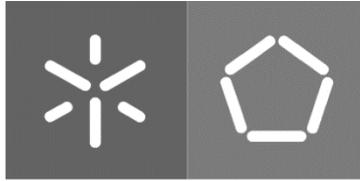


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

## **Utilização de fibras de juta em argamassas de reboco – Avaliação de desempenho e durabilidade**

Janeiro de 2023



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Emanuel José Gonçalves de Abreu

**Use of jute fibers in rendering  
mortars – Performance and  
durability evaluation**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professora Doutora Rute Maria Gonçalves  
Eires**

Janeiro de 2023

## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



**Atribuição  
CC BY**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## **Agradecimentos**

Esta dissertação não era possível sem a preciosa orientação da professora Rute Eires. Pelo seu apoio, concelhos, disponibilidade assim como pela transmissão de conhecimentos.

Ao Engenheiro César Cardoso pelos concelhos e pela disponibilidade.

À Doutora Vitória Araújo Maciel do CEB pelo fornecimento das bactérias utilizadas nesta dissertação.

Aos meus pais pelo constante apoio, incentivo, confiança e pela contribuição importante no meu crescimento pessoal como profissional.

À minha irmã pelas palavras de incentivo e motivação que muito auxiliaram na concretização desta fase.

À minha namorada Catarina pela paciência, apoio, confiança transmitida e pelos melhores concelhos mesmo quando a aborreço com preocupações.

A todos os meus amigos e companheiros que me acompanharam ao longo deste percurso.

Ao meu colega Fernando Dias pelo companheirismo e amizade.

Ao Eng. Carlos Jesus por todo o auxílio durante a parte prática desta dissertação, assim como pela amizade.

Aos restantes técnicos do laboratório pelo apoio prestado e pelo bom ambiente no laboratório.

À minha colega Arlen Zúniga que apesar de a ter conhecido durante a realização desta dissertação, tornou-se um grande apoio para esta dissertação.

A todos um Muito Obrigado!!

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração. Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## **Resumo**

Numa época em que cada vez mais é importante adequar comportamentos sustentáveis, a indústria da construção, é talvez a que mereça um olhar mais efusivo. Pois trata-se de um setor que abrange as dimensões sociais, económicas e ambientais.

As fibras vegetais poderão ser uma alternativa mais amiga do ambiente para o reforço de argamassas, substituindo as fibras sintéticas. Mas com esta mudança surge a dúvida sobre a sua durabilidade.

O principal objetivo deste estudo é a análise da utilização de Fibras Vegetais (Rede de Juta) para reforço de argamassas de reboco, avaliando o desempenho e a sua durabilidade em diferentes tipos de argamassas à base de cal.

Pretende-se determinar a resistência mecânica da rede de juta e a sua durabilidade face à ação de fungos e bactérias, uma vez que estes microrganismos poderão surgir em fibras vegetais, principalmente quando existe um ambiente húmido.

Também se pretende determinar se a rede de juta é uma opção válida para substituir a sua concorrente mais direta, a fibra de vidro.

Para avaliação do desempenho deste material foram realizados ensaios de aderência da rede de juta e da rede de fibra de vidro às argamassas em dois tipos de suporte (tijolo e isolamento de aglomerado negro de cortiça), em duas direções, horizontal (aderência simétrica) e vertical (aderência axial). Em relação aos ensaios microbiológicos foram realizados ensaios de exposição a bactérias e a fungos e foram testados diversos aditivos com potencial de serem bacteriológicos ou fungicidas.

É possível concluir que a rede de juta não tem tanta resistência à tração como a rede fibra de vidro, mas possui mais aderência às argamassas testadas. Por isso pode-se afirmar que em casos que a resistência máxima exigida não seja muito elevada e não seja um aspeto importante, pode-se substituir a rede fibra de vidro pela rede de juta.

**Palavras-chave:** Juta; Rede de Juta, Rede de fibra de vidro; Aderência; Durabilidade da juta.

## **Abstract**

At a time when it is increasingly important to adapt sustainable behaviours, the construction industry is perhaps the one that deserves a more effusive look. Because it is a sector that encompasses social, economic and environmental dimensions. Vegetable fibers could be a more environmentally friendly alternative for mortar reinforcement, replacing synthetic fibers. But with this change comes the doubt about its durability. The main objective of this study is to analyze the use of Vegetable Fibers (Jute Netting for reinforcement of plastering mortars, evaluating the performance and durability of different types of lime-based mortars. It is intended to determine the mechanical resistance of the jute net and its durability against the action of fungi and bacteria, since these microorganisms may appear in vegetable fibers, especially when there is a humid environment. It is also intended to determine whether jute netting is a valid option to replace its most direct competitor, fiberglass. To evaluate the performance of this material, tests were carried out on the adherence of the jute net and the fiberglass net to the mortar on two types of support (brick and black cork agglomerate insulation), in two directions, horizontal (symmetrical adherence) and vertical (axial grip). With regard to microbiological tests, tests of exposure to bacteria and fungi were carried out and various additives with the potential to be bacteriological or fungicidal were tested. It is possible to conclude that the jute net does not have as much tensile strength as the fiberglass net, but it has more adherence to the tested mortars. Therefore, we can say that in cases where the maximum resistance required is not very high and is not an important aspect, the fiberglass netting can be replaced by the jute netting.

**Keywords:** Jute, Jute Mesh, Fiberglass Mesh, Grip, Jute Durability

## Índice

Capítulo 1 – Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura da Dissertação .....	2
1.4 Descrição da metodologia adotada .....	3
Capítulo 2 – Construção e materiais sustentáveis .....	4
2.1 Introdução.....	4
2.2 Materiais Sustentáveis .....	5
2.3 Fibras vegetais .....	6
Capítulo 3 – Juta e o seu uso na construção .....	8
3.1 Fibras de Juta .....	8
3.2 Utilizações gerais.....	10
3.3 Juta como reforço de argamassas .....	10
3.4 Rede Fibra de Vidro .....	14
3.5 Vantagens e desvantagens da juta e fibra de vidro.....	15
3.6 Custo.....	15
Capítulo 4 – Materiais e métodos .....	16
4.1 Materiais .....	16
4.1.1 Redes .....	16
4.2 Argamassas.....	20
4.3 Betão leve de cânhamo .....	25
4.4 Cortiça .....	25
4.5 Metodologia.....	26
4.5.1 Plano de Ensaios.....	26
4.5.2 Métodos de ensaios.....	26
Capítulo 5 - Resultados .....	47

5.1 Caracterização das argamassas .....	47
5.1.1 Determinação da consistência por ensaio de espalhamento .....	47
5.1.2 Caracterização mecânica das argamassas .....	47
5.2 Ensaio mecânica da rede de Juta .....	49
5.2.1 Ensaio com fios de juta .....	49
5.2.2 Durabilidade do fio de juta ao calor .....	50
5.2.3 Durabilidade face a Bactérias .....	53
5.2.4 Fungos .....	53
5.3 Caracterização mecânica do conjunto .....	55
5.3.1 Ensaio de Aderência ou Peeling test .....	55
5.3.2 Ensaio de Aderência Axial ou Single Lap Joint Test .....	65
5.4 Ensaio Microbiológicos .....	68
5.4.1 Ensaio de resistência às bactérias .....	68
5.4.2 Ensaio de resistência aos fungos .....	78
5.4.3 Suscetibilidade a fungos em conjunto (cubos) .....	81
Capítulo 6 – Conclusões e trabalhos futuros .....	86
Referências bibliográficas .....	89
Anexos .....	92

## Índice de Figuras

FIGURA 1 - METODOLOGIA PARA O CASO PRÁTICO .....	3
FIGURA 2 - DIAGRAMA DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (ALMEIDA ET ALL 2008).....	5
FIGURA 3 - CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS E ALGUNS EXEMPLOS (MONHANTY,2005) .....	7
FIGURA 4 - REDE DE JUTA.....	8
FIGURA 5 - RESULTADOS OBTIDOS NO ESTUDO (FONTE - MARQUES ET AL, 2020).....	11
FIGURA 6 – TESTE “SINGLE LAP JOINT TEST”: A) ESQUEMA DE ENSAIO; B) E C) AMOSTRAS DURANTE O ENSAIO (FONTE - FAGONE ET AL ,2019) .....	13
FIGURA 7 - TIPO DE ENSAIO UTILIZADO (FONTE - FAGONE ET AL ,2019).....	13
FIGURA 8 - REDE DE JUTA.....	16
FIGURA 9 - ROTURA DA FIBRA.....	17
FIGURA 10 - DESEMPENHO À TRAÇÃO AXIAL DOS FIOS DE JUTA .....	17
FIGURA 11 - REDE DE JUTA NO ENSAIO DE TRAÇÃO .....	19
FIGURA 12 - DESEMPENHO À TRAÇÃO AXIAL DAS REDES .....	19
FIGURA 13 - SAIBRO UTILIZADO .....	20
FIGURA 14 - CURVA GRANULOMÉTRICA DO SAIBRO .....	21
FIGURA 15 - SACO DA ARGAMASSA UTILIZADA .....	21
FIGURA 16 – ETAPAS .....	26
FIGURA 17 - MESA DE ENSAIO.....	27
FIGURA 18 - ARGAMASSA NO MOLDE.....	27
FIGURA 19 - APÓS A RETIRADA DO MOLDE .....	27
FIGURA 20 - MEDIÇÃO EM 2 SENTIDOS.....	27
FIGURA 21 - PREPARAÇÃO DA ARGAMASSA .....	28
FIGURA 22 - ENSAIO DO ESPALHAMENTO .....	28
FIGURA 23 - ALTURA DO PROVETE E MÁQUINA DE COMPACTAÇÃO .....	28
FIGURA 24 - ARGAMASSA ATÉ MEIO.....	29
FIGURA 25 - DEPOIS DAS PANCADAS ACABAR DE ENCHER.....	29
FIGURA 26 - DESMOLDAGEM DEPOIS DO TEMPO DE CURA .....	29
FIGURA 27 - ENSAIO DE FLEXÃO.....	29
FIGURA 28 - DEPOIS DO ENSAIO DE FLEXÃO .....	29
FIGURA 29 - ENSAIO DE COMPRESSÃO .....	29
FIGURA 30 - RESULTADO DO ENSAIO DE COMPRESSÃO .....	30
FIGURA 31 - SISTEMA USADO PARA FLEXÃO.....	30
FIGURA 32 - SISTEMA PARA O ENSAIO DE COMPRESSÃO .....	31
FIGURA 33 - PREPARAÇÃO DO ENSAIO .....	32
FIGURA 34 - EXEMPLO DE COMO FUNCIONA O ENSAIO (FONTE – FAGONE, ET AL. 2019).....	34
FIGURA 35 - EXEMPLO DO TIJOLO COM A REDE 10+40+10 CM .....	35
FIGURA 36 - EXEMPLO DO TIJOLO COM CORTIÇA.....	35

FIGURA 37 - MECANISMO UTILIZADO .....	36
FIGURA 38 - SETUP UTILIZADO .....	36
FIGURA 39 - ENSAIO AXIAL - (FONTE – FAGONE, ET AL. 2019).....	37
FIGURA 40 - REDE DE JUTA COM BORRACHA COLADA COM COLA QUENTE .....	38
FIGURA 41 - MECANISMO UTILIZADO .....	38
FIGURA 42 - SUBMERSÃO DA REDE DE JUTA NO Á.C. ....	40
FIGURA 43 - PREPARAÇÃO DOS ENSAIOS BACTERIOLÓGICOS .....	41
FIGURA 44 - COLOCAÇÃO DA AMOSTRA NO CENTRO.....	42
FIGURA 45 - AMOSTRAS NA CAMARA .....	43
FIGURA 46 - SONDA DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E HUMIDADE.....	44
FIGURA 47 - GRÁFICO DA TEMPERATURA/HUMIDADE.....	45
FIGURA 48 - ANÁLISE A 11 SET. NOTA 3 .....	46
FIGURA 49 - ANÁLISE A 11 SET. NOTA 2.5 .....	46
FIGURA 50 - ANÁLISE A 29 SET. NOTA 3.5 .....	46
FIGURA 51 - ANÁLISE A 29 SET. NOTA 1.0 .....	46
FIGURA 52 - DESEMPENHO DAS ARGAMASSAS À COMPRESSÃO E FLEXÃO .....	48
FIGURA 53 - DESEMPENHO À TRAÇÃO AXIAL DOS FIOS DE JUTA .....	49
FIGURA 54 - ALTERAÇÃO DO NÍVEL DA ÁGUA DEPOIS DE 7 DIAS .....	50
FIGURA 55 - MEDIÇÃO DO PH .....	50
FIGURA 56 - ALTERAÇÃO DO PESO DAS AMOSTRAS .....	51
FIGURA 57 - DESEMPENHO À TRAÇÃO AXIAL DOS FIOS DE JUTA APÓS O ENSAIO DA CAMARA .....	52
FIGURA 58 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS DE TRAÇÃO DOS FIOS NORMAIS COM A CAMARA .....	52
FIGURA 59 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS DE TRAÇÃO DAS BACTÉRIAS COM O ENSAIO NORMAL.....	53
FIGURA 60 - DESEMPENHO À TRAÇÃO AXIAL DOS FIOS DE JUTA APÓS O ENSAIO DOS FUNGOS .....	54
FIGURA 61 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS DOS ENSAIOS DE TRAÇÃO .....	54
FIGURA 62 - TIPO DE ROTURA 1 – J1 D.....	56
FIGURA 63 - TIPO DE ROTURA 1 – J2 E .....	56
FIGURA 64 - TIPO DE ROTURA 2 – J7 E .....	56
FIGURA 65 - TIPO DE ROTURA 2 – J14 E .....	56
FIGURA 66 - TIPO DE ROTURA 3 – J13 E .....	57
FIGURA 67 - TIPO DE ROTURA 3 – J14 D.....	57
FIGURA 68 - TIPO DE ROTURA 4- V1 D .....	57
FIGURA 69 - TIPO DE ROTURA 4 – V2 E .....	57
FIGURA 70 - TIPO DE ROTURA 5 – V14 E .....	58
FIGURA 71 - TIPO DE ROTURA 5 – V15D.....	58

FIGURA 72 - DESEMPENHO À TRAÇÃO CONFORME ENSAIO PEELING TEST PARA O CONJUNTO REFORÇADO COM FJ .....	61
FIGURA 73 - DESEMPENHO À TRAÇÃO CONFORME ENSAIO PEELING TEST PARA O CONJUNTO REFORÇADO COM FV .....	62
FIGURA 74 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO À TRAÇÃO PEELING TEST DOS DOIS CONJUNTOS .....	62
FIGURA 75 - TEMPO DE ROTURA DA PRIMEIRA FENDA NAS ARGAMASSAS REFORÇADAS COM FJ .....	64
FIGURA 76 - TEMPO DA PRIMEIRA FENDA NAS ARGAMASSAS REFORÇADAS COM FV .....	65
FIGURA 77 - DESEMPENHO DOS ENSAIOS À TRAÇÃO SINGLE LAP JOINT TEST .....	67
FIGURA 78 - ROTURA PELA REDE DE JUTA .....	67
FIGURA 79 - ROTURA PELA CORTIÇA .....	67
FIGURA 80 - BACTÉRIA M.L. ....	69
FIGURA 81 - BACTÉRIA B.S. ....	69
FIGURA 82 - BACTÉRIA M.L. ....	69
FIGURA 83 - BACTÉRIA B.S. ....	69
FIGURA 84 - BACTÉRIA M.L. ....	70
FIGURA 85 - BACTÉRIA B.S. ....	70
FIGURA 86 - BACTÉRIA M.L. ....	70
FIGURA 87 - BACTÉRIA B.S. ....	70
FIGURA 88 - BACTÉRIA M.L. ....	71
FIGURA 89 - BACTÉRIA B.S. ....	71
FIGURA 90 - BACTÉRIA M.L. ....	71
FIGURA 91 - BACTÉRIA B.S. ....	71
FIGURA 92 - BACTÉRIA M.L. ....	72
FIGURA 93 - BACTÉRIA B.S. ....	72
FIGURA 94 - BACTÉRIA M.L. ....	72
FIGURA 95 - BACTÉRIA B.S. ....	72
FIGURA 96 - BACTÉRIA M.L. ....	73
FIGURA 97 - BACTÉRIA B.S. ....	73
FIGURA 98 - BACTÉRIA M.L. ....	73
FIGURA 99 - BACTÉRIA B.S. ....	73
FIGURA 100 - BACTÉRIA M.L. ....	74
FIGURA 101 - BACTÉRIA B.S. ....	74
FIGURA 102 - BACTÉRIA M.L. ....	74
FIGURA 103 - BACTÉRIA B.S. ....	74
FIGURA 104 - PERDA DE EFICÁCIA DO "ESCUDO" .....	75
FIGURA 105 - BACTÉRIA M.L. APÓS 24 HORAS .....	76
FIGURA 106 - BACTÉRIA M.L. NO FIM DO ENSAIO .....	76

FIGURA 107 - BACTÉRIA B.S. APÓS 24 HORAS .....	76
FIGURA 108 - BACTÉRIA B.S. NO FIM DO ENSAIO .....	76
FIGURA 109 - BACTÉRIA M.L. APÓS 24 HORAS .....	77
FIGURA 110 - BACTÉRIA M.L. NO FIM DO ENSAIO .....	77
FIGURA 111 - BACTÉRIA B.S. APÓS 24 HORAS .....	77
FIGURA 112 - BACTÉRIA B.S. NO FIM DO ENSAIO .....	77
FIGURA 113 - FUNGO C.H. ....	78
FIGURA 114 - FUNGO P.C. ....	78
FIGURA 115 - FUNGO C.H. ....	78
FIGURA 116 - FUNGO P.C. ....	78
FIGURA 117 - FUNGO C.H. ....	79
FIGURA 118 - FUNGO P.C. ....	79
FIGURA 119 - FUNGO C.H. ....	79
FIGURA 120 - FUNGO P.C. ....	79
FIGURA 121 - FUNGO C.H. ....	80
FIGURA 122 - FUNGO P.C. ....	80
FIGURA 123 - FUNGO C.H. ....	80
FIGURA 124 - FUNGO P.C. ....	80
FIGURA 125 - DESEMPENHO DE FUNGOS NA REDE DE JUTA .....	81
FIGURA 126 - DESEMPENHO DE FUNGOS NA REDE DE FIBRA DE VIDRO .....	82
FIGURA 127 - DESEMPENHO DE FUNGOS NA REDE DE JUTA .....	83
FIGURA 128 - DESEMPENHO DE FUNGOS NA REDE FIBRA DE VIDRO .....	83
FIGURA 129 - DESENVOLVIMENTO DOS FUNGOS NAS BASES .....	84
FIGURA 130 - DESENVOLVIMENTO DOS FUNGOS NAS ARGAMASSAS .....	85

## Índice de Tabelas

TABELA 1 - 10 MAIORES PRODUTORES DE JUTA NO ANO 2020 EM TONELADAS SEGUNDO A ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA.....	9
TABELA 2 - PROPRIEDADES DA REDE DE JUTA SEGUNDO (SILVA ET AL., 2008) .....	10
TABELA 3 - IDENTIFICAÇÃO DA REDE (LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL [LNEC],2017) ...	18
TABELA 4 - VALORES OBTIDOS NOS ENSAIOS REALIZADOS PELO LNEC (LNEC, 2017).....	18
TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA ARGAMASSA REABILITA CAL RB. (SECIL,2021) .....	22
TABELA 6 – CARACTERÍSTICAS DA ARGAMASSA ISOVIT E-CORK (SECIL,2021) .....	23
TABELA 7 – ARGAMASSAS TESTADAS – AMOSTRAS E ENSAIOS REALIZADOS.....	24
TABELA 8 - SUBSTÂNCIAS UTILIZADAS NA REDE .....	39
TABELA 9 - ESCALA DE AVALIAÇÃO .....	45
TABELA 11 - RESULTADOS DO ENSAIO DE ESPALHAMENTO (CM) .....	47
TABELA 12 – DENSIDADE APARENTE DOS PROVETES (GRAMAS).....	48
TABELA 13 - DESVIO PADRÃO % .....	49
TABELA 14 - DESVIO PADRÃO % .....	51
TABELA 15 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ADERÊNCIA PARA A REDE DE JUTA .....	58
TABELA 16 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ADERÊNCIA PARA A REDE FIBRA DE VIDRO.....	60
TABELA 17 - RESULTADO DO ENSAIO AXIAL.....	66
TABELA 18 - MÉDIA DA REDE DE JUTA E FIBRA DE VIDRO .....	66

## **Siglas e Acrónimos**

Cal-CL90GAr - Reboco de cal aérea hidratada, gesso e areia fina 1:0.25:2

Cal-CL90Sa - Reboco de cal aérea hidratada e saibro 1:3

Gesso-PD - Reboco de gesso pré-doseada

Cal - PD - Reabilita cal RB

L Mix E-CORK - ISOVIT E-CORK - Ligantes mistos, NHL, pó cortiça

RJ - Rede de Juta

FV - Rede Fibra de Vidro

N - Natural (sem qualquer aditivo)

À.C. - Ácido cítrico

Bx - Bórax

S.C. - Soda Cáustica

Tb - Terebentina

M.L. - *Micrococcus lateus*

B.S. - *Bacillus subtilis*

C.H. - *Cladosporium herbarium*

P.C.- *Penicillium chysogenum*

## **Capítulo 1 – Introdução**

Numa altura em que a adaptação a comportamentos sustentáveis se torna cada vez mais importante, talvez seja o setor da construção que mereça um olhar mais efusivo. Porque é um setor que tem dimensões sociais, económicas e ambientais. Devido a estes números, o CIB (Conselho Internacional da Construção), em 1994, definiu sete princípios orientadores com o objetivo de tornar os edifícios mais sustentáveis. Os princípios orientadores definidos pelo CIB são, reduzir o consumo de recursos; reutilizar de recursos; utilizar recursos recicláveis; proteger a natureza; eliminar tóxicos; aplicar análises de ciclo de vida e por último assegurar a qualidade (Mateus, 2009).

