próximo da barragem do rio Chicapa, pelo controlo da sua produção constituiu-se numa areia de adequada qualidade. Desde aí a consideração de areia de referência.



Figura 3: Areia Caxita Muandondji utilizada no trabalho. Fonte autores

As amostras foram tomadas por esquetejo manual. Durante o esquetejo manual procedeu-se a homogenização da amostra para que os ensaios fossem representativos. A amostra foi colocada

sobre uma superfície lisa, limpa, seca e isenta de matérias estranhas, misturando-se com uma pá limpa, atirando repetidas vezes o material dos bordos para o centro. Misturou-se todo o material dando-lhe forma circular, com espessura uniforme. Dividiram-se com a pá duas sarjetas diametrais e perpendiculares, eliminando-os sectores opostos, ficando aproximadamente a metade do material. Dos sectores escolhidos foram tomadas as quantidades necessárias para os ensaios.

O ensaio de granulometria foi realizado segundo os requerimentos expressos nas normativas. O procedimento apoia-se na determinação das frações granulométricas da areia, para uma amostra de 500 g ou mais, por meio de um movimento lateral e vertical da peneira, acompanhado de uma acção de sacudida de maneira que a amostra se mova continuamente sobre a superfície das peneiras.

No nosso caso, foi utilizado o vibrador mecânico de peneiras, utilizando as aberturas 9,52 mm; 4.76 mm; 2.38 mm; 1.19 mm; 0.59 mm; 0.295 mm e 0.149 mm com peso amostra de 725,8 g para amostra Caxico I e 500 g para Caxita-Muandondji.

Como consequência da vibração, as partículas foram separadas em função das suas dimensões, passando por cada peneira os grãos mais finos e ficando retidos os mais grossos. O material mais fino ficou acumulado no recipiente final sem orifícios, o “fundo”. Terminada a peneiração, o material retido em cada peneira foi pesado e tabulados os resultados obtidos segundo se mostra na tabela seguinte.

Tabela 3. Comportamento granulométrico das areias. Fonte: autores

| Areias | Peneiras (mm) | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|------|------|---------|----------|--------|--------|-------|
| | 12,7 | 9,52 | 4,76 | 2,38 | 1,19 | 0,59 | 0,295 | 0,149 |
| Caxico I | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 94,6 | 29,32 | 3,22 |
| Caxita-Muandondji | 100 | 100 | 99 | 90 | 75 | 42 | 12 | 4 |
| Especificações ASTM C 144- 91 | 100 | 100 | 100 | 95 -100 | 70 - 100 | 40 -75 | 10 -35 | 2 -15 |