Isto permitiu uma alteração nos paradigmas de competitividade de construção, se antigamente, estes eram avaliados tendo em conta a qualidade, custo e tempo de execução. Apesar de ser difícil prever com exatidão, em fase de projeto, quais o impacto ambiental na realidade é possível pensar em alternativas a implementar. Para que, a longo prazo sejam selecionadas as melhores opções, nomeadamente no que diz respeito a materiais a utilizar, bem como às necessidades energéticas e de água.

Tendo em conta o pensamento sustentável, torna-se importante o estudo de alternativas a materiais de construção, que possam favorecer a este tipo de indústria. Neste sentido, surge o estudo em questão, que permite criar uma alternativa à utilização da fibra de vidro, onde as fibras vegetais podem ser uma boa alternativa para o reforço de argamassas.

### **1.1 Enquadramento**

As fibras vegetais podem ser uma alternativa para o reforço de argamassas, em certos casos poderão substituir as fibras sintéticas, uma vez que as primeiras são uma opção renovável, biodegradável e de baixo custo. No entanto, coloca-se em questão a durabilidade das fibras vegetais. Dado que, se supõe ser baixa, por ser um material de origem vegetal.

A falta de investigação e estudos sobre o tema é atualmente uma limitação/problema na utilização de fibras vegetais.

Assim sendo, a motivação para a seleção/escolha deste tema apoiou-se na possibilidade de utilizar uma rede vegetal em alternativa à rede de fibras sintéticas para reforço de diferentes tipos de argamassas à base de cal.

Foram consideradas argamassas à base de cal porque são mais sustentáveis que argamassas à base de cimento. A temperatura de calcinação é menor e durante a cura destas argamassas existe uma captação de CO<sub>2</sub>. Para além disso tem propriedades antibacterianas e anti fungicida, evitando manchas e apodrecimento precoce dos revestimentos.

Considerando as fibras vegetais uma opção também mais sustentável e ecológica, selecionando-se a juta por ser um material mais acessível

## **1.2 Objetivos**

O principal objetivo foi a análise da utilização de Fibras Vegetais (Rede de Juta – daqui em diante designada neste estudo por RJ) para reforço de argamassas de reboco, avaliando o desempenho e a sua durabilidade em diferentes tipos de argamassas à base de cal.

Pretendeu-se determinar a resistência mecânica da RJ, a aderência às argamassas e a sua durabilidade face à ação de fungos e bactérias, uma vez que estes microrganismos poderão surgir em fibras vegetais, principalmente quando existe um ambiente húmido.

Também se pretende determinar se a rede de juta é uma opção válida para substituir a sua concorrente mais direta, a fibra de vidro.

## **1.3 Estrutura da Dissertação**

A apresentação desta dissertação esta dividida em 5 capítulos.

O capítulo 1 é denominado como introdução onde se encontra o enquadramento, objetivos desta dissertação, metodologia adotada e a estrutura.

No capítulo 2 refere-se á juta e o seu uso na construção onde é descrito utilizações gerais da rede, juta como reforço de argamassas e vantagens e desvantagens da rede de juta comparando com a rede fibra de vidro.

No capítulo 3 é descrito os materiais utilizados ao longo desta dissertação assim como a metodologia para os ensaios realizados.

No capítulo 4 é referido os resultados para a caracterização mecânica, ensaios mecânicos da rede de juta, caracterização mecânica do conjunto e ensaios microbiológicos.

No capítulo 5 serão elencadas as conclusões relativas ao estudo e aos ensaios realizados. Ainda no mesmo capítulo serão dadas pistas para futuras investigações relativamente à possibilidade de utilização de materiais alternativos mais sustentáveis nas construções.

#### 1.4 Descrição da metodologia adotada

Para esta dissertação foi feita uma pesquisa na web por artigos científicos em sites como o Science direct, web of science, repositoriUM, normas de ensaios etc. A nível de referência bibliográfica não existe muita informação sobre o tema.

Inicialmente foi realizada uma pesquisa sobre o tema, de seguida foi realizada a caracterização dos materiais, depois foram realizados ensaios mecânicos às redes, às argamassas. De seguida foram realizados ensaios de aderência e ensaios de durabilidade face a fungos e bactérias. Na Figura 1 pode-se observar a metodologia utilizada para este estudo.

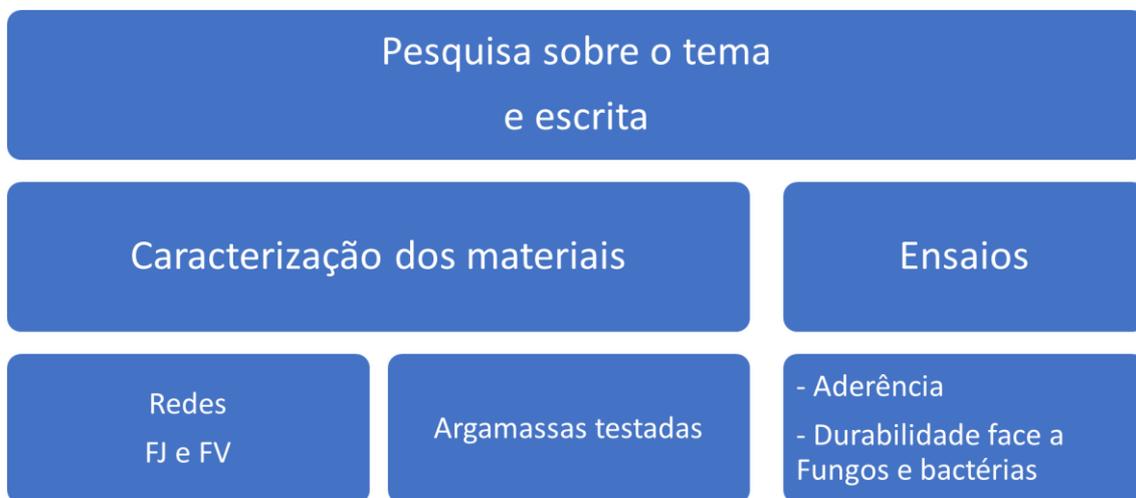


Figura 1 - metodologia para o caso prático

## **Capítulo 2 – Construção e materiais sustentáveis**

### **2.1 Introdução**

O setor da construção é um dos maiores e mais ativos sectores da Europa, representando uma grande parte no emprego, na indústria e em toda a economia europeia.

Este setor representa 25% de toda a produção industrial europeia, sendo responsável pela maior parte da exportação mundial com 52% do mercado. Logo em termos ambientais, é responsável por 30% das emissões de carbono. Além disso, a parte edificada consome 42% da energia produzida (Pacheco et al, 2010).

Com isto, é facilmente perceptível que o setor da construção é claramente insustentável. Assim, a construção sustentável é a resposta da indústria da construção civil à necessidade de sustentabilidade do planeta.

O Conselho Internacional da Construção (CIB) definiu construção sustentável como a criação e manutenção responsáveis de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e no projeto baseado em princípios ecológicos (Kibert, 2005). Segundo o CIB há sete princípios fundamentais para a Construção Sustentável sendo estes: A redução do consumo de recursos, reutilização de recursos, utilização de recursos recicláveis, proteção da natureza, eliminação de elementos tóxicos, aplicação de análises de ciclo de vida em termos económicos e qualidade.

A construção sustentável procura uma forma de não esgotar os recursos naturais disponíveis no planeta e desenvolver métodos mais amigos do ambiente na produção e consumo desses recursos, que permitam a sobrevivência dos ecossistemas sem pôr em causa a evolução tecnológica.

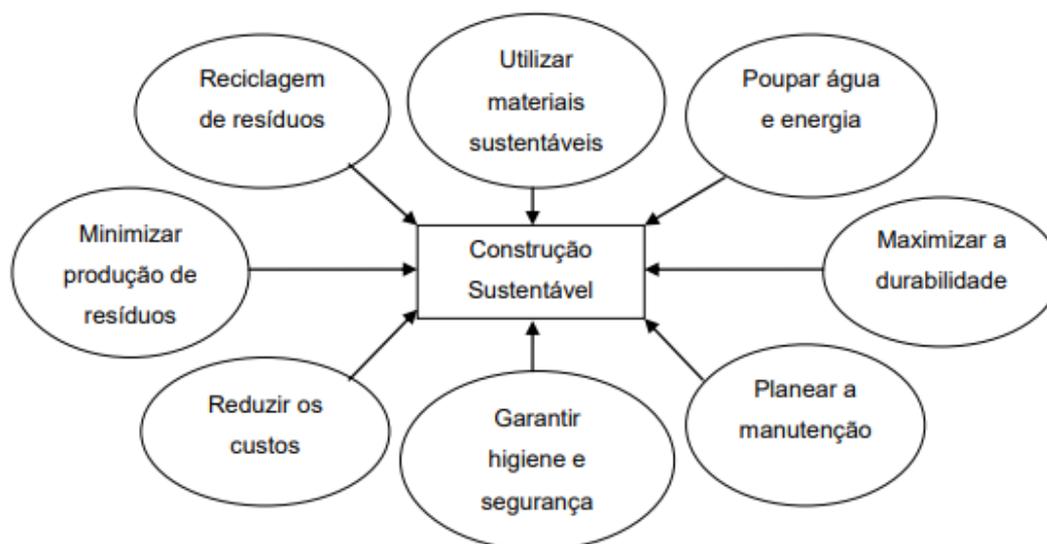


Figura 2 - Diagrama da construção sustentável (Almeida et all 2008)

Conforme a figura 2 mostra, a construção sustentável baseia-se nos seguintes pilares: minimizar a produção de resíduos para menor poluição do ambiente; reciclagem da maior quantidade de resíduos e reduzindo desta forma a necessidade de busca de mais matéria prima; a maior utilização possível de materiais sustentáveis; poupar água e energia; maximizar a durabilidade da construção para minimizar futuras reabilitações ou até demolições; planear manutenção para maximizar a vida útil da construção; reduzir os custos e garantir boas condições de higiene e segurança para todos os envolvidos na construção (Almeida et all 2008).

## 2.2 Materiais Sustentáveis

Para um material ser considerado um material sustentável deve possuir todos os benefícios de um produto convencional e ainda ter um desempenho sustentável. Neste contexto de sustentabilidade de materiais, a escolha deve recair em materiais que não sejam tóxicos, possuam uma baixa energia incorporada, sejam recicláveis, que seja possível o reaproveitamento de resíduos de outras indústrias, que provenham de fontes renováveis, sejam duráveis e por fim que a escolha seja levada a cabo mediante uma análise do seu ciclo de vida.

Estes produtos devem fundamentalmente permitir o uso sustentado dos recursos naturais, sem haver risco de extinção e ainda devem ser considerados não tóxicos, pois existem

certos materiais a ser evitados, como o caso do amianto (usado em argamassas, tintas e colas), alumínio, e COV's (compostos orgânicos voláteis).

Para além destes, há ainda outros materiais a evitar na construção nova, pois darão origem a resíduos de construção e demolição perigosos, como botijas de gás vazias utilizadas em operações de corte ou soldadura, emulsões à base de alcatrão, produtos químicos, impermeabilizantes e resinas. Na fase de demolição, devem-se evitar contaminantes biológicos, equipamento elétrico com componentes tóxicos, fibras minerais, materiais que tenham amianto e sistemas de combate a incêndios com CFC's (clorofluorocarbonetos) (Brito, 2006).

Por isso, os materiais sustentáveis podem ser constituídos por matérias-primas naturais renováveis, materiais provenientes da reciclagem e compósitos.

As matérias-primas naturais renováveis que podem ser utilizadas são de origem orgânica (vegetal ou animal), como por exemplo fibras naturais, madeira, polímeros vegetais biodegradáveis. Pode-se considerar ainda como sustentável um material que provenha de matérias-primas naturais não renováveis desde que permitam reaproveitamento, como a terra, argila, rocha, areia, pedra, entre outros.

### **2.3 Fibras vegetais**

Existem diferentes maneiras de se classificar as fibras vegetais. Na figura 3 está representada a maneira mais utilizada.

A primeira distinção é entre fibras naturais e sintéticas. As fibras naturais são então divididas em vegetais, animais e minerais.

Por último, as fibras vegetais são classificadas de acordo com a sua origem na planta: semente, fruto, de caule (onde se insere a juta), de folha, de talo e de cana. (Pires,2009)

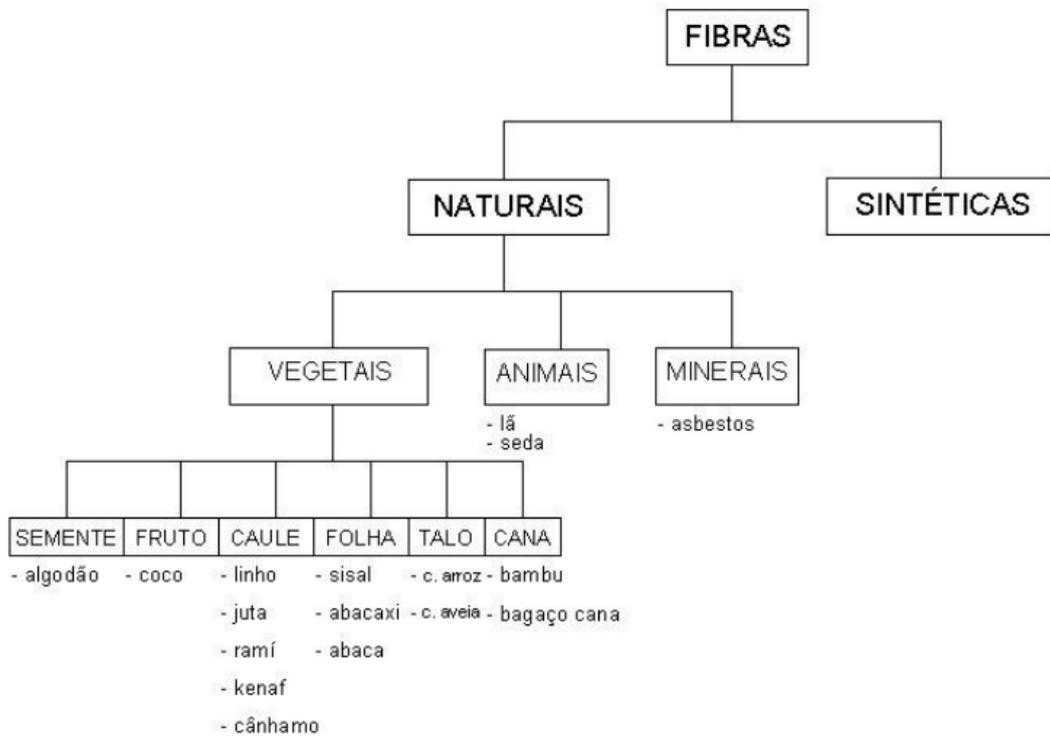


Figura 3 - Classificação das fibras e alguns exemplos (Monhanty,2005)

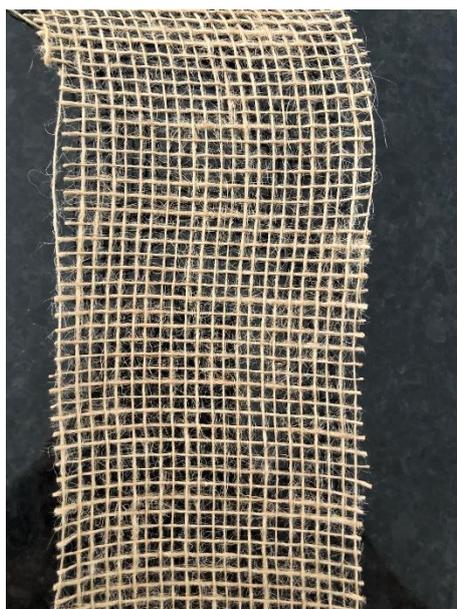
Apesar das propriedades mecânicas das fibras vegetais serem muito inferiores às de fibras sintéticas, a densidade da fibra (~1,4 g/cm<sup>3</sup>) é aproximadamente metade da fibra de vidro. (Silva, 2003)

## Capítulo 3 – Juta e o seu uso na construção

### 3.1 Fibras de Juta

A juta é uma fibra longa que pode alcançar 3 a 4 metros de altura e 2 cm de espessura, naturalmente cresce em climas húmidos e tropicais, com origens na Índia onde documentos históricos persas (Administração de Akbar) afirma que aldeões costumavam usar roupas de juta. É uma fibra produzida através de plantas com flores do género *Corchorus*, que pertence à família *Malvaceae*. A juta também conhecida como *Corchorus capsularis*, é uma das fibras naturais mais acessíveis, perdendo apenas para o algodão na quantidade produzida e variedade de usos. A temporada de plantação e crescimento leva em torno de seis meses, coincidindo com as épocas de maiores cheias dos rios. (Pires,2009)

A produção da fibra de juta começa por um processo de maceração, que consiste no agrupamento dos caules de juta e mergulhá-los em água corrente lenta. Posteriormente segue-se a decapagem onde a matéria fibrosa é raspada e retiram as fibras de dentro do caule de juta. Depois são colocadas em estendais para se proceder à secagem. Depois desta etapa concluída segue para uma fábrica onde a fibra é pressionada para ficar mais fina e resistente. Depois da passagem por várias peneiras, ela é reduzida a fio e segue para tecelagem onde se cria a rede (Figura 4) (Almeida, 2012)



*Figura 4 - Rede de Juta*

Na tabela 1 é possível observar os 15 maiores produtores de Juta no ano de 2020.

*Tabela 1 - 10 Maiores produtores de Juta no Ano 2020 em toneladas segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura*

País	Produção (Em toneladas)
Índia	1807264
Bangladesh	804520
China	36510
Uzbequistão	19122
Nepal	10165
Sudão do Sul	3677
Zimbabwe	2656
Egipto	2276
Brasil	1185
Butão	342

Facilmente se percebe que a Índia é o país que mais produz juta mundialmente, com mais de 1 milhão de toneladas do que o Bangladesh. (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura,2020).

Na tabela 2 encontram-se as principais propriedades da rede de juta segundo (Silva et al., 2008).

Tabela 2 - Propriedades da rede de juta segundo (Silva et al., 2008)

<b>Propriedades</b>	<b>Valores</b>
Comprimento médio (mm)	0,5 – 6
Diâmetro da fibra individual (mm)	0,01 – 0,03
Absorção de água (%)	12 – 35
Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )	1440 – 1460
Resistência à tração (MPa)	453 – 550
Módulo de Young (MPa)	300 – 780
Alongamento (%)	0,8 – 2

### **3.2 Utilizações gerais**

A fibra de Juta é um material com muita versatilidade, podendo ser utilizado para a confecção de redes, sacos, embalagens correias e cordéis, sendo também utilizada para tapetes, tecido para carpetes e linóleo.

### **3.3 Juta como reforço de argamassas**

Normalmente, nas argamassas existem inúmeras microfissuras quando este material é submetido a esforços. Nas microfissuras depois de abertas, as tensões concentram-se nas extremidades dessas fissuras provocando um aumento das mesmas.

As fibras ao serem interceptadas por uma fissura vão atuar como uma ponte de transferência de tensões. Parte das tensões são transferidas para as fibras ao longo da rede criando deste modo as tensões de aderência. A rotura total do material ocorre por alongamento elástico ou plástico da fibra. (Oliveira,2009)

No estudo “Revestimentos armados como solução de reabilitação sísmica de paredes de alvenaria de edificios antigos” de Marques et Al. (2020) foram analisados rebocos armados para edificios antigos.

Os autores referem que os revestimentos armados com redes têm sido amplamente usados para o reforço de paredes de alvenaria tradicional, afirmando que para que a rede possa atuar como reforço do reboco, a mesma deve ser bem incorporada na espessura da argamassa no meio de duas demãos.

Neste estudo foram analisadas várias composições de rebocos armados. Em relação às argamassas de revestimento foram utilizados três tipos de ligantes, cal aérea, cal hidráulica natural e cimento e o traço 1:3. Também foi estudada uma quarta composição de cal hidráulica natural, mas com um traço de 1:2 pois o autor afirma ser um ligante mais frágil comparando com o cimento, mas que é potencialmente mais compatível com o suporte em causa.

Neste estudo foram realizados ensaios para determinar as seguintes propriedades físicas e mecânicas: Determinação da massa volúmica e consistência por espalhamento no estado fresco, módulo de elasticidade dinâmico, por frequência de ressonância aos 28, 90, 180 e 365 dias e por fim a resistência à tração.

Em relação às redes de reforço para a incorporação nos revestimentos armados foram selecionados 3 tipos de redes, rede fibra de vidro, rede metálica e rede de fibra natural. Para a rede fibra de vidro a escolhida para o estudo foi a VIPLÁS 275, a rede metálica selecionada foi a rede tipo CASANET 12,7 x 12,7 mm e por fim a rede de fibra natural escolhida foi a rede de Juta, de salientar que o autor afirma que em Portugal a rede não era fabricada tendo comprado a rede a uma empresa estrangeira.

Para a caracterização das redes foram realizados os seguintes ensaios: Resistência à tração, determinação da massa por unidade de superfície e determinação da dimensão da abertura da malha e a espessura do fio.

O autor afirma que os provetes de cimento tiveram um tempo de cura de 28 dias, enquanto os provetes de cal tiveram um tempo de cura de 90 dias.

Identificação do tipo de provete	Argamassa de revestimento			Rede de reforço	Identificação do tipo de provete	Tensão de rotura [MPa]	Massa volúmica [kg/m <sup>3</sup> ]	Módulo de elasticidade dinâmico [MPa]
	Tipo de ligante	Tipo de areia	Traço					
CA_M				Metálica	CA_M	405 (11)	1812 (218)	2148 (270)
CA_J	Cal aérea	Areia de rio	1:3	Juta	CA_J	42 (5)	1684 (38)	1921 (86)
CA_V				Fibra de vidro	CA_V	550 (82)	1697 (20)	1843 (85)
CH_1:3_M				Metálica	CH_1:3_M	404 (19)	1913 (11)	4284 (212)
CH_1:3_J	Cal hidráulica natural	Areia de rio	1:3	Juta	CH_1:3_J	35 (1)	1721 (24)	4810 (74)
CH_1:3_V				Fibra de vidro	CH_1:3_V	600 (26)	1742 (17)	4562 (339)
CH_1:2_M				Metálica	CH_1:2_M	392 (7)	1805 (39)	8056 (469)
CH_1:2_J	Cal hidráulica natural	Areia de rio	1:2	Juta	CH_1:2_J	39 (4)	1855 (34)	8379 (225)
CH_1:2_V				Fibra de vidro	CH_1:2_V	580 (38)	1834 (30)	7785 (354)
Ci_M				Metálica	Ci_M	423 (9)	1968 (13)	14439 (401)
Ci_J	Cimento	Areia de rio	1:3	Juta	Ci_J	38 (2)	1821 (57)	11561 (997)
Ci_V				Fibra de vidro	Ci_V	578 (11)	1889 (18)	13622 (376)

Figura 5 - Resultados obtidos no estudo (Fonte - Marques et al, 2020)

Durante o ensaio de tração os autores observaram 4 tipos de rotura:

- 1- Rotura nas garras
- 2- Rotura por tração da rede após rotura na argamassa
- 3- Escorregamento da rede
- 4- Deslizamento da argamassa da rede.

Com estes ensaios os autores concluíram que para os revestimentos armados é essencialmente a rede que condiciona a resistência à tração do conjunto.

Os revestimentos armados com fibra de vidro foram os que apresentaram valores mais elevados na rotura à tração.

O tipo de argamassa utilizada não condiciona significativamente a resistência à tração do conjunto.

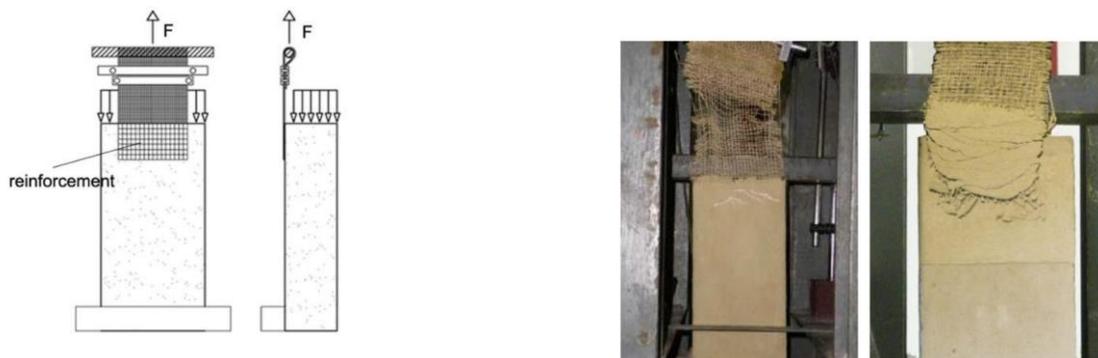
Neste estudo conclui-se ainda que o revestimento armado mais adequado para a melhoria do comportamento sísmico das paredes foi com argamassa de cal hidráulica natural ao traço 1:2 e com argamassa de cimento ao traço 1:3, ambos com fibra de vidro como reforço.

Segundo Fagone et al. (2019), no artigo “Jute fabric as a reinforcement for rammed earth structures” é referido que muitas das construções de terra existentes são construídas em áreas sujeitas a riscos sísmicos. A vulnerabilidade sísmica do material ao alto potencial expressivo e ambiental desse material justifica a pesquisa de métodos de reforço eficientes. Os autores pretendiam conceber um sistema de reforço capaz de induzir na estrutura a capacidade para responder a ações horizontais.

O objetivo dos sistemas de reforço é aumentar a capacidade de carga contra a ação de choque e os valores de deslocamento no colapso, tanto para elementos estruturais como rebocos.

Este artigo relata ensaios realizados sobre reboco de terra com 15% de gesso e reforçado por rede de juta como reforço.

Realizaram um ensaio de adesão, designado por “Lap joint test”, conforme a Figura 6, amostras com amostras de 24 cm x 12 cm x 6 cm, posteriormente reforçados com rede de juta. O tecido utilizado tinha um peso de 150g/m<sup>2</sup> e espaçamento médio entre fios de 4.292mm.



a) b) c)  
 Figura 6 – Teste “single lap joint test”: a) esquema de ensaio; b) e c) amostras durante o ensaio (Fonte - Fagone et al ,2019)

Pelos resultados obtidos apenas um caso houve delaminação do corpo. Os autores afirmam que a capacidade de adesão do suporte é maior que a capacidade da junta. Desta forma, concluíram que estes ensaios mostraram-se pouco uteis para determinar as propriedades de adesão, pois a rede de juta falhou em tração provando que a força de adesão é maior que a resistência da rede de juta.

Neste artigo também foi realizado o “Peeling test” ou teste de adesão que consiste num suporte onde é colocado argamassa reforçada com rede, deixando um espaço livre nessa rede de forma que seja possível o puxar dessa rede e determinar a força de adesão do material. Conforme demonstra a figura 7.

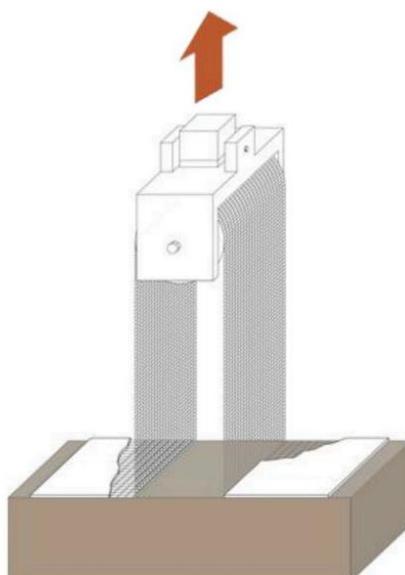


Figura 7 - Tipo de ensaio utilizado (Fonte - Fagone et al ,2019)

Os suportes eram retangulares com 24cm x 12 cm x 6 cm e foram formados com terra, posteriormente foram reforçados com rede de juta com 11 cm de largura e 60 cm de comprimento, para a primeira e segunda fase de testes, e com 11 cm de largura e 40 de comprimento para a terceira fase de testes.

A rede de juta foi colocada com 10 cm para cada lado do provete, ficando desta forma com 40 cm livres na primeira e segunda fase de teste e 20 na segunda.

Neste ensaio os autores consideram que os ensaios de aderência (peeling test) tiveram bons resultados, embora com algumas irregularidades devido a irregularidade da estrutura, geometria e propriedades mecânicas dos equipamentos.

Com isto, estes concluíram que os provetes demonstraram dois tipos de rotura, delaminação e rotura da rede de juta. E que ângulos menores levam à rotura da rede.

### **3.4 Rede Fibra de Vidro**

As fibras de vidro são obtidas industrialmente a partir do vidro em estado líquido, ou seja, quando a areia está fundida a uma temperatura de cerca de 1500°C. Esse líquido é arrefecido a uma alta velocidade, onde o controlo cinético facilita a obtenção de fios do tamanho e diâmetro desejado.

As redes fibras de vidro são usualmente utilizadas para melhorar a resistência à fendilhação dos revestimentos, levando a uma redistribuição das tensões reduzindo o efeito de concentrações de tensões. Com essa melhoria de resistência à fendilhação permite que a parede tenha uma maior eficácia a função de estanquidade. (Preto,2013)

A rede fibra de vidro é aconselhado nas seguintes situações: (Vimaplas,2017)

1. Zonas do suporte constituídas por materiais diferentes;
2. Vértices dos vãos;
3. Zonas de suporte muito deformáveis (juntas elásticas);
4. Zonas de suporte superficialmente fendilhadas;
5. Zonas onde seja necessário o enchimento localizado;
6. Camadas de acabamento aplicadas sobre bases já existentes e fendilhadas ou com comportamento mal conhecido.

### **3.5 Vantagens e desvantagens da juta e fibra de vidro**

A RV tem umas características interessantes assim como vantagens. Possui uma excelente capacidade de resistência à tração, elevada resistência às ações alcalinas que ocorrem no interior das argamassas que esta inserida, é de fácil aplicação, possui uma boa flexibilidade, consegue resistir ao fogo, resiste à fissuração, tem a capacidade de melhorar a resistência ao choque e atrito e possui uma baixa condutibilidade térmica.

Quanto às desvantagens não é um material biodegradável, possui um elevado custo e é necessária uma enorme quantidade de energia consumida durante o seu fabrico. (Carvalho, 2015 e Preto,2013)

A principal vantagem da RJ é ser um material originário de uma fonte abundante e de rápida renovação, é um material menos abrasivo comparado com a RV, não é toxica, é biodegradável e é um material proveniente de fontes renováveis.

Quanto a desvantagens é um material com menor resistência aos fungos, possui menor capacidade de resistência à tração, tem maior suscetibilidade aos agentes microbiológicos e é um material mais com maior dificuldade na aplicação (Almeida,2012). Dificuldade também sentida durante a parte dos ensaios práticos desta dissertação.

### **3.6 Custo**

Segundo os preços pesquisados para este estudo, verificou-se que, no momento atual, em média a rede de juta custa mais 25 a 50% que a rede de fibra de vidro. No entanto, este preço poderá ser mais variável que a rede de fibra de vidro por ser um material de origem natural, cuja produção poderá ter maior variação.

## Capítulo 4 – Materiais e métodos

### 4.1 Materiais

#### 4.1.1 Redes

##### 4.1.1.1 Rede de Juta

A rede de Juta (Figura 8) foi a rede escolhida para esta dissertação por ser uma rede de origem natural e renovável, não é tóxica, biodegradável, e tem sido apontada por alguns estudos com sendo capaz de desenvolver adesão excepcional e rigidez adequada em argamassas à base de terra (Fagone et al ,2019).

A rede utilizada foi produzida em Portugal com juta importada, uma vez que não temos cultivo de juta.

Realizaram-se medições para determinar a abertura da malha, retirando de cada direção 10 medições, com isto foi possível determinar que a abertura da malha na direção 1, (paralelamente ao rolo), é em média de 0.42 centímetros e na direção 2, perpendicular ao rolo, de 0.4 centímetros.



Figura 8 - Rede de Juta

Para a caracterização mecânica dos fios de Juta foi realizado um ensaio da norma ISO 2062:2009 *Determination of single-end breaking force and elongation of break using constant rate of extension*.

Este ensaio consiste no alongamento da juta até ao seu rompimento (Figura 9). Para este ensaio foram cortados 10 fios com 20 cm, o comprimento nominal, o que fica entre as duas mandíbulas foi de 10 cm.

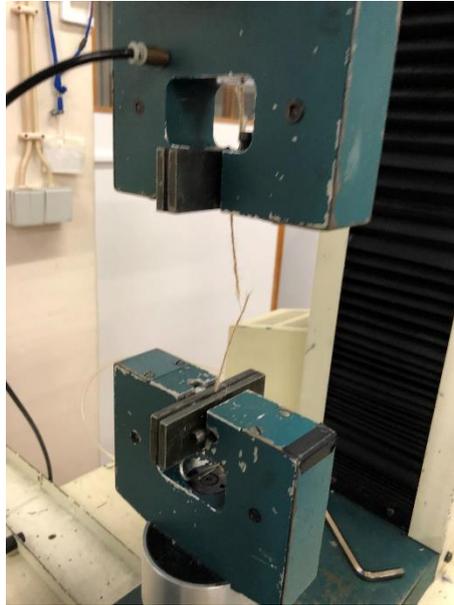


Figura 9 - Rotura da fibra

No gráfico da figura 10 é possível observar o valor registado da força de rotura de cada fio de juta testado.

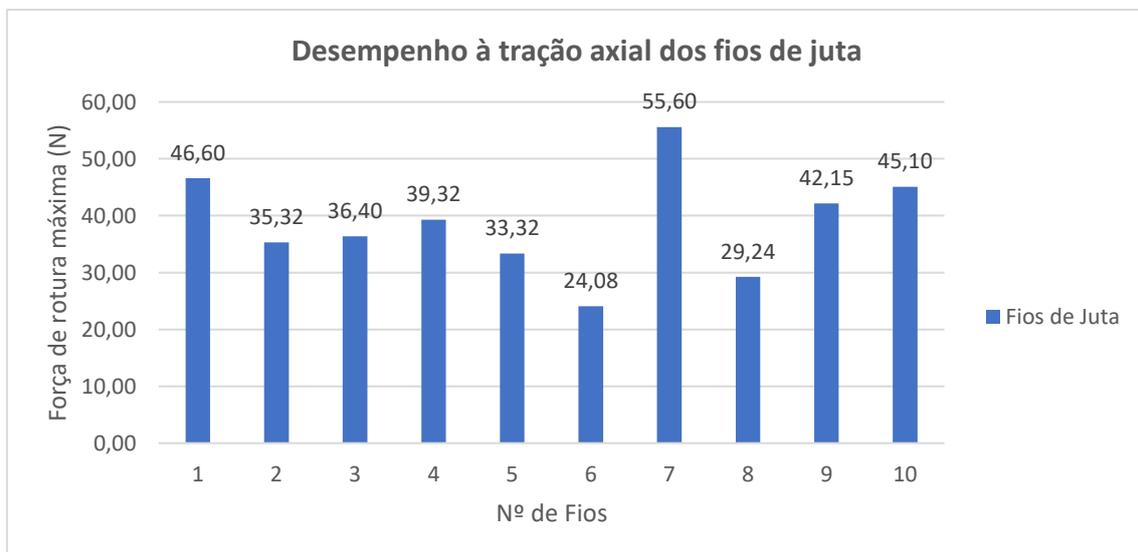


Figura 10 - Desempenho à tração axial dos fios de juta

Com este ensaio, foi obtido um valor médio de 38.71 Newton, um Desvio de padrão de 9.39 e um coeficiente de variação, que é um dado muito importante quando se faz ensaios de resistência a este tipo de material, de 23.58% (sendo um valor aceitável até 50%).

#### 4.1.1.2 – Rede de Fibra de Vidro

Para esta dissertação a rede fibra de vidro utilizada foi a Viplás® 167. Esta foi a Rede fibra de Vidro escolhida porque é uma rede muito utilizada para reforço de argamassas de reboco, com uma abertura de malha adequada, sendo usada por exemplo no sistema ETICS. A rede é tecida com fios 100% fibra de vidro, seguindo um processo de dupla torção, processo esse que lhe confere uma elevada resistência à tração. Resistência essa elementar no reforço de revestimentos. Depois ainda é submetida a uma infusão de resina que a protege das reações álcalis-sílica (RAS), que são reações expansivas de origem interna que ocorrem por vezes no betão provocando a degradação das estruturas, o que permite o aumento considerável da sua durabilidade. (Santos e Brito., 2008)

##### 4.1.1.2.1 Características

Tabela 3 - Identificação da rede (Laboratório Nacional de Engenharia Civil [LNEC],2017)

Rede	Dimensões Nominais da malha (mm x mm)	Massa nominal por unidade da superfície (g/m <sup>2</sup> )
VIPLÁS 167	5,0 x 4,0	160

Tabela 4 - Valores obtidos nos ensaios realizados pelo LNEC (LNEC, 2017)

Rede	Dimensão da malha (mm x mm)	Massa por unidade de superfície (g/m <sup>2</sup> )		Teor de cinzas a 625°C (%)		Resistência à tração (N/mm)				Alongamento na rotura (%)			
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Teia		Trama		Teia		Trama	
						Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
VIPLÁS 167	4,8 x 4,0	156	3,6	80,8	0,8	37,6	3	38,2	1,8	3,8	0,2	3,8	0,2
VIPLÁS 167 após envelhecimento*	-	-	-	-	-	23,6	0,7	20,9	0,7	2,9	0,1	2,5	0,1

\* O envelhecimento é realizado em meio líquido (solução alcalina) o que permite alguma desformação da malha que não se verifica nas condições reais de incorporação em argamassa endurecida. A alteração de forma pode prejudicar os resultados de modo diferente em cada uma das direções.