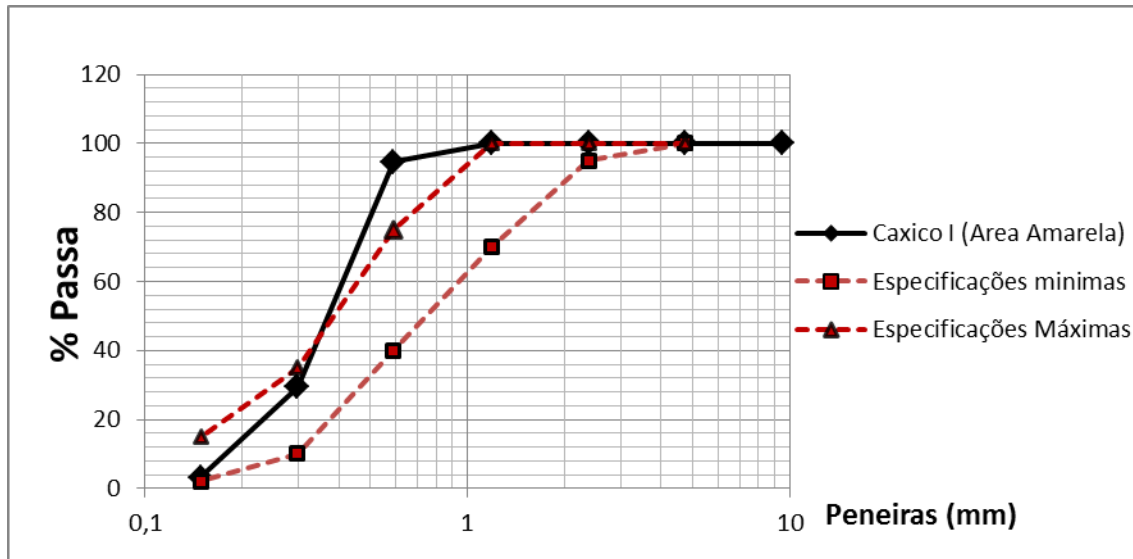


Gráfico 1. Distribuição Granulométrica Caxico I. Fonte autores

Com os resultados granulométricos foi calculado o MF de cada uma das areias segundo a expressão (1).

$$MF = \frac{\sum \%RA}{100} \quad (1)$$

A ASTM C 136-96, recusa as areias que não tenham o MF entre 2,30 -3,10. Entretanto a NC 251-2005 expõe que o MF da areia deve estar compreendido no intervalo entre 2.20 - 3.58. O MF define-se por acima de 3.2 são consideradas areias grossas, entre 2.10 a 3.2, areias médias e abaixo de 2,10 areias finas.

O resultado do MF para a areia Caxico I é 2,71, classificando-a como areia média. A areia Caxita-Muandondji classificada como areia grossa com o MF igual a 3.64 com melhor comportamento granulométrico, mais adequada para a obtenção de esboços e concretos.

É de observar que a areia Caxico I não cumpre com as especificações granulométricas, somente nas peneiras No 50 (0.295 mm) e No 100 (0.149 mm), cumpre com as especificações.

Peneiras superiores não retêm areia, pelo que se define como uma areia de finura média. É de supor que para misturas de consistência normal, precisa-se de maiores quantidades de água, dada a alta superfície específica, por isso é de esperar variações nos valores da resistência. Este tipo de areia, pela sua finura, resultaria apropriada para argamassas para rebocos de terminação, não

assim para a elaboração de concretos ao requerer maiores consumos de água por apresentar alta superfície específica.

Como se aprecia no gráfico 2, a areia artificial Caxita-Muandondji tem um melhor comportamento granulométrico, só deixando de cumprir as especificações na peneira No 8 (2.38 mm).

É de esperar melhor comportamento nos valores de resistência da argamassa dado pela continuidade e menor conteúdo de partículas finas que tornam menor a superfície específica.

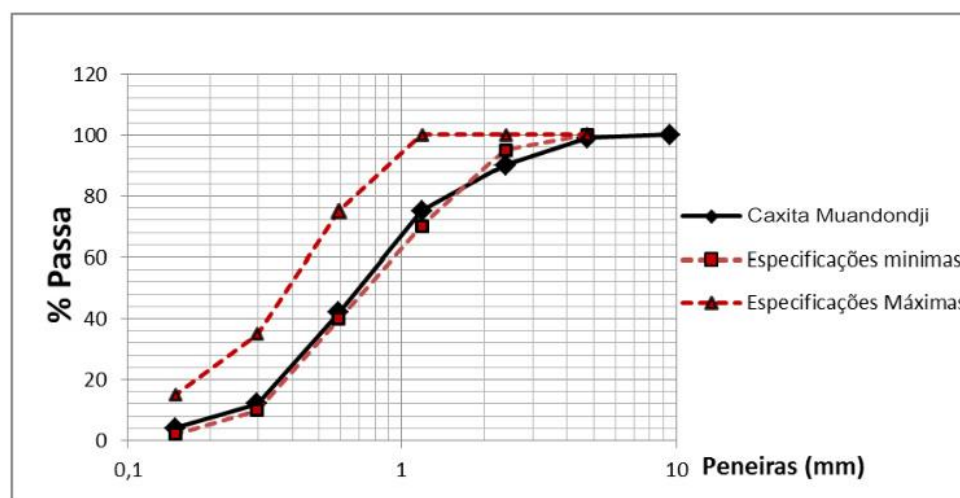


Gráfico 2. Distribuição Granulométrica Areia Caxita-Muandondji. Fonte autores

A compactação nas outras capas deve ser só na espessura das mesmas. Depois iguala-se a superfície com uma régua de bordos rectos e fortes e por último, efectua-se a pesagem do recipiente cheio.