#### 4.1.1.3 Comparação das Redes de Juta e de Fibra de Vidro

Foram realizados Ensaio de tração à rede de Juta e à rede Fibra de Vidro, segundo a norma ISO 5081:1977, *Determination of breaking strength and elongation (Strip method)*, onde foram cortados provetes de 15 cm de comprimento por 7.5 cm de largura, depois foram colocados na máquina de ensaio deixando um comprimento nominal de 10 cm (Figura 11).

Foram cortadas 3 amostras de juta e 3 de fibra de vidro em cada direção.

Direção 1 – Paralelamente ao rolo

Direção 2 – Perpendicular ao rolo

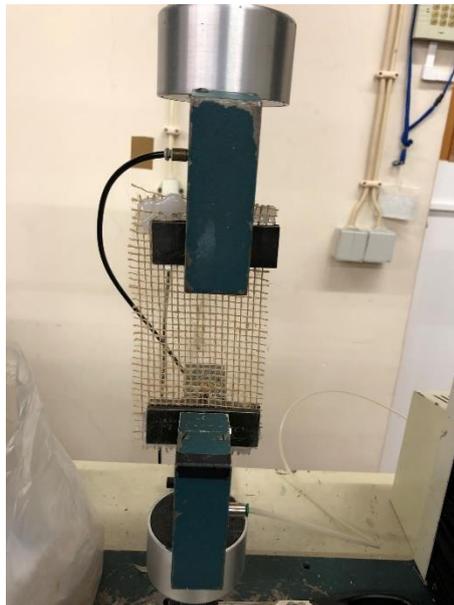


Figura 11 - Rede de juta no ensaio de tração

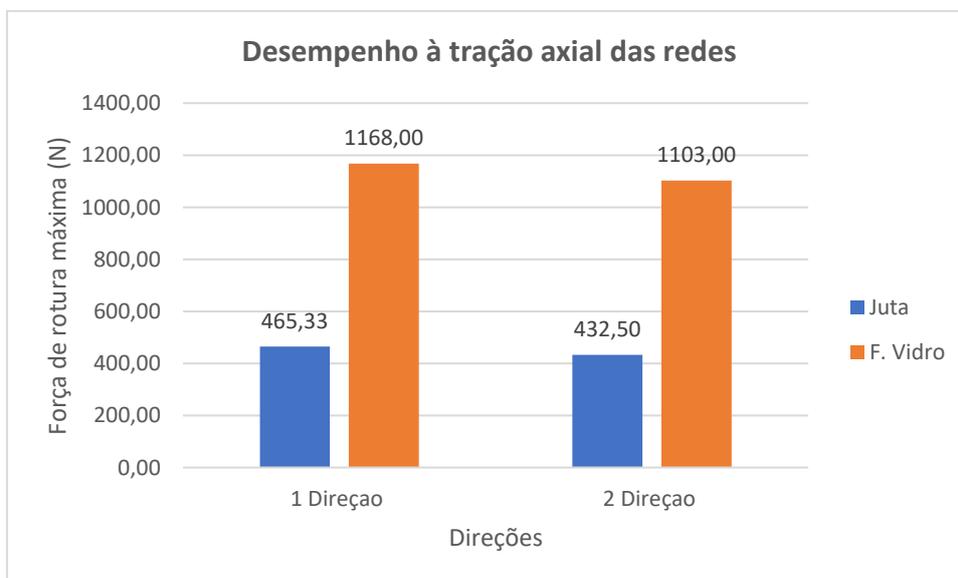


Figura 12 - Desempenho à tração axial das redes

Como se verifica na Figura do gráfico 12, tanto a rede de Juta, como a rede fibra de vidro possuem quase a mesma resistência na direção 1 ou na direção 2. É possível observar que a rede fibra de vidro, como era de esperar visto ser um material sintético, possui bem mais resistência à tração que a rede de Juta.

Quanto á maleabilidade das redes referidas acima podemos concluir que a RJ é mais maleável que a RV, podendo ser uma vantagem ou uma desvantagem.

Em casos onde se pretenda cobrir mais área a RV talvez possa ser a melhor opção, em casos onde seja necessário a dobragem da rede como em cantos, janelas talvez a RJ seja melhor opção por ser mais flexível e adaptável.

Esta questão da maleabilidade foi sentida durante a realização da parte pratica desta dissertação onde era mais rápido a conclusão de amostras com RV.

## **4.2 Argamassas**

### **4.2.1 Argamassa de cal aérea hidratada, gesso e areia fina**

Foi preparada em laboratório uma argamassa composta por cal aérea hidratada, gesso e areia fina ao traço (1:0,25:2) com adição de 20 %, em massa, de água.

Sendo a cal aérea utilizada da marca Lhoist e o gesso empregue foi gesso estuque comercial da marca Sival.

### **4.2.2 Argamassa de cal aérea hidratada e saibro**

Preparou-se em laboratório uma argamassa composta por cal aérea hidratada e saibro ao traço (1:3) com 25 % de água. O saibro (Figura 13) utilizado é proveniente da região do Minho com 40 % de argila e 30% de areia média e 30% de areia fina.



*Figura 13 - Saibro utilizado*

#### 4.2.2.1 Curva granulométrica do saibro:

Na figura 14 pode-se observar a curva granulométrica do saibro usada para a argamassa realizada em laboratório.

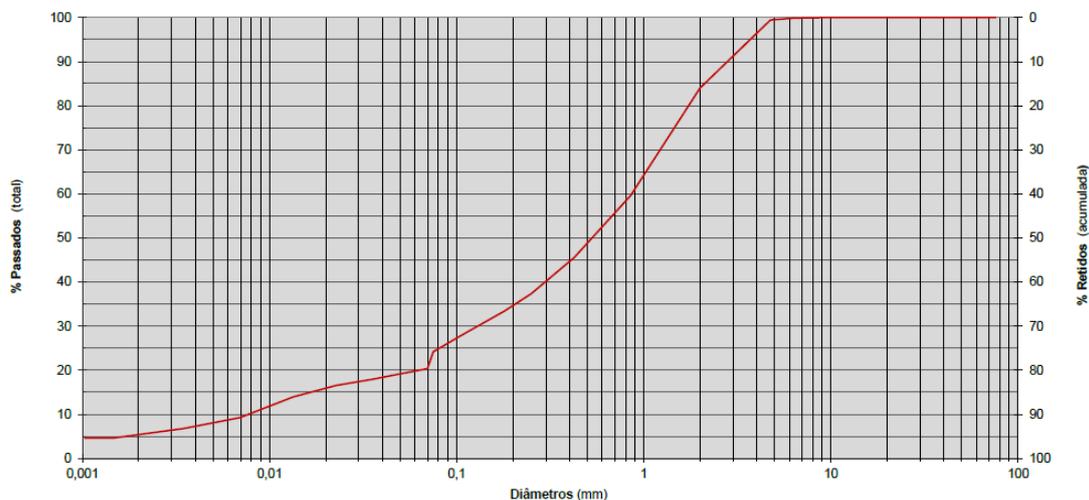


Figura 14 - Curva granulométrica do saibro

#### 4.2.3 Argamassa de gesso/ cal pré-doseada

Utilizou-se o produto PROYALBI PLUS (Figura 15) que é constituído, essencialmente, por gesso sob a forma de sulfato de cálcio hemi-hidratado, anidrite, cargas minerais constituídas por areias siliciosas e silicatos expandidos (perlite) e diversos adjuvantes.

Na ficha técnica afirma que é necessária água com um volume entre 60% a 65%.

Neste caso prático adicionou-se apenas 40% de água.



Figura 15 - Saco da argamassa utilizada

#### 4.2.4 Argamassa de cal-pré-doseada

Utilizou-se uma argamassa de cal-pré-doseada, a Reabilita Cal RB da Secil. Esta é uma argamassa seca constituída exclusivamente a partir de cal hidráulica natural. Incorpora agregados siliciosos e calcários. Dispondo de propriedades particulares de aderência, resistência química e durabilidade adequada à função que se destina. A reabilita cal RB é vocacionada para a aplicação projetada, podendo ser aplicada manualmente. (Secil,2021) Em relação a água, a ficha técnica da Secil declara que é necessário cerca de 4,0 a 4,5 litros de água por cada saco de 25 kg.

Para este caso prático utilizou-se a proporção de 4,0 Litros de água para 25 kg, portanto para cada 1000gr de reabilita Cal RB usou-se 160 ml de água.

##### 4.2.4.1 Características:

Tabela 5 – Características técnicas da argamassa reabilita CAL RB. (Secil,2021)

<b>Produto em pó</b>	<b>Valor</b>	<b>Norma</b>
Granulometria	<3,5mm	-
<b>Produto em pasta</b>	<b>Valor</b>	<b>Norma</b>
Água da amassadura	17,5 ± 1,0 %	-
Consumo teórico	12,0 kg/m <sup>2</sup> /cm	-
<b>Produto endurecido</b>	<b>Valor</b>	<b>Norma</b>
Resistência à compressão	Classe CS II	EN 1015 – 11
Aderência ao tijolo e bloco / Modo de fratura	≥ 0,2 Mpa / B	EN 1015 – 12
Módulo de elasticidade	2 Gpa	BS 1881 – 5
Massa volúmica	1450 ± 150 kg/m <sup>3</sup>	EN 1015 – 10
Capilaridade (24h)	≥ 0.3 kg/m <sup>2</sup>	EN 1015 – 18
Permeabilidade ao vapor de água	≤ μ 35	EN 1015 – 19
Penetração de água após ensaio de capilaridade	< 5,0 mm	EN 1015 – 18
Reação ao fogo	Classe A1	EN 988 – 1
Condutibilidade térmica	0,61 W/(m.K) (P=50%)	NP EN 1745

#### 4.2.5 Argamassa de cal pré-doseada de colagem para revestimento para ETICS

Utilizou-se uma argamassa de colagem e regularização superficial, Isovit Ecork da Secil, com ligantes mistos, agregados de cortiça natural e cal hidráulica natural, apropriada para a renovação do isolamento térmico de fachadas pintadas ou revestidas a cerâmicos (Secil,2021). É uma argamassa que promove um aumento do desempenho térmico e acústico em placas de aglomerado negro de cortiça (ICB) em sistemas de isolamento térmico pelo exterior.

Segundo a ficha técnica esta argamassa deve ser amassada misturando 6,1 a 6,5 L de água para cada saco de 20Kg. Para esta dissertação foi utilizado 6.1 L por cada 20 Kg.

##### 4.2.5.1 Características

Tabela 6 – Características da argamassa Isovit E-Cork (Secil,2021)

<b>Produto em pó</b>	<b>Valor</b>	<b>Norma</b>
Cor	Bege	-
Granulometria	<1,0 mm	-
<b>Produto em pasta</b>	<b>Valor</b>	<b>Norma</b>
Água de amassadura	31,5 % $\pm$ 1,0 %	-
Consumo teórico	3,5 kg/m <sup>2</sup> - Colagem 1,1kg/m <sup>2</sup> /mm- Regularização	-
<b>Produto endurecido</b>	<b>Valor</b>	<b>Norma</b>
Resistência à compressão	$\geq$ 6,0 Mpa	EN 1015-11
Resistência à flexão	$\geq$ 2,5 Mpa	EN 1015-11
Aderência ao tijolo e bloco/Modo de fratura	$\geq$ 0,4 Mpa/A e B	EN 1015-12
Aderência à placa de isolamento (aglomerado negro de cortiça, ICB)	$\geq$ 0,1 Mpa Rotura no seio do isolamento	-
Massa Volúmica	1050 $\pm$ 150 kg/m <sup>3</sup>	EN 1015-10
Capilaridade	Classe $W_c$ 2	EN 1015-18
Permeabilidade ao vapor	$\leq$ 20 $\mu$	EN 1015-19
Reação ao fogo	Classe A1	EN 998-1
Condutibilidade térmica ( $\lambda_{10,dry}$ )	0,33 W/m, °C (P=50 %)	NP EN 1745

#### 4.2.5 Resumo das Argamassas testadas – Amostras

Na tabela 7 apresenta-se um resumo das argamassas testadas e dos respetivos ensaios. Os testes de aderência realizaram-se sobre tijolo para todas as argamassas à exceção da argamassa do sistema ETICS que foi sobre cortiça. O teste de fungos foi também realizado sobre suporte de tijolo para a maioria das argamassas. No entanto, testou-se a argamassa pré-doseada de cal (reabilita cal RB) sobre betão de cânhamo, uma vez que foi a argamassa com melhor resistência mecânica e pretendia-se verificar o aparecimento de fungos sobre este betão leve. Escolheu-se este material porque é um material também de origem natural e está a crescer a sua utilização na construção em Portugal e sendo uma construção tipicamente com estrutura de madeira existem zonas de construção em que é necessária uma rede de reforço para evitar o aparecimento de fissuras. Realizou-se apenas o teste de fungos sobre o betão de cânhamo e não o teste de aderência porque o tipo de teste realizado não permitiu a testagem deste material com menor resistência que o tijolo cerâmico.

O tijolo foi o suporte escolhido em vez do betão de cânhamo porque para a realização do ensaio de aderência foi necessário pensar numa maneira de segurar suporte à base, essa maneira foi a colocação de dois ferros nos furos do tijolo, além disso era preciso um suporte bastante rígido para suporta a carga de tração.

Tabela 7 – Argamassas testadas – Amostras e ensaios realizados

Argamassas	Sigla	Caracterização mecânica (flexão e compressão)	Argamassas reforçadas com FJ ou FV	
			Testes de aderência	Teste de fungos
			Suporte	Suporte
Reboco de cal aérea hidratada, gesso e areia fina 1:0.25:2	Cal-CL90Gar	Amostras 4x4x16cm	Tijolo	x
Reboco de cal aérea hidratada e saibro 1:3	Cal-CL90Sa			x
Reboco de gesso pré-doseada	Gesso-PD			x
Reabilita cal RB	Cal – PD			Betão de Cânhamo
ISOVIT E-CORK – Ligantes mistos, NHL, pó cortiça	L Mix E-CORK		Aglomerado negro de cortiça – ICB	Aglomerado negro de cortiça – ICB

### **4.3 Betão leve de cânhamo**

O cânhamo é uma planta que pertence à família das Urticáceas, subfamília das Cannaboideas ou Cannabináceas, cujo nome científico é *Cannabis Sativa L.* É uma planta que cresce sem grande necessidade de herbicida nem pesticidas e proporciona o azoto que a terra necessita para se tornar fértil. Tem a propriedade de conseguir resistir ao mofo e aos micróbios e possui um ótimo poder isolante (Araujo,2015). O cânhamo industrial, *cannabis sativa L.*, possui um índice quase nulo de substâncias psicotrópicas ou tetraacnabiol, THC,. Sendo neste componente a principal diferença entre o cânhamo e a marijuana (C. Romão, 2000, apud Araujo,2015).

O “betão de cânhamo” ou “*hemcrete*”, uma mistura à base de granulado de cânhamo (proveniente do caule da planta) e cal e foi utilizado como suporte para o estudo de durabilidade face aos fungos. Neste caso, utilizou-se amostras de um estudo anterior da Universidade do Minho. (Kropidłowska, 2019)

### **4.4 Cortiça**

O aglomerado de cortiça Expandida (Insulation Cork Board ICB) é um produto de origem natural, de origem vegetal que origina da expansão dos grânulos de cortiça por ação de vapor de água.

As principais vantagens da cortiça são que é um material natural, reciclável, tem uma baixa energia incorporada, possui uma pegada de carbono negativa, boa durabilidade mantendo as suas características técnicas, é um excelente isolante térmico, acústico e anti vibratório e também possui uma boa permeabilidade ao vapor de água.

As desvantagens deste material passam pelo alto valor do material, tendo a sua origem na casca de sobreira faz com que seja um material escasso, é um material mais degradável e é mais suscetível aos fungos. (Lu,2014)

Para a presente dissertação foi utilizado aglomerado negro de cortiça de 4 centímetros de espessura.

## 4.5 Metodologia

### 4.5.1 Plano de Ensaios

O estudo experimental desta dissertação seguiu as seguintes etapas:



Figura 16 – Etapas

### 4.5.2 Métodos de ensaios

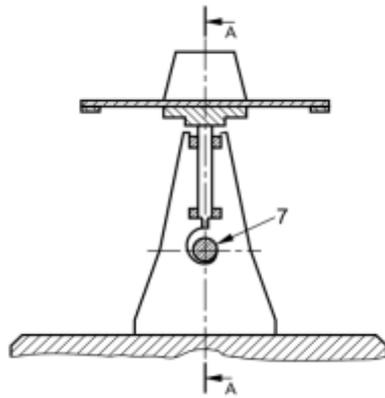
#### 4.5.2.1 Caracterização de argamassas:

##### 4.5.2.1.1 Ensaio de Espalhamento:

O ensaio de espalhamento destina-se a determinar a consistência da argamassa fresca sem qualquer tipo de obstrução. Este ensaio foi realizado segundo a norma EN 1015-3.

Para a realização do ensaio de espalhamento é necessária uma mesa, como demonstrado na figura 17, depois é aplicado um bocado de óleo na mesa para a argamassa não colar á mesa.

De seguida é centralizado o molde tronco-cônico com 10 cm de base inferior, 7 cm de base superior e 5 cm de altura no disco da mesa de espalhamento e é colocado a argamassa no molde em 2 camadas, sendo cada uma compactada 10 vezes com o pilão para garantir o enchimento uniforme do molde.



*Figura 17 - Mesa de ensaio*

Depois rasa-se com uma colher de trolha para retirar a argamassa em excesso (Figura 18) e depois de 15 segundos levanta-se lentamente o molde na vertical (Figura 19).

Posteriormente submete-se a mesa de espalhamento a 15 pancadas através da rotação manual do manipulador com uma frequência constante de uma pancada por segundo. (Frazão, et al.,2014,pp.19)

Finalmente, mede-se o diâmetro em duas direções perpendiculares. (Figura 20)



*Figura 18 - Argamassa no molde*



*Figura 19 - Após a retirada do molde*



*Figura 20 - Medição em 2 sentidos*

#### 4.5.2.1.2 Resistência mecânica

Para a caracterização mecânica das argamassas (Compressão e Flexão), utilizou-se a norma EN 1015-11 onde o provete tem como dimensões 160mm x 40mm x 40mm e foram realizados 3 provetes por argamassa.

Para realizar esta caracterização comecei pela preparação dos provetes pelo seguinte processo: Processo esse que pode ser observado da Figura 21 até à Figura 30.

- 1- Preparação da argamassa;
- 2- Realização do ensaio de espalhamento;
- 3- Colocação da amostra até metade do provete.
- 4- 60 Pancadas
- 5- Encher o provete até cima
- 6- Mais 60 pancadas
- 7- Colocação na camara húmida
- 8- Desmoldar.
- 9- Ensaio Flexão
- 10- Ensaio Compressão



Figura 21 - Preparação da argamassa    Figura 22 - Ensaio do espalhamento    Figura 23 - Altura do provete e máquina de compactação



Figura 24 - Argamassa até meio

Figura 25 - Depois das pancadas acab  
de encher

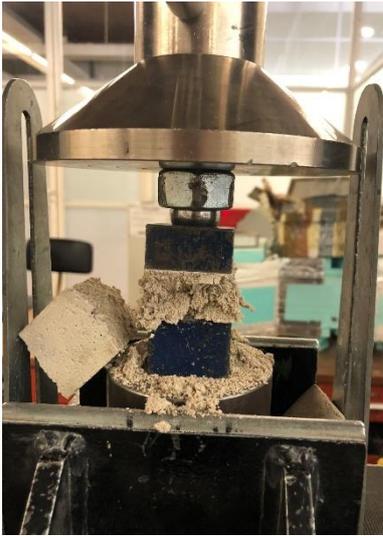
Figura 26 - Desmoldagem depois do  
tempo de cura



Figura 27 - Ensaio de Flexão

Figura 28 - Depois do ensaio de flexão

Figura 29 - Ensaio de compressão



*Figura 30 - Resultado do ensaio de compressão*

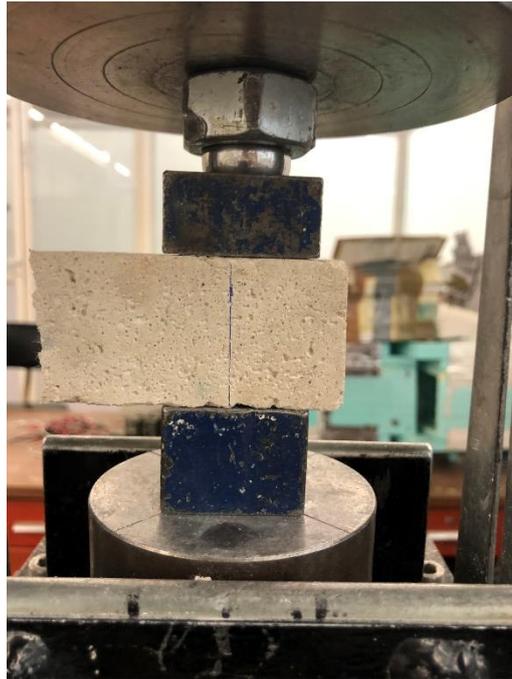
A norma afirma que para o ensaio de flexão é necessário aplicar a carga sem choque a uma carga uniforme entre 10 e 50 N para que a falha ocorra dentro de um período de 30 a 90 segundos. Na figura 31 é possível observar o sistema utilizado para o ensaio de flexão.



*Figura 31 - Sistema usado para Flexão*

Enquanto para o ensaio de compressão a mesma norma afirma que é necessário a uma carga uniforme entre 50 N/s a 500 N/s para que a falha ocorra no mesmo período do ensaio de flexão (entre 30 a 90 segundos).

Para este ensaio foram utilizados os provetes resultantes da quebra durante o ensaio de flexão. Seguidamente, colocou-se cada provete o mais centrado possível para boa distribuição de cargas como demonstra a figura 32.



*Figura 32 - Sistema para o ensaio de compressão*

Para o ensaio de Flexão o provete tem de ser colocado 3 cm para cada lado como mostra a figura 33.

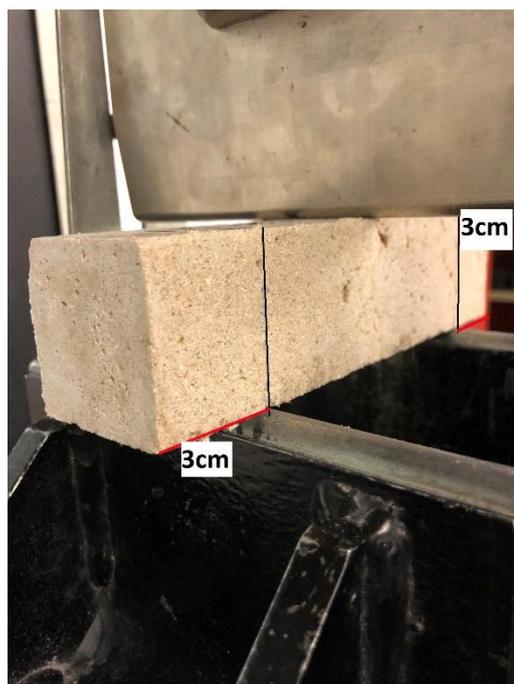


Figura 33 - Preparação do ensaio

Cada ensaio teve de ser ajustado em relação à velocidade de carga ficando sempre entre as velocidades estabelecidas pela norma, para que o tempo de ensaio fosse de acordo com a norma regida.

O ensaio das amostras Cal-CL90GAr, Cal-CL90Sa e Gesso-PD foi realizada por controlo por deslocamentos (extension rate) por serem argamassas teoricamente mais fracas, e desta forma conseguir obter resultados o mais fidedignos possível.

O ensaio das amostras Cal - PD e L Mix E-CORK foi realizado por Load rate pois são argamassas com capacidades teoricamente mais altas.

O ensaio foi realizado aos 56 dias de cura, uma vez que a esta idade, para as argamassas de cal já terão ocorrido mais reações de carbonatação e como tal, melhores resistências. Além disso, também é mais vantajoso para perceber se o ambiente alcalino das argamassas à base de cal degrada ou prejudica o desempenho das FJ.

Após a Rotura dos provetes registaram-se a força em Newton e a duração em segundos. Seguidamente calcula-se a resistência por flexão em MPa através da seguinte equação:

$$R_t = \frac{1.5 \times F_f \times l}{b^3}$$

Onde:

$F_f$  – é a força máxima aplicada no provete (N)

$l$  – Distancia entre os pontos de apoio onde assenta o provete (100mm)

b – Corresponde ao lado da secção quadrada (40 mm)

Depois calculou-se a resistência á compressão através da equação:

$$R_c = \frac{F}{A}$$

Onde

F- é a força máxima aplicada no provete (N)

A – área de aplicação (40x40 mm)

#### **4.5.2. Caracterização mecânica da rede de Juta:**

Para a determinação da resistência à tração da Juta como foi dito anteriormente nesta dissertação, o ensaio foi regido pela norma ISO 2062. Para além do ensaio da juta sem qualquer aditivo, foi realizado ensaios a fios de juta com aditivos:

- Ácido Cítrico (10 fios);
- Bórax (10 fios);
- Terebentina (10 fios).

Assim como a fios resultantes da camara quente:

- Sem aditivo (10 fios)
- Ácido Cítrico (10 fios);
- Bórax (10 fios);
- Terebentina (10 fios).

E por fim a fios de juta que foram submetidos a ensaios microbiológicos:

- Bactérias 3 fios para cada bactéria;
- Fungos 3 fios para cada fungo.

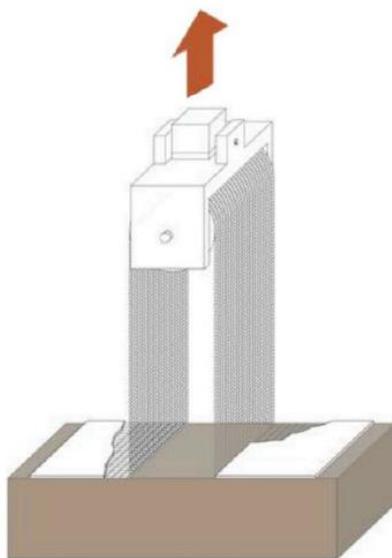
#### **4.5.3 Caracterização mecânica do conjunto – Argamassa reforçada sobre suporte:**

Foram realizados dois testes para avaliação da aderência da rede FJ em comparação com a rede FV. O ensaio de aderência simétrico ou *symmetric peeling test*, em que se avalia a delaminação ou escamação poderá ser provocada pela falta de aderência entre a malha e argamassa. Outro ensaio realizado foi o ensaio de aderência axial ou *single lap joint test* ou também referido como *Near-End Supported Single Shear Tests (NES-SST)*. Com este ensaio pretende-se avaliar a resistência ao cisalhamento ou ao corte que pode ocorrer no final da malha ou nos cantos das paredes por esforços de tração paralela à malha/argamassa.

#### 4.5.3.1 Ensaio de Aderência Simétrico ou Symmetric Peeling test

Para este ensaio foi realizado um total de 66 ensaios sendo dos quais 33 ensaios com rede de juta e 33 com rede fibra de vidro.

Este ensaio surgiu durante a pesquisa bibliográfica onde foi encontrado um ensaio mecânico que segundo (Fagone, et al. 2019) tem sido bastante estudado e adotado para a medição da força de adesão, ou seja, a força necessária para separar as fibras da argamassa. (Figura 34)



*Figura 34 - Exemplo de como funciona o ensaio  
(Fonte – Fagone, et al. 2019)*

A preparação deste ensaio começou com o corte das redes com 9 centímetros de largura e 60 centímetros de comprimento. De seguida os tijolos foram mergulhados durante 5 minutos para que o índice de humidade fosse igual em todos. Os tijolos foram divididos a meio para melhor aproveitamento do tijolo. Desta forma foi possível realizar 2 ensaios por tijolo, combatendo o desperdício de mais tijolos

Na parte superior era colocada argamassa com espessura de 0.5 centímetros, depois a rede e por fim mais 0.5 centímetros de argamassa. Este modelo foi utilizado para todas as argamassas à exceção da Isovit E-CORK.

A única diferença nesta argamassa foi a colocação de cortiça, ficando 0.5 centímetros de argamassa, cortiça de 4 centímetros, 0.5 centímetros de argamassa, rede e por fim 0.5 centímetros de argamassa. Esta alteração foi efetuada pelo facto desta argamassa ser apropriada em sistemas ETICS nomeadamente na cortiça. (Figura 36)

A rede foi colocada 10 centímetros de cada lado e 40 centímetros “livres” como exemplifica a Figura 35.



Figura 35 - Exemplo do tijolo com a rede 10+40+10 cm



Figura 36 - Exemplo do tijolo com cortiça

Para o mecanismo para o ensaio foram introduzidos 2 varões de aço na furação do tijolo, presos com 2 chapas como é demonstrado na figura 37 para não permitir o deslocamento vertical. Depois é colocado um tubo de aço, na zona onde a rede de fibra fica “livre”, e este é amarrado com um fio de metal no ponto da máquina, este ponto pode rodar, desta forma ajustar-se á posição do tijolo permitindo a não torção da rede.

Foram realizados para cada argamassa 6 ensaios para cada rede aos 28 dias de cura. Para a argamassa Cal-CL90Sa foram ainda realizados 3 ensaios de cada rede para ser ensaiado aos 60 dias.

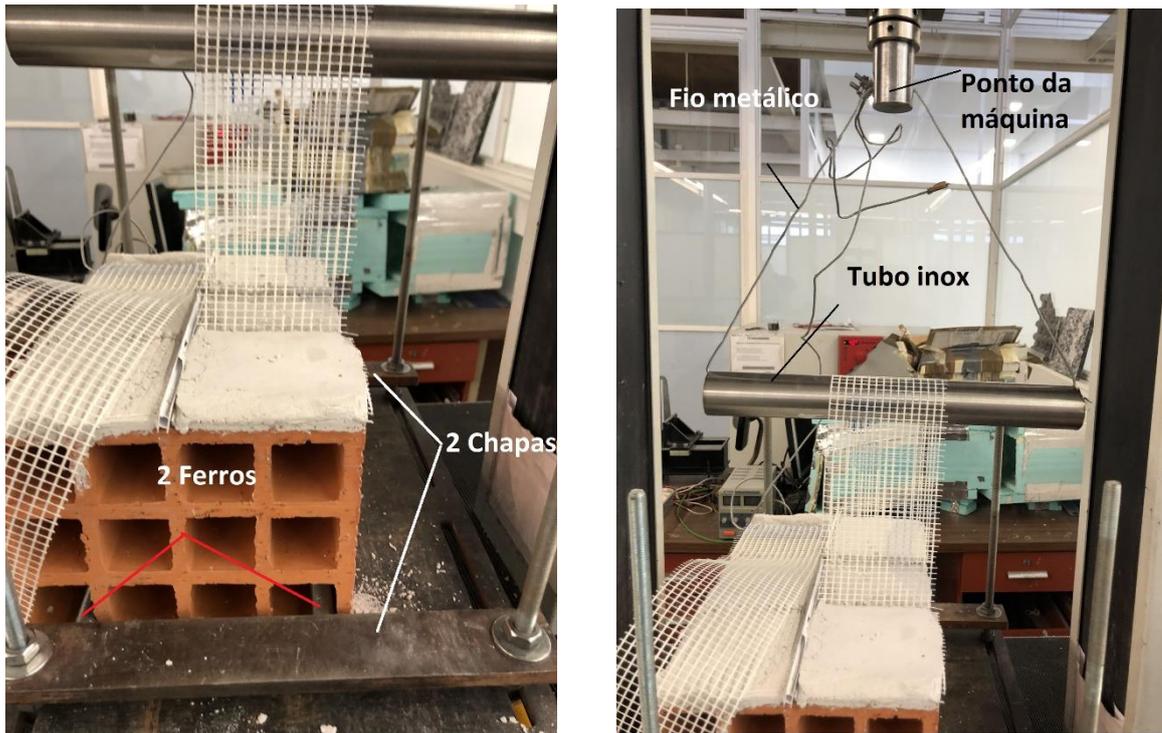


Figura 37 - Mecanismo utilizado

Exemplo do setup em uso (Figura 38):



Figura 38 - Setup utilizado

#### 4.5.3.2 Ensaio de Aderência Axial ou Single Lap Joint Test

Este ensaio é realizado com o suporte na vertical, neste caso o tijolo cerâmico, e a rede é tracionada na vertical também, conforme a Figura 39. Para este ensaio foi feito um total de 12 ensaios com argamassa para ETICS, em que 6 foram testados com RJ e 6 com rede FV.

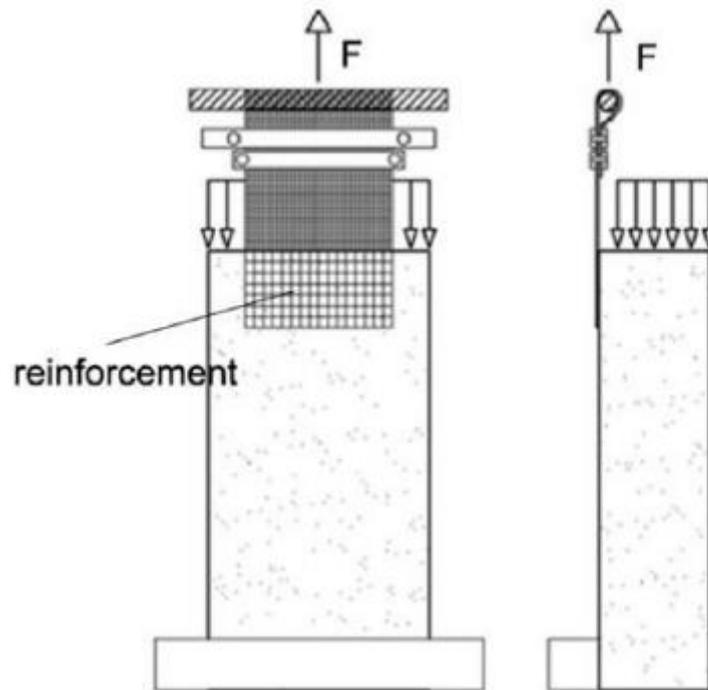


Figura 39 - Ensaio Axial - (Fonte – Fagone, et al. 2019)

Para a realização deste ensaio foi necessário pensar numa maneira para conseguir “pegar” na rede. Foi tentado com a rede de juta de volta do tubo de inox e depois preso na parte de baixo com duas chapas, mas a rede fugia devido a não ter tração entre as peças.

Para resolver o problema da tração foram colocados dois pedaços de borracha um de cada lado da rede e colado com cola quente, conforme a Figura 40.



*Figura 40 - Rede de juta com borracha colada com cola quente*

Os tijolos foram mergulhados durante 5 minutos para equilibrar a humidade do tijolo. Neste ensaio foram utilizadas redes com 9.5 centímetros de largura e 40 centímetros de comprimento. O conjunto foi feito com 0.5 centímetros de argamassa, cortiça, 0.5 centímetros de argamassa, rede e por fim mais 0.5 centímetros de argamassa. A rede encontra-se inserida na argamassa ao longo de todo o tijolo



*Figura 41 - Mecanismo utilizado*

Como demonstrado na figura 41 podemos observar que o mecanismo utilizado para este ensaio foi praticamente o mesmo que para o ensaio de aderência com a diferença do tipo de apoio na rede passando do tubo de inox para as chapas de inox.

#### 4.5.4 Ensaio de suscetibilidade face a fungos e bactérias

Durante esta dissertação, para os ensaios de durabilidade da Juta, esta foi submetida a diferentes substâncias como mostra o quadro abaixo (Tabela 8):

Para cada uma das substâncias foi determinado um número e uma cor para poder identificar ao longo dos ensaios biológicos.

*Tabela 8 - Substâncias utilizadas na rede*

Substância	Número	Cor	Proporção
S. Substância/ Natural	1	Cinzento	-
Soda Cáustica	2	Laranja	1 de água para ¼ de substância
Ácido cítrico	3	Vermelho	1 de água para ¼ de substância
Bórax	4	Azul-Claro	1 de água para ¼ de substância
Cal	5	Branco	1 água para 0.5 de cal
Terebintina	6	Preto	É líquido.

Tanto a rede de Juta como a rede de fibra de vidro para os ensaios bacteriológicos foram mergulhadas durante 5 minutos na substância (Figura 42).



*Figura 42 - Submersão da rede de juta no Á.C.*

#### **4.5.4.1 Bactérias**

Para este ensaio utilizamos 2 bactérias positivas-Gram *Micrococcus luteus* e *Bacillus subtilis* que foram amavelmente cedidas pela Doutora Vitória Araújo Maciel, técnica do CEB da Universidade do Minho. Estas bactérias foram selecionadas pois são as mais comuns no ambiente interior dos edifícios.

Segundo Silva. et.al,2013 A bactéria *Micrococcus luteus* é uma bactéria patogena humana oportunista e esta frequentemente associada a infeções adquiridas em ambientes hospitalares.

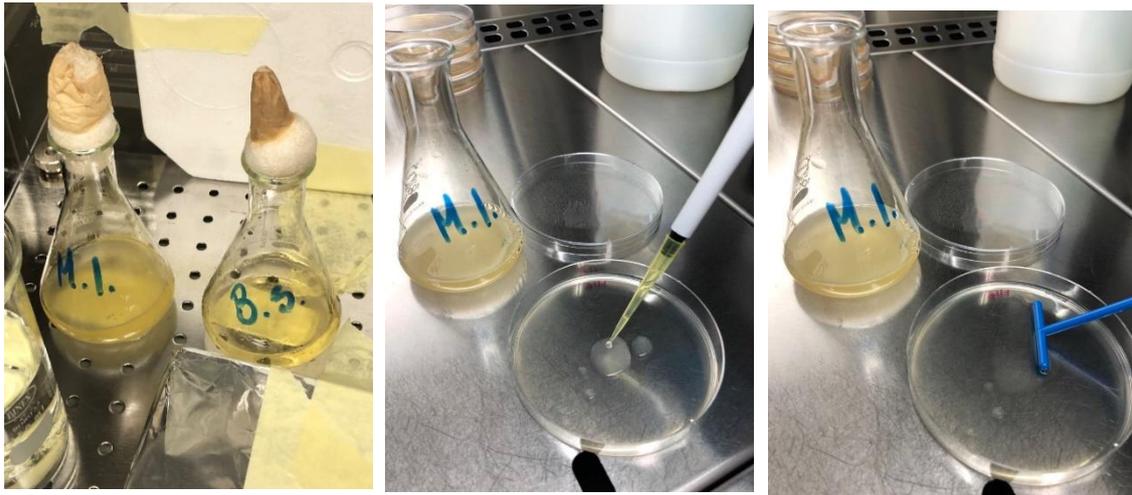
O papel desta bactéria no organismo é o de reforçar infeções como, por exemplo, meningite, pneumonia, infeções do trato urinário.

Segundo Danchin, “*Bacillus subtilis*” é um organismo onipresente. Em laboratório é de fácil cultivo e de fácil manuseio. Na natureza, *Bacillus subtilis* habita o solo e ambientes aquáticos. Embora também possa aparecer no trato intestinal de animais, não sendo considerado um patógeno humano.