As características físicas das areias estudadas aparecem na Tabela 4.

Tabela 4 - Características físicas das areias. Fonte autores

| Amostra | PEC (g/cm ³) | PEA (g/cm ³) | PES sh (g/cm ³) | Absorção (%) | Peneira 200 (%) | Massa Volúmica solta (kg/m ³) | Massa Volúmica compacta (kg/m ³) |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------|--|---|
| Caxico I | 2,604 | 2,63 | 2,614 | 0,38 | 1,54 | 1440 | 1680 |
| Caxita- Muandondji | 2,57 | 2,67 | 2,6 | 1,6 | 3 | 1435 | 1638 |

Onde:

PEC: Peso específico corrente.

PEA: Peso específico aparente.

PES sh: Peso específico saturado sem humidade superficial

Preparação das misturas de argamassas

As misturas de argamassas elaboraram-se segundo procedimentos expressos na normativa ASTM C 270-00. Utilizaram-se moldes para provetas prismáticas de 4 cm x 4 cm x 16 cm elaborados pelos autores. As provetas foram cheias em duas etapas compactadas com varinha 25 golpes por capas e a terminação da superfície posteriormente. Todas as provetas foram desmontadas às 24 horas e mantidas em água até o dia de ensaio.

Para a confecção das argamassas em todas as amassaduras os traços volumétricos adoptados foram segundo a tabela de misturas experimentais do trabalho, que com base nas baridades de cada constituinte calculadas anteriormente, foi convertido em massa (g) e para uma amassada de volume 1,5 litros na betoneira do laboratório temos a dosificação em peso que aparece na tabela 5.

As quantidades de água ficaram estabelecidas para consistências de 14 ± 2 cm medidas a partir de padrão visual estabelecido dada as limitações do laboratório de não contar com a mesa de fluidez para a realização do ensaio de consistência.

O processo de mistura foi realizado durante um minuto na misturadora de eixo vertical com movimento de rotação sobre seu eixo e movimento planetário do laboratório.

Tabela 5 - Dosificações em peso (g). Fonte autores

| Misturas Experimentais Dosificação por peso (g) | | | | | |
|---|---------|----------|-------------------|----------|------|
| Mistura | Cimento | Caxico I | Caxita-Muandondji | Agua (g) | a/c |
| I | 345 | 1728 | | 224,25 | 0,65 |
| II | 247 | 1845 | | 192,66 | 0,78 |
| III | 345 | | 1722 | 210,45 | 0,61 |
| IV | 247 | | 1845 | 172,9 | 0,7 |

Caracterização mecânica

A determinação dos valores de resistência à flexão e a compressão realizaram-se segundo procedimento da NBR 13279 e na NC 173- 2002. Baseou-se na determinação das resistências mecânicas à compressão e à flexão aos 28 dias.

Os valores de resistência à flexão foram determinados segundo a expressão (2):

$$\sigma_f = 1,5 \frac{F_{m\acute{a}x} \cdot L}{bd^2} \quad [MPa] \quad (2)$$

Onde:

σ_f : Resistência à flexão (MPa ou N/mm²).

F_{máx}: Carga aplicada no centro do prisma na rotura (N);

L: Distância entre apoios (100 mm);

b: Largura do prisma (40 mm);

d: Espessura do prisma (40 mm).

Para a determinação das resistências à flexão, na ausência do dispositivo no laboratório, confeccionou-se um aparelho equivalente ajustado às dimensões próprias do ensaio, tal como se mostra na figura 5.

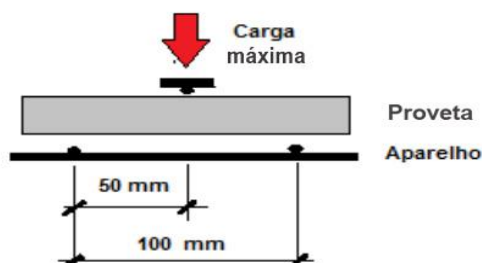


Figura 5: Aparelho de ensaio resistência à flexão. Fonte: ASTM C 136- 96

Para o cálculo da resistência à compressão recorreu-se à expressão seguinte:

$$\sigma_c = \frac{F_{m\acute{a}x}}{A_c} \quad [MPa] \quad (3)$$

Onde:

σ_c : Resistência à compressão (MPa ou N/mm²);

F_{máx} - Carga aplicada no centro do prisma na rotura (N);

A_c: Área da zona comprimida (40 x 40 mm²).