*Bacillus subtilis* é considerado geralmente seguro pela Food and Drug Administration (FDA). Além disso é uma bactéria que tem vindo a ser amplamente utilizada em biotecnologia e tornou-se numa ferramenta eficiente na produção de enzimas. O que a torna num importante elemento na produção de alimentos, intensificadores de sabor, adoçantes e aditivos para ração, detergentes domésticos, antibióticos, vitaminas e desenvolvimento de vacinas. (Danchin,2013.p.135-144).

Para a realização deste ensaio utilizamos algumas colônias bacterianas de cada tipo de bactéria e são colocadas em 20 mL de meio de cultura apropriado. No caso presente é utilizado um caldo de nutrientes (Nutrient Broth), desta forma foi criado aquilo que é denominado de inóculos.

De seguida deixa-se crescer a uma temperatura de 37°C e 120 rpm durante o maior tempo possível, para o presente caso foi de 10h. A figuras 43 mostram o processo realizado.



*Figura 43 - Preparação dos ensaios bacteriológicos*

Depois em placas de agar pré-preparadas, neste presente caso de Nutrient Agar (agar de nutrientes) foram colocados 200 uL da solução bacteriana com a ajuda de um espalhador e de seguida foram adicionadas as amostras na parte central como mostra a figura 44.

Posteriormente foram deixadas incubar por 72h a 37°C sem agitação.

Foram realizadas três amostras para cada substância e bactéria.



*Figura 44 - Colocação da amostra no centro*

#### **4.5.4.2 Fungos**

Para a caracterização da rede de Juta à ação dos fungos foram utilizados dois fungos o *Cladosporium herbarium* e o *Penicillium chrysogenum*. Estes fungos foram escolhidos pois os são dois dos fungos disponíveis no laboratório e são típicos em materiais orgânicos com celulose na sua constituição, como a rede de juta, e podem surgir também em ambientes interiores

Para este ensaio começamos pelo cultivo do fungo no agar (nutriente para os fungos), depois foi necessário esperar 7 dias para o desenvolvimento dos fungos. Posteriormente foi colocado a rede de Juta no centro do provete.

O ensaio teve a duração de 7 dias, onde a rede esteve permanente em contacto com o fungo. Posteriormente a isto poderemos analisar se a substância utilizada fez qualquer efeito ao normal crescimento do fungo.

#### **4.5.4.3 Durabilidade do fio de juta ao calor**

O ensaio da camara, teve a duração de 1 mês, consiste na colocação de fios de juta numa camara com uma temperatura constante e com humidade, temperatura essa de 25° C.

A figura 45 mostra os fios e por baixo tem uma terrina com 1.5 Litros de água para regular a humidade.



*Figura 45 - Amostras na camara*

Este ensaio permite perceber se num ambiente quente e húmido a fibra perde características de resistência.

#### **4.5.4.4 Suscetibilidade a fungos em conjunto (cubos)**

Para realização deste ensaio fez-se uma adaptação do método para teste padrão para a determinação da resistência de fungos de materiais de isolamento e revestimentos da norma (C1338 – Standart Test Method for determination fungil resistance of insulation materials and facings).

Este ensaio foi realizado com o auxílio de uma caixa termicamente selada e uma sonda (Figura 46) para a medição da temperatura e humidade.



*Figura 46 - Sonda de medição de temperatura e humidade*

Para este ensaio foram cortados 36 cubos de cortiça com 5 x 5 x 4 centímetros. Na parte superior foram colocados 0.5 centímetros de argamassa de Iovit E-cork, rede e novamente 0.5 centímetros de argamassa. Foram realizadas 3 amostras de fibra de vidro e 3 de rede de juta para cada substância utilizadas nesta dissertação.

Depois, também foram cortados cubos de betão de cânhamo com 5x5x5 centímetros. Na parte superior foram colocados 0.5 centímetros de argamassa Reabilita Cal, rede e novamente mais 0.5 centímetros de argamassa. Essas redes foram submetidas às substâncias anteriormente descritas nesta dissertação.

Depois dos cubos estarem prontos foram colocados durante 2 horas submersos, de seguida, foram colocados numa caixa isolada, com água no seu fundo para manter a humidade constante, assim como a temperatura ao longo de todo o ensaio.

O gráfico da figura 47 apresenta a humidade e temperatura durante toda a duração do ensaio. Neste gráfico é possível observar 2 quedas bruscas da humidade, onde provavelmente tenham ocorrido durante as primeiras observações dos ensaios e tenha deixado a tampa muito tempo aberta.

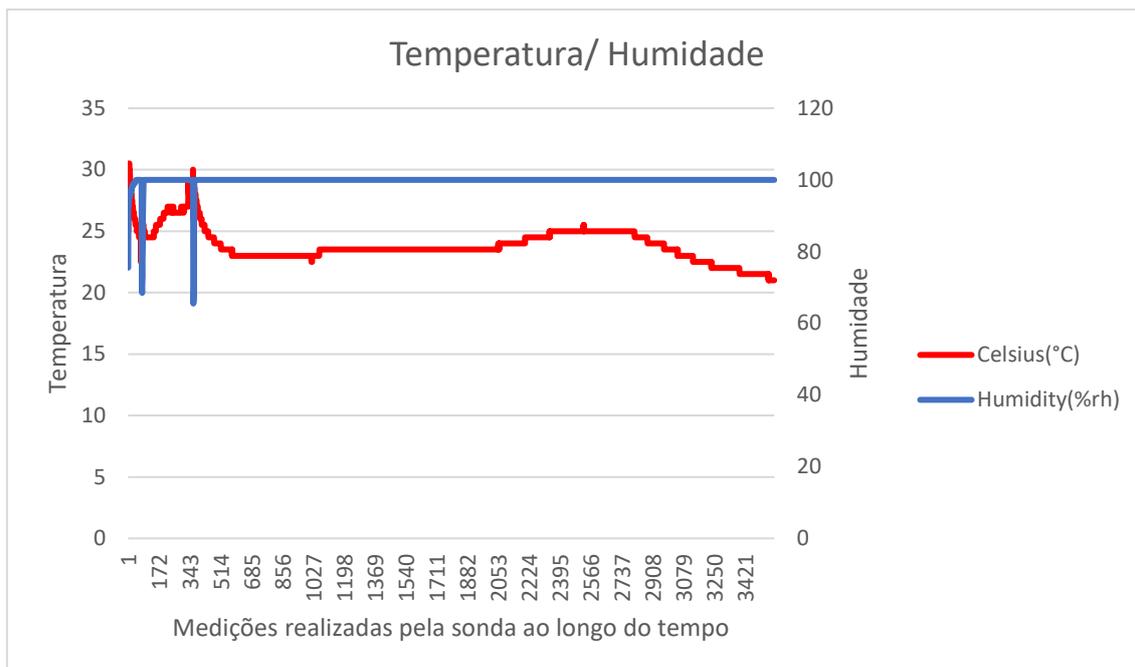


Figura 47 - Gráfico da temperatura/humidade

Com a ajuda do gráfico acima exposto é possível observar que a média conseguida na temperatura e na humidade foi de 23,85 Celsius (°C) e 99,86 % respetivamente, tendo-se conseguido manter a humidade mais constante do que a temperatura.

Tal como na norma usada, para este ensaio a avaliação foi apenas visual de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 9 - Escala de avaliação

Nível	Descrição
0	Sem presença de fungos
1	Com pouca presença de fungos
2	Alguma presença
3	Moderada presença
4	Bastante presença

Para as redes foi realizada a avaliação pelo seu aspeto visual e físico.

Exemplo da escala adotada:



*Figura 48 - Análise a 11 set. Nota 3*



*Figura 49 - Análise a 11 set. Nota 2.5*



*Figura 50 - Análise a 29 set. Nota 3.5*



*Figura 51 - Análise a 29 set. Nota 1.0*

O ensaio teve a duração de 46 dias e as observações foram realizadas ao primeiro dia, ao 4º dia, ao 14º dia, 28º dia e a última análise foi realizada ao 46º dia.

Para facilitar a interpretação dos dados resultantes da observação foi realizada a média dos dados observados.

As tabelas com os dados integrais estão em anexo.

## Capítulo 5 - Resultados

### 5.1 Caracterização das argamassas

#### 5.1.1 Determinação da consistência por ensaio de espalhamento

Na tabela 11 encontram-se os resultados obtidos no ensaio de espalhamento das argamassas. Uma vez que a consistência mais adequada para a preparação das argamassas é de  $150 \pm 10$  mm, verifica-se que todas as argamassas obtiveram um valor muito próximo do esperado, portanto possuindo uma boa consistência.

Tabela 10 - Resultados do ensaio de espalhamento (cm)

Argamassas	Direção X	Direção Y	Água adicionada
Reboco de cal aérea hidratada, gesso e areia fina 1:0.25:2	16,5	16,4	20 %
Reboco de cal aérea hidratada e saibro 1:3	15	15	25 %
Reboco de gesso pré-doseada	14,3	14,6	40 %
Reabilita cal RB	12,5	12,3	4.0 L / 25 Kg
IOVIT E-CORK	14,5	15	6.1 L / 20 Kg

#### 5.1.2 Caracterização mecânica das argamassas

A tabela 12 apresenta a densidade aparente das amostras realizadas com as diferentes argamassas testadas e pode-se observar que a argamassa pré-doseada tem pesos menores que as feitas em laboratório, provavelmente por as argamassas pré-doseadas serem produzidas com areias selecionadas mais finas que as disponíveis no laboratório para este estudo.

Tabela 11 – Densidade aparente dos provetes (gramas)

Argamassa\Provete	A	B	C
Cal-CL90GAr	491,50	497,52	496,45
Cal-CL90Sa	501,50	505,016	503,073
Gesso-PD	405,45	435,11	407,34
Cal - PD	369,50	371,8	373,60
L Mix E-CORK	275,38	264,45	268,20

### 5.2.6 – Resumo dos ensaios de flexão e compressão

No ensaio de compressão da argamassa Cal-CL90GAr foi descartado um provete devido a ter um desvio padrão maior que 10%, o que leva a crer um erro humano ou um erro do aparelho de ensaio.

No gráfico da Figura 52 apresentam-se os resultados obtidos de resistência à tração por flexão e resistência à compressão das diferentes argamassas testadas.

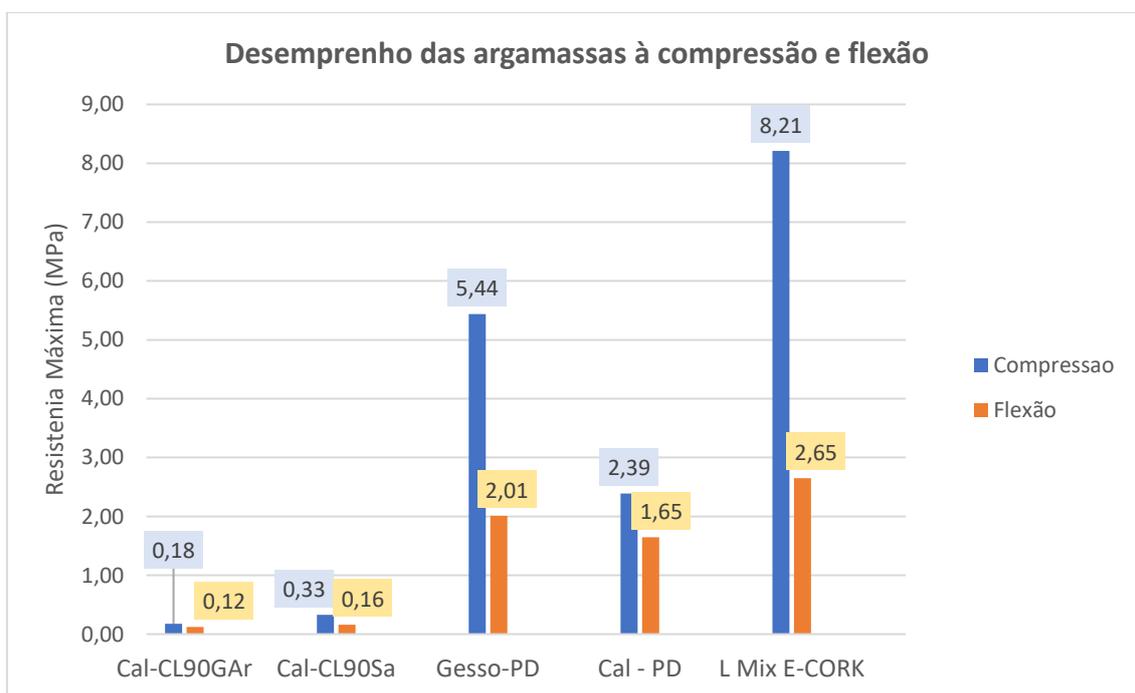


Figura 52 - Desempenho das argamassas à compressão e flexão

Pela figura do gráfico acima exposta podemos analisar que a argamassa LMix E-CORK obteve melhores resultados no ensaio de flexão e de compressão, como seria esperado, uma vez que é uma argamassa para ETICS e, como tal, estará sujeita a maiores exigências. De seguida, com resultados intermédios encontram-se as argamassas pré-doseadas, a

Gesso-PD e Cal-PD, respetivamente. As argamassas de cal/gesso/areia e de cal/saibro, preparadas em laboratório (Cal-CL90GAr e Cal-CL90Sa) obtiveram os piores resultados nos dois ensaios mecânicos, com resistências bastante inferiores

## 5.2 Ensaio mecânica da rede de Juta

### 5.2.1 Ensaio com fios de juta

Para os ensaios relativamente aos fios e segundo a norma ISO 2062 como foi anteriormente mencionado.

Para além dos ensaios aos fios de juta referidos no capítulo 3.1.1 foi também realizado ensaio a fios de juta com soluções de aditivos com potencial antifúngico ou antibacteriano, para cada aditivo foi testado 10 fios. O gráfico da Figura 53 é a representação da média de resistência á tração dos fios de juta para cada substância, os valores dos fios de juta servem como comparação. Na tabela 13 encontram-se os valores do desvio padrão verificado nos resultados.

Tabela 12 - Desvio Padrão %

S/substância	Ácido Cítrico	Bórax	Terebentina
9,13	3,70	7,29	5,94

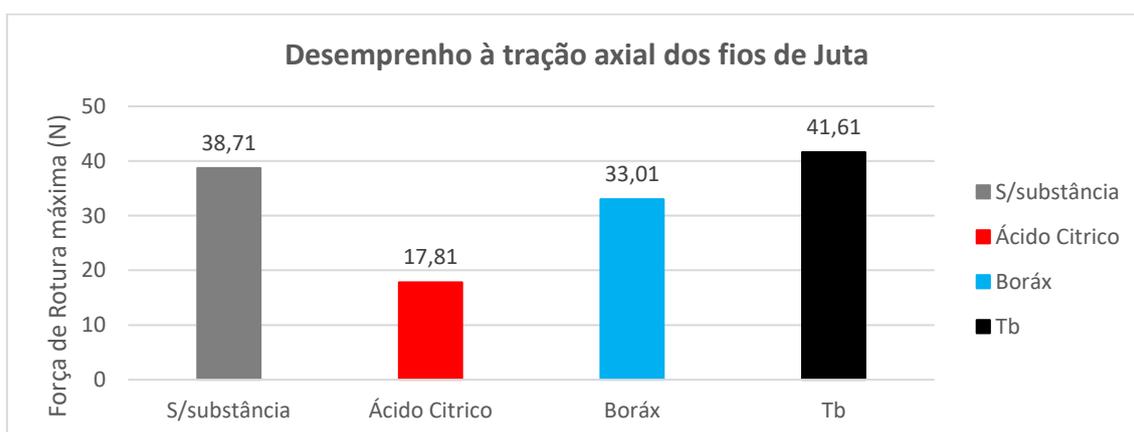


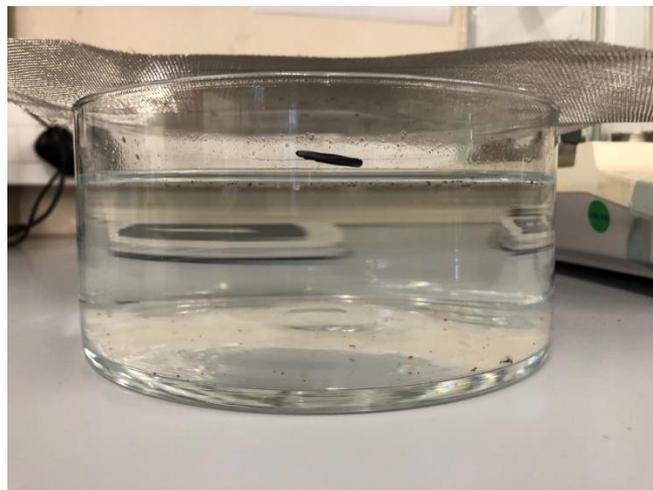
Figura 53 - Desempenho à tração axial dos fios de Juta

Como é possível observar os fios de juta S/ qualquer substância tinha uma média de 38.71N. Todos os aditivos menos a terebentina prejudicaram a resistência natural da rede de juta. Sendo o ácido cítrico o aditivo que mais prejudicou a resistência natural da juta, com uma redução de 54 % da resistência.

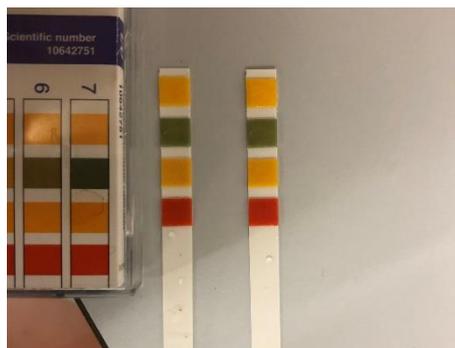
Por outro lado, o fio com a adição da terebentina permitiu o aumento de resistência do fio de juta, tendo um aumento de em média de 6.67%

### 5.2.2 Durabilidade do fio de juta ao calor

Como o ensaio teve a duração de 1 mês foi realizado observações de 7 em 7 dias, nessas observações para além da pesagem também foi adicionada água pois o nível tinha baixado, foi adicionado sempre 0.5 L de Água (Figura 54) e foi medido o pH da água tendo dado sempre um valor de 6 (Figura 55).



*Figura 54 - Alteração do nível da água depois de 7 dias*



*Figura 55 - Medição do pH*

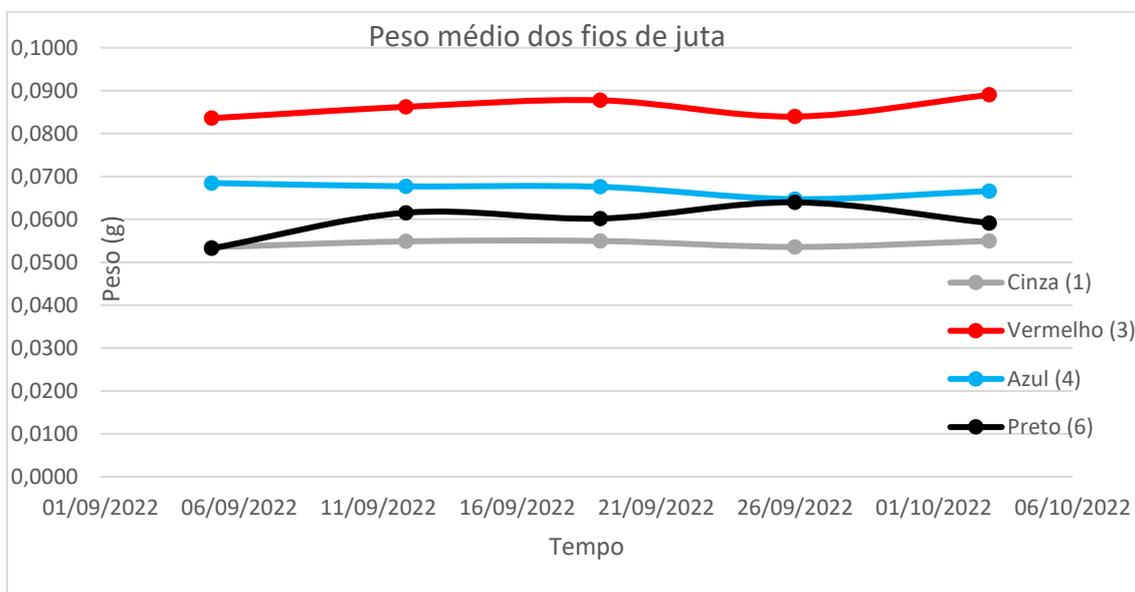


Figura 56 - Alteração do peso das amostras

Como o gráfico da Figura 56 mostra, é possível ver a evolução do peso dos fios ao longo do tempo, é de assinalar que todos os fios á exceção dos fios com bórax, concluíram o experimento com mais peso que o inicial, tendo sido registado um aumento de em média de 0.0043 gramas. Os fios de bórax é que concluíram o ensaio com um decréscimo no seu peso tendo sido registado uma perda de 0.019 gramas.

O gráfico da figura 57 mostra os resultados da resistência à tração axial dos fios após colocação destes em câmara controlada a uma temperatura de 25°C.

Na tabela 14 encontram-se os valores do desvio padrão verificado nos resultados.

Tabela 13 - Desvio Padrão %

S/substância	Ácido Citrico	Bórax	Terebentina
6.88	3.25	7.81	9.33

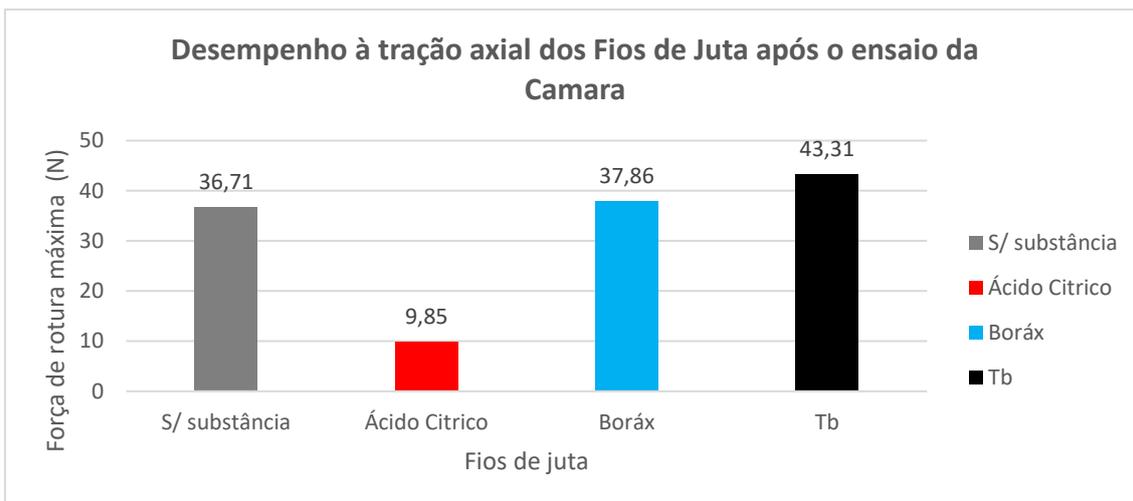


Figura 57 - Desempenho à tração axial dos Fios de Juta após o ensaio da Camara

Como é possível observar os fios de terebentina e os fios com bórax foram os que tiveram as melhores resistências e o ácido cítrico foi o que teve piores valores de resistência.

Pelo gráfico da Figura 58, é possível comparar as diferenças de resistência dos dois ensaios.

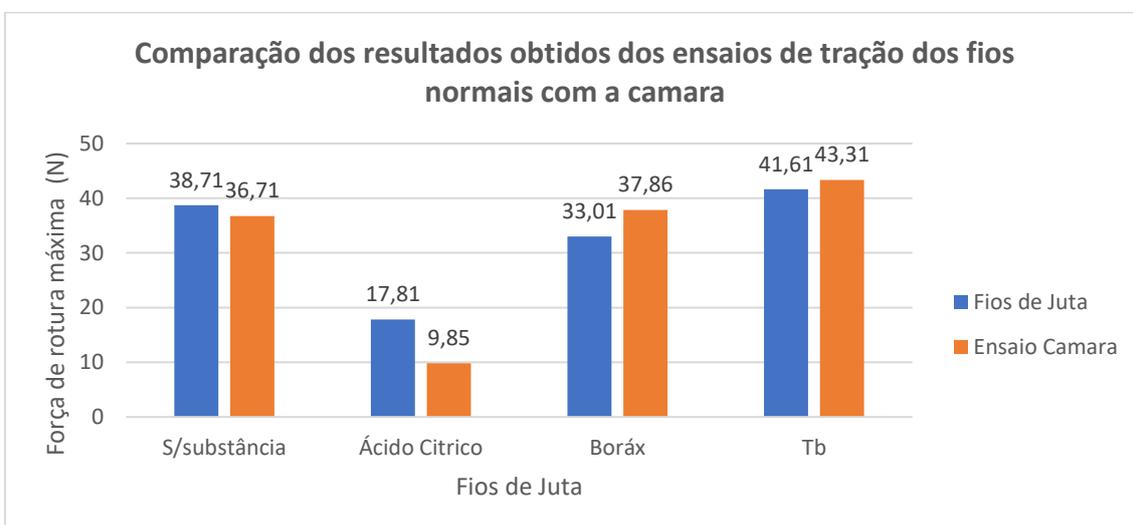


Figura 58 - Comparação dos resultados obtidos dos ensaios de tração dos fios normais com a camara

Como é possível observar, os fios normais e os fios com ácido cítrico, comparando com o primeiro ensaio perderam ambos resistência mecânica nomeadamente 5.16% e 44.7% respetivamente, ao contrário do bórax e da terebentina que aumentou a sua capacidade de resistência. O bórax teve um aumento de 12.81% e a terebentina de 3.93%.

Este ensaio mostra que a rede com bórax e com terebentina se mostra mais eficaz para proteger a rede de juta ao calor.

### 5.2.3 Durabilidade face a Bactérias

A Figura 59 mostra o resultado dos ensaios com as bactérias com os fios de juta sem qualquer substância e com as substâncias já referidas anteriormente como tendo potencial antifúngico e/ou bacteriano, antes (normais) e depois da exposição às bactérias.

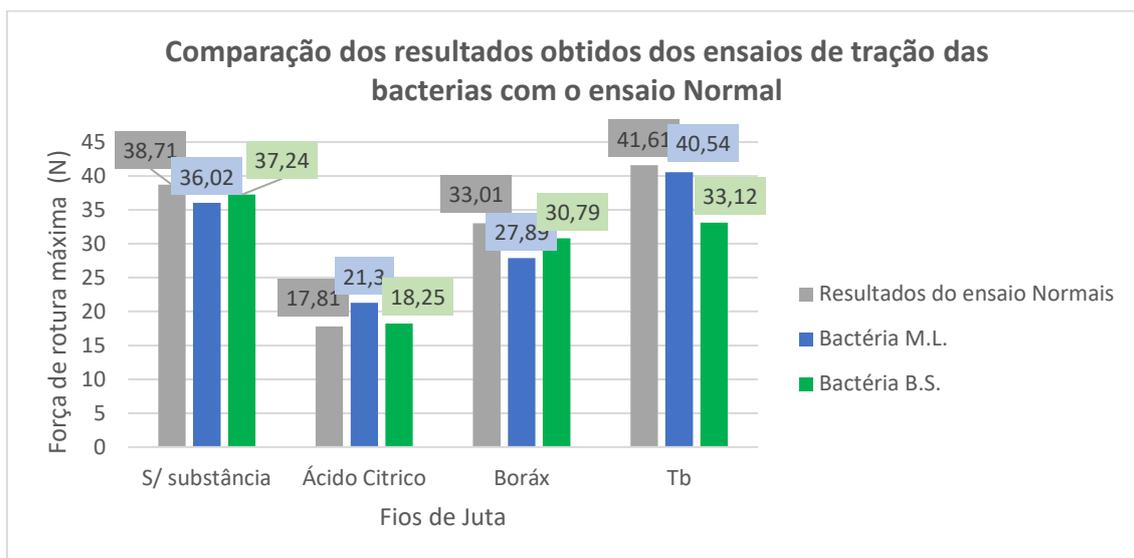


Figura 59 - Comparação dos resultados obtidos dos ensaios de tração das bactérias com o ensaio Normal

Observando o gráfico da Figura 59 é facilmente perceptível que os fios perderam capacidade resistente depois de submetidos a qualquer bactéria, essa perda de capacidade deve-se provavelmente ao facto das bactérias terem degradado a rede de juta, à exceção dos fios com ácido cítrico, o qual conseguiu aumentar a média de capacidade resistente dos fios.

No entanto, estas resistências obtidas com o ácido cítrico continuaram muito mais baixas que a juta sem aditivo.

A utilização de bórax teve uma perda de resistência de 7% com M.L. e 3.79% com B.S. e a terebentina 2.57% com M.L. e 20.40% com B.S.

### 5.2.4 Fungos

Para este ensaio como anteriormente descrito foram utilizados 2 fungos, o C.H. e o P.C. Com este ensaio pretendeu-se ver a perda de resistência com a presença de fungos nas fibras de juta.

O gráfico da Figura 60 mostra o resultado dos valores obtidos nos ensaios normais (antes da exposição a fungos) com os valores obtidos nos ensaios depois da exposição aos fungos.

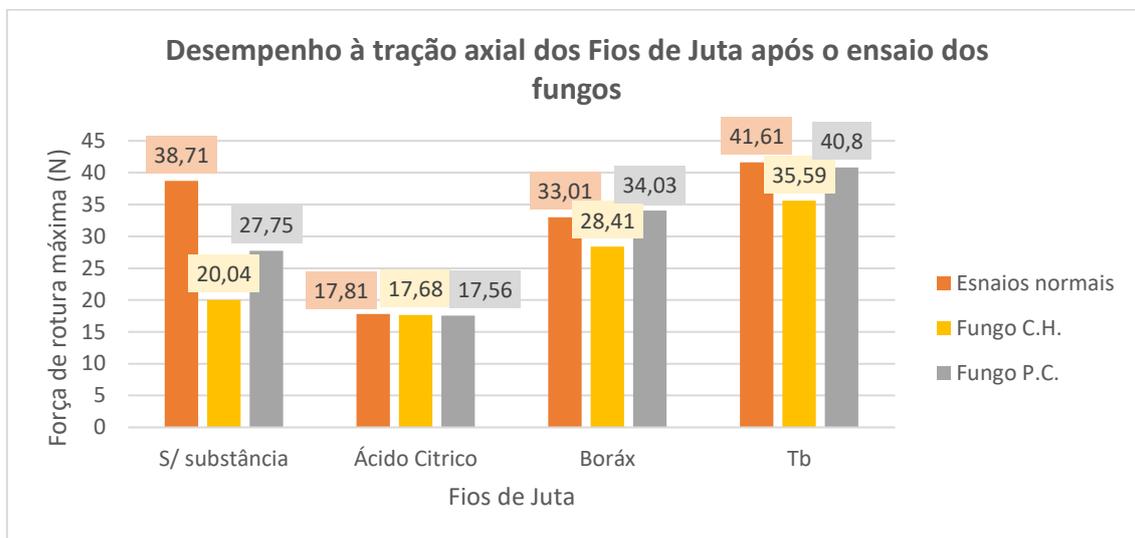


Figura 60 - Desempenho à tração axial dos Fios de Juta após o ensaio dos fungos

Observando os resultados do gráfico da Figura 60, é possível concluir que os fios perderam resistência, à exceção dos fios com bórax que teve um ligeiro aumento na sua capacidade resistente na presença do Fungo P.C..

De notar a perda de resistência dos fios s/substancias que tiveram uma perda de resistência notável, 48.23 % com o fungo C.H. e 28.31% com o fungo P.C.

Verificando-se que o Bórax e a terebentina protegeram a fibra de juta, reduzindo a perda de resistência aos fungos testados.

O gráfico da figura 61 mostra uma comparação geral dos resultados obtidos.

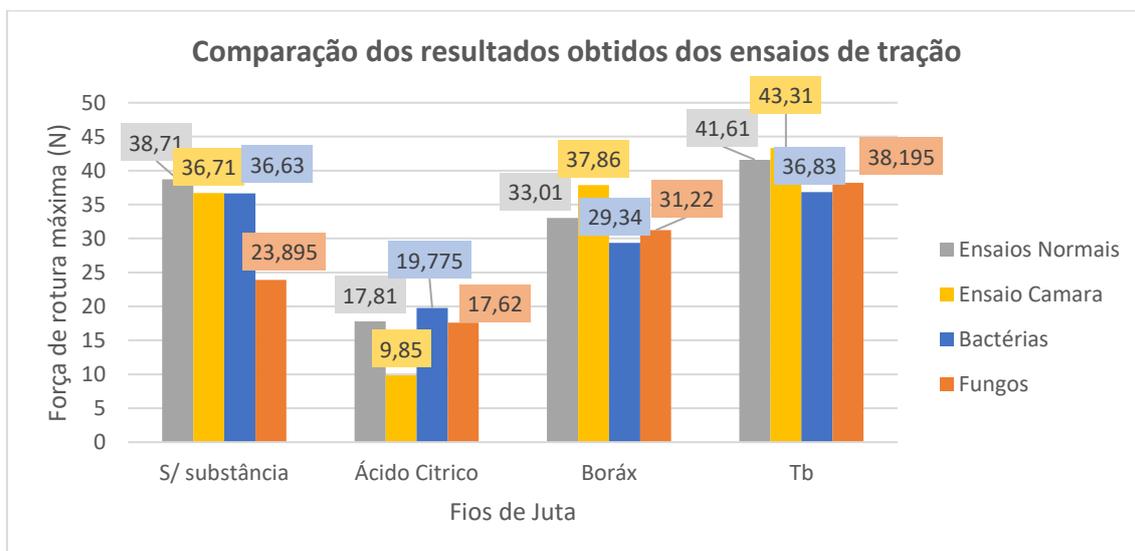


Figura 61 - Comparação dos resultados obtidos dos ensaios de tração

Como é perceptível no gráfico da Figura 61 quase todos os fios perderam algumas características mecânicas. Como é perceptível também os fios que tiveram melhores características de resistência foram os fios com terebentina.

Podemos então concluir que os fios com terebentina, em média, possuem melhor capacidade de resistência mecânica à tração.

### **5.3 Caracterização mecânica do conjunto**

#### **5.3.1 Ensaio de Aderência ou Peeling test**

A fim de se apresentar de forma clara os resultados obtidos nos ensaios de aderência, para cada ensaio, são apresentados: os tipos de rotura possíveis; os valores obtidos em cada ensaio (carga máxima em Newton, tempo de ensaio em segundos e o tipo de rotura verificado); e uma análise comparativa com as resistências de aderência médias obtidas para cada tipo de rede e o tempo em que surgiu a primeira fenda com as diferentes argamassas testadas.

Tipos de roturas apresentadas nos ensaios:

1. – Delaminação das duas camadas sendo visível argamassa ainda presa na fibra;
2. – Rotura pela fibra;
3. – Rotura da cortiça nos primeiros 5 centímetros;
4. – Delaminação das duas camadas sem presença de argamassa na rede;
5. – Rotura pela cortiça.

Tipo de rotura 1:



*Figura 62 - Tipo de Rotura 1 – J1 D*



*Figura 63 - Tipo de Rotura 1 – J2 E*

Tipo de rotura 2:



*Figura 64 - Tipo de Rotura 2 – J7 E*



*Figura 65 - Tipo de rotura 2 – J14 E*

Tipo de rotura 3:



*Figura 66 - Tipo de rotura 3 – J13 E*



*Figura 67 - Tipo de rotura 3 – J14 D*

Tipo de rotura 4:



*Figura 68 - Tipo de rotura 4 - V1 D*



*Figura 69 - Tipo de rotura 4 – V2 E*

Tipo de rotura 5:



Figura 70 - Tipo de rotura 5 – V14 E



Figura 71 - Tipo de rotura 5 – V15D

Na tabela 15 apresentam-se os resultados dos ensaios de aderência para as argamassas reforçadas com RJ.

Tabela 14 – Resultados dos ensaios de aderência para a rede de Juta

Argamassa	Tijolo	Lado	Carga máxima (N)	Tempo até ao final do ensaio (s)	Tipo de Rotura	Média Carga máxima (N)	Média do tempo (s)	Aparecimento da primeira fenda (s)
Cal-CL90Gar	J1	E	49,61	204,25	1	173,76	411,44	45,5
		D	32,67	17,93	1			18
	J2	E	124,70	715,16	1			48
		D	97,26	512,04	1			12
	J3	E	69,91	617,42	1			30
		D	68,39	401,83	1			12
Cal-CL90Sa	J4	E	44,75	58,82	1	56,30	72,73	70,8
		D	59,27	62,30	1			66

Tabela continua na próxima página

	J5	E	33,34	94,98	1			44
		D	59,27	58,45	1			50
	J6	E	69,53	49,17	1			78
		D	71,65	112,70	1			60
Gesso-PD	J7	E	394,67	320,29	2	414,34	418,01	64
		D	471,01	628,85	1			88
	J8	E	479,54	488,74	1			108
		D	244,55	188,47	1			60
	J9	E	522,08	507,06	2			72
		D	374,21	374,67	1			90
Cal – PD	J10	E	98,48	98,48	1	103,93	272,15	-
		D	72,38	153,51	1			30
	J11	E	108,36	469,56	1			45
		D	55,82	206,08	1			25
	J12	E	136,41	225,07	1			84
		D	152,15	480,20	1			90
L Mix E-CORK	J13	E	501,67	141,96	3	438,29	181,13	142,8
		D	480,26	104,70	3			114
	J14	E	442,98	260,11	2			90
		D	426,94	91,14	3			95,5
	J15	E	423,81	207,09	3			108
		D	354,07	281,78	3			54
Cal-CL90Sa a 60 dias	J60	E	64,50	305,99	1	54,72	141,51	-
		D	34,08	39,98	1			-
	JV60	E	65,60	78,55	1			-

Na tabela 16 apresentam-se os resultados dos ensaios de aderência para as argamassas reforçadas com RV.

Tabela 15 – Resultados dos ensaios de aderência para a rede fibra de vidro

Argamassa	Tijolo	Lado	Carga máxima (N)	Tempo até ao final do ensaio (s)	Tipo de rotura	Média Carga máxima (N)	Média do tempo (s)	Aparecimento da primeira fenda (s)
Cal-CL90Gar	V1	E	15,88	3,42	1	81,98	369,28	6
		D	94,15	439,08	4			60,9
	V2	E	81,79	469,84	4			18
		D	21,04	380,12	1			18
	V3	E	93,23	385,15	4			54
		D	185,77	538,05	4			68,9
Cal-CL90Sa	V4	E	23,13	15,78	1	40,03	76,84	30
		D	20,33	7,48	-			10
	V5	E	33,20	11,71	1			10
		D	60,70	302,22	1			29
	V6	E	75,51	105,79	1			29
		D	27,33	18,07	1			23
Gesso-PD	V7	E	422,17	658,58	4	483,37	448,24	48,2
		D	574,39	683,92	4			54
	V8	E	492,01	665,44	4			102
		D	557,55	372,90	4			78
	V9	E	403,91	222,21	4			48
		D	450,19	86,41	4			90
C <sup>2</sup> al – PD	V10	E	200,51	342,92	1	111,96	207,08	40
		D	89,19	97,43	1			59
	V11	E	112,83	217,64	4			60
		D	68,35	423,86	1			40
	V12	E	107,31	64,66	1			66
		D	93,55	95,96	1			-
L Mix E-CORK	V13	E	176,48	44,89	5	228,14	42,40	48
		D	220,92	34,98	5			69,2

Tabela continua na próxima página

	V14	E	96,23	18,33	5	33,38	23,28	22,6
		D	262,61	50,39	5			54,9
	V15	E	306,11	54,58	5			56,3
		D	306,49	51,23	5			52,6
Cal-CL90Sa a 60 dias	V60	E	20,04	7,77	1	-		
		D	-	*	-	-		
	JV 60	D	46,72	38,79	1	-		

\* - Não foi possível realizar o ensaio pois o provete encontrava-se danificado.