Valores - resultados de resistências

Os resultados obtidos de resistências mecânicas mostram-se na tabela 6.

Tabela 6 - Resultados de Resistências à flexão e compressão de argamassas. Fonte: autores

| Mistura | Resultados de resistências mecânicas | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Resistência à Flexão (MPa) | | | | Resistência à Compressão (MPa) | | | |
| | ffa ₁ | ffa ₂ | ffa ₃ | Ff _a | fc ₁ | fc ₂ | fc ₃ | Fc _a |
| Caxico I | 1,18 | 1,16 | 1,21 | 1,18 | 2,24 | 2,67 | 2,63 | 2,45 |
| Caxita-Muandondji | 1,61 | 1,67 | 2,25 | 1,84 | 3,24 | 3,56 | 3,69 | 3,40 |

Análise dos resultados

A NBR 13279 (ABNT; 2001), prescreve os requisitos mecânicos das argamassas, estabelecendo que quando a resistência à compressão fica definida dentro do intervalo maior de 0.1 MPa a 4 MPa, as argamassas classificam tipo I, argamassas de uso geral. Por sua parte, a NC 175 de 2002, a classifica tipo I por apresentar valores desde 2.4 MPa até 3,5 MPa.

Ao analisar os valores de resistência de ambas as misturas pode apreciar-se que tanto para o Caxico I como para a Caxita-Muandondji, classificam-se argamassas de uso geral na construção, aptas para a execução de rebocos.

Por outro lado pode apreciar-se que as argamassas elaboradas com areia artificial da Caxita-Muandondji apresenta melhores resultados nos valores de resistência que Caxico I, devido ao melhor comportamento granulométrico que permite que para iguais consistências os consumos de água diferem em cada mistura, com a conseguinte variação da relação água cimento e por fim na resistência.

Conclusões

Ambas as areias podem ser utilizadas como argamassas de revestimentos, ao apresentar comportamento resistente adequado para estes desempenhos.

A consideração anterior poderia justificar a utilização da areia Caxico I por cima da areia Caxita-Muandondji do ponto de vista económico, dada a sua facilidade de obtenção.

A areia Caxico I pode definir-se como uma fonte apropriada de areia a utilizar em argamassas de revestimento, principalmente para os rebocos de camada única, pelos resultados aceitáveis de

resistência, apesar de ter consumos mais elevados nos conteúdos de cimento quando se compara com areia Caxita-Muandondji.

Referências Bibliográficas

- ASTM C 136- 96. Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.
ASTM C 270-00 Standard Specification for Mortar for Unit Masonry.
- Carasek, H. (2007). Materiais de Construção Civil e Principios de Ciencia e Engenharia de Materiais. São Paulo, IBRACON.
- Curi T. R. (2001). Levantamento de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas das edificações. Trabalho de mestrado.
- EN 197. Methods of testing cement – Part 1: Determination of strength.
- NBR 13279. (1995). Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos. Determinação de resistência a compressão.
- NBR 13281 (ABNT, 2001). Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.
- NBR 7200 (ABNT, 1998). Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento.
- NC 173 – 2002. Mortero endurecido. Determinación de la resistencia a flexión y compresión.
- NC 175 - 2002. Morteros de Albañilería. Especificaciones.

Síntese Curricular dos Autores

Engº José Bangula. Docente afecto ao Departamento de Ensino e Investigação da Engenharia da Escola Superior Politécnica da Lunda-Sul nas disciplinas de Desenho e Análise das Estruturas e também da Patologia e Conservação de Obras Civas; Membro da Ordem dos Engenheiros de Angola.

Engª Esmeraldina Maria Cariata Domingos. Docente afecta ao Departamento de Ensino e Investigação da Engenharia da Escola Superior Politécnica da Lunda-Sul na disciplina de Materiais de Construção; Membro da Ordem dos Engenheiros de Angola.