No gráfico da Figura 72 pode observar-se a comparação de resultados obtidos com o reforço da rede FJ para as diferentes argamassas.

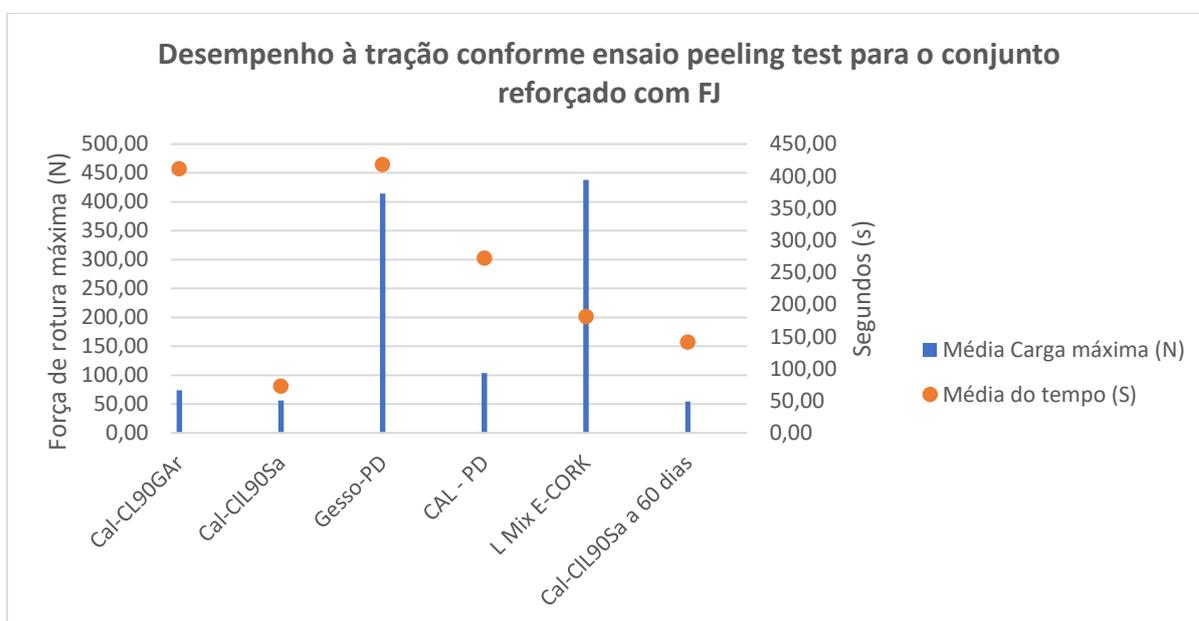


Figura 72 - Desempenho à tração conforme ensaio peeling test para o conjunto reforçado com FJ

No gráfico da Figura 73 pode observar-se a comparação de resultados obtidos com o reforço da rede FV para as diferentes argamassas.

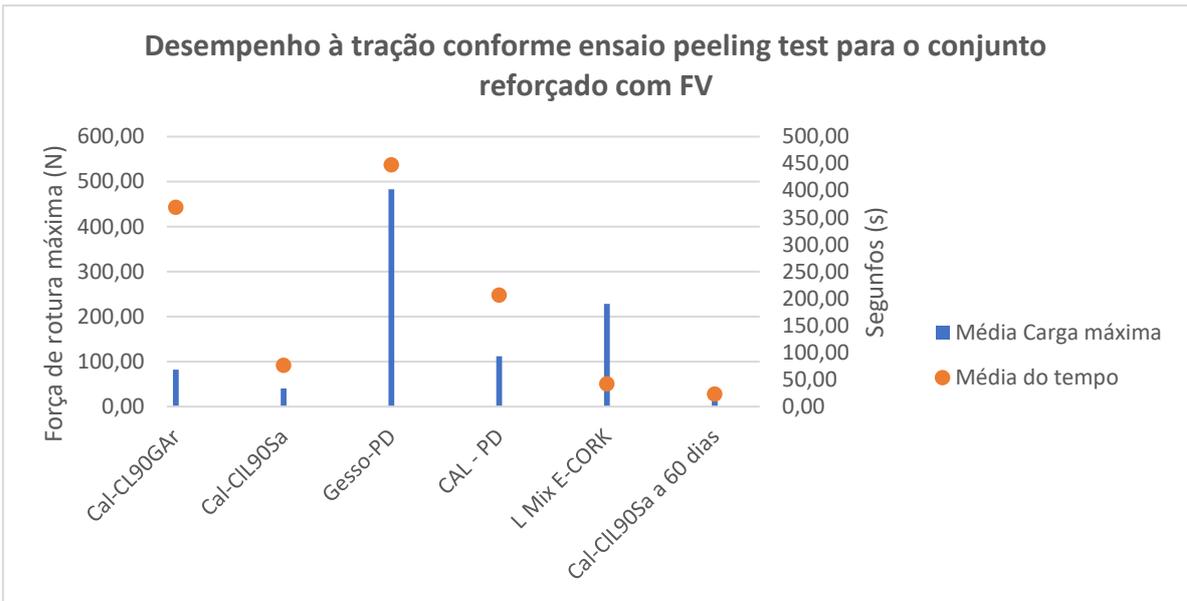


Figura 73 - Desempenho à tração conforme ensaio peeling test para o conjunto reforçado com FV

No gráfico da Figura 74 pode observar-se a comparação de resultados obtidos com o reforço dos dois tipos de rede, FJ e FV, para as diferentes argamassas.

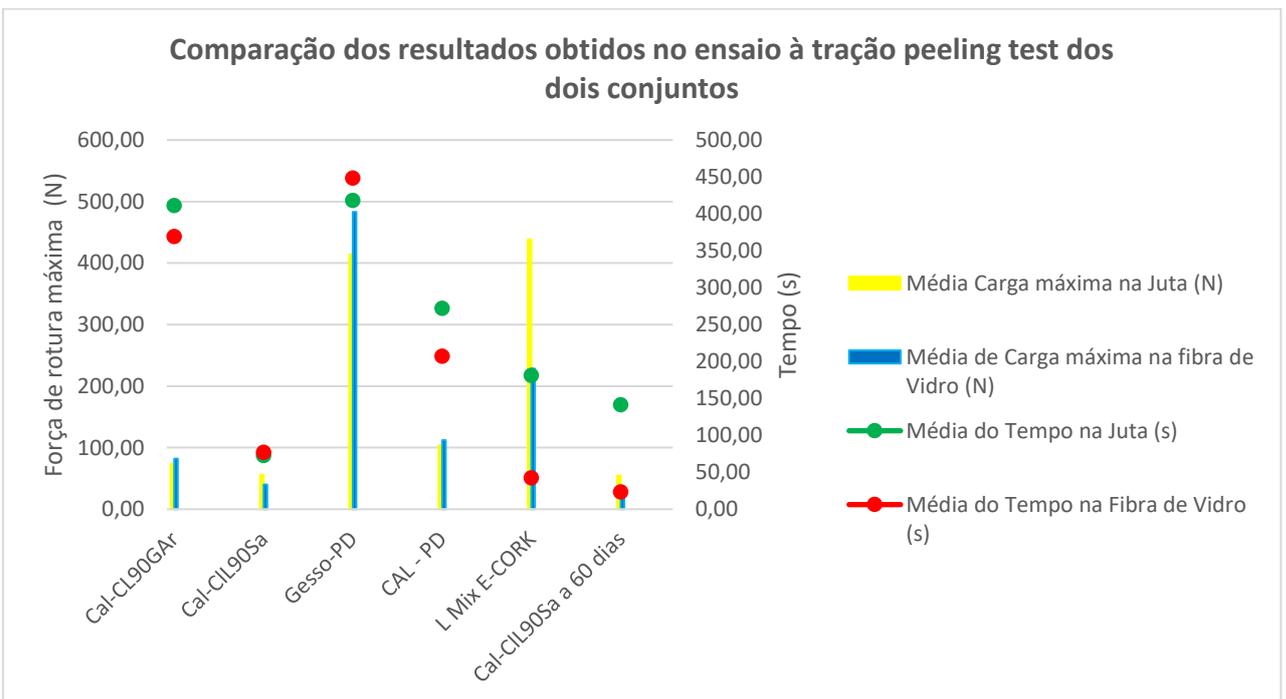


Figura 74 - Comparação dos resultados obtidos no ensaio à tração peeling test dos dois conjuntos

Como podemos observar pelas tabelas acima e pelos gráficos expostos podemos concluir o seguinte.

Para a argamassa Cal-CL90Gar a rede fibra de vidro obteve uma resistência máxima ligeiramente maior, mas a rede FJ foi a que obteve melhores resultados em relação à aderência visto que obteve em comparação com a rede FV maior média de tempo, isto quer dizer que para chegar ao mesmo ponto, ponto este de rotura total, foi preciso mais tempo para a rede FJ o que leva a crer que esta tem mais aderência à argamassa do que a rede FV. O tipo de rotura apresentado na rede de juta foi o tipo 1 e na fibra de vidro foi maioritariamente o tipo 4.

Para a argamassa com saibro, Cal-CL90Sa, aos 28 dias, não se verifica uma diferença significativa no tempo até à rutura, mas verifica-se uma maior resistência na rede FJ. Já aos 60 dias verifica-se uma resistência idêntica à dos 28 dias com a FJ, mas menor resistência com a rede FV. Observam-se uma maior diferença entre o tempo ocorrido para os dois tipos de rede. Face aos 28 dias, a rede FJ obteve claramente um aumento do tempo ao contrário da FV em que reduziu. O tipo de rotura para a rede fibra de vidro foi tipo 4 e para a rede de juta foi do tipo 1. Aos 60 dias tanto a fibra de vidro, como para a rede de juta foi o tipo de rotura 1.

No caso da argamassa pré-doseada Gesso-PD, verifica-se de modo geral um comportamento ligeiramente melhor com a FV uma vez que apresenta maior resistência e maior tempo face à rede FJ. O tipo de rotura para a rede FV foi 4 e na rede RJ foi 1, à exceção de 2 ensaios, onde foi tipo 2 (rotura na fibra).

Quanto á argamassa pré-doseada à base de cal Cal – PD, teve um comportamento parecido com a argamassa 1, tendo a rede FV também uma resistência máxima ligeiramente maior, mas a rede FJ obteve melhores valores quanto ao tempo de aderência sendo. Assim, para esta argamassa Cal – PD a rede de juta é a que obteve mais aderência.

Nesta argamassa Cal – PD o tipo de rotura foi o 1, á exceção do ensaio 1, que foi do tipo 4.

Em relação á argamassa para ETICS, L Mix E-CORK, a interpretação dos resultados obtido merece mais cuidado, uma vez que primeiro é preciso observar o tipo de rutura porque ocorreram dois tipos se rutura, pelo isolamento ICB (Aglomerado negro de cortiça expandida), pela rede ou um misto. Facto, que provavelmente se deve à maior resistência da argamassa comparativamente ao suporte, o ICB. Para a rede de juta, nos 6 ensaios, a rutura foi essencialmente do tipo 3, em que parte primeiro o isolamento, mas pouco tempo depois há rutura da rede, havendo um ensaio com rutura pela rede (rutura tipo 2). Para a

rede fibra de vidro foram os 6 ensaios com o tipo de rotura 5 que é o arrancamento pela cortiça. Considerando que as ruturas acontecem sempre pelo material de menor resistência e quando existe uma boa adesão entre materiais estes funcionam como um conjunto, pode-se concluir que com o reforço de juta, a malha parece ter uma resistência próxima do isolamento ICB, uma vez que a rutura ocorre no isolamento ou na rede, mas acaba sempre por partir a rede. No entanto verifica-se que existe uma boa adesão, uma vez que a argamassa reforçada com a rede FJ funciona como um conjunto, não havendo separação dos materiais. Quer dizer também que a força de adesão no conjunto reforçado é maior que a resistência dos fios de juta. No reforço com a fibra de vidro, como a rutura é sempre pelo isolamento, isto indica que a adesão no conjunto reforçado é maior que a resistência do isolamento e neste caso a fibra de vidro parece ter maior resistência que a força de adesão do conjunto de argamassa com reforço. Deste modo, os resultados dos gráficos da Figuras 73 e 74 não podem ser analisados isoladamente, nem se pode comparar a aderência de FJ com FV porque como no caso da rede FV houve rotura no suporte. Podemos apenas concluir que em ambos os conjuntos de argamassa reforçada com FJ ou FV têm boa aderência.

No gráfico da Figura 75 pode observar-se a que tempo ocorreu a primeira fenda na argamassa com reforço de rede FJ. Com exceção do Tijolo J10 E em que não foi possível observar o aparecimento da primeira fenda porque houve logo rotura total.

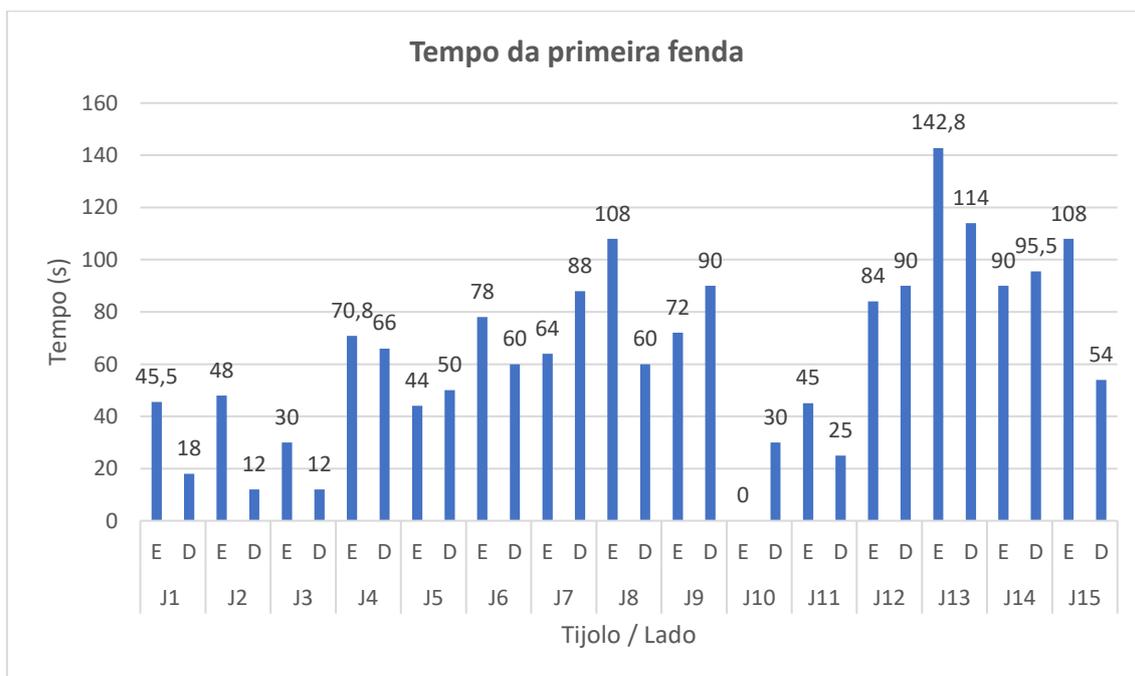


Figura 75 - Tempo de rotura da primeira fenda nas argamassas reforçadas com FJ

No gráfico da Figura 76 pode observar-se a que tempo ocorreu a primeira fenda na argamassa com reforço de rede FV. Com exceção do Tijolo V12 E em que não foi possível observar o aparecimento da primeira fenda pois houve logo rotura total do provete.

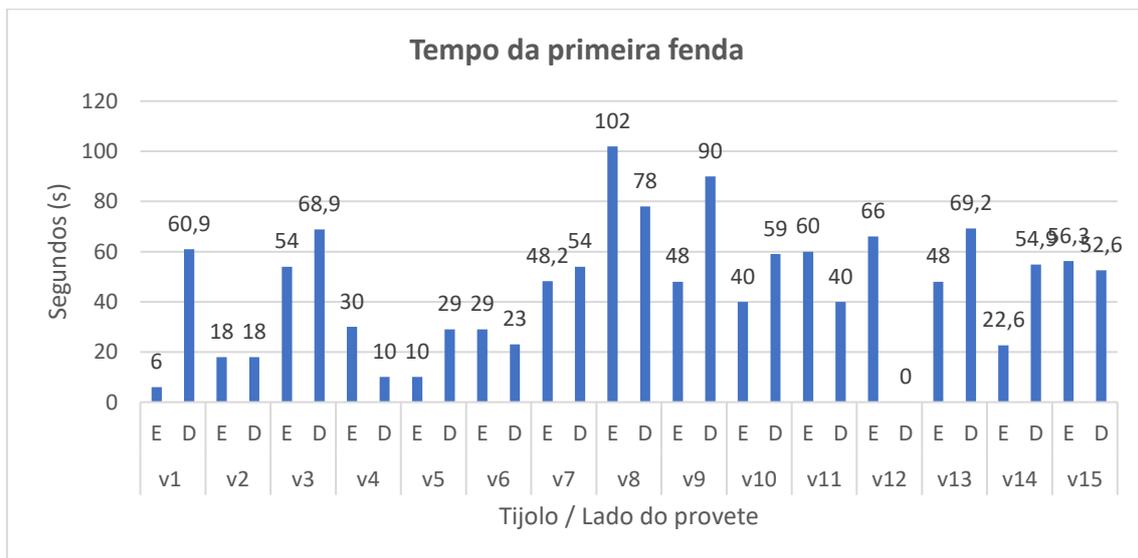


Figura 76 - Tempo da primeira fenda nas argamassas reforçadas com FV

Pela comparação dos gráficos pode-se verificar que, de modo geral, a primeira fenda surge em média em primeiro nas argamassas com rede fibra de vidro provavelmente devido a falta de elasticidade da mesma, e desta forma transmitindo mais força á argamassa.

### 5.3.2 Ensaio de Aderência Axial ou Single Lap Joint Test

Na tabela 17 apresentam-se os resultados dos ensaios axiais para as argamassas reforçadas com FJ e FV.

Tabela 16 - Resultado do ensaio Axial

Argamassa	Tijolo	Lado	Carga máxima (N)	Tempo até ao final do ensaio (s)	Tipo de rotura
L Mix E-CORK	PJ1	E	205,70	121,21	Rotura pela fibra de juta
		D	239,67	267,99	Rotura pela fibra de juta
	PJ2	E	448,21	197,87	Rotura pela fibra de juta
		D	450,43	181,50	Rotura pela fibra de juta
	PJ3	E	318,51	185,64	Rotura pela fibra de juta
		D	495,60	246,03	Rotura pela fibra de juta
	PV1	E	854,17	268,48	Rotura pela cortiça
		D	676,24	137,71	Rotura pela cortiça
	PV2	E	715,83	176,33	Rotura pela cortiça
		D	649,99	173,48	Rotura pela cortiça
	PV3	E	645,33	203,52	Rotura pela cortiça
		D	666,97	292,35	Rotura pela cortiça

Tabela 17 - Média da rede de Juta e Fibra de vidro

Rede	Média Carga máxima (N)	Tempo até rotura
Juta	359.69	200.04
Fibra de Vidro	701.42	208.65

No gráfico da Figura 77 pode observar-se a comparação de resultados obtidos com o reforço dos dois tipos de rede, FJ e FV, para as diferentes argamassas.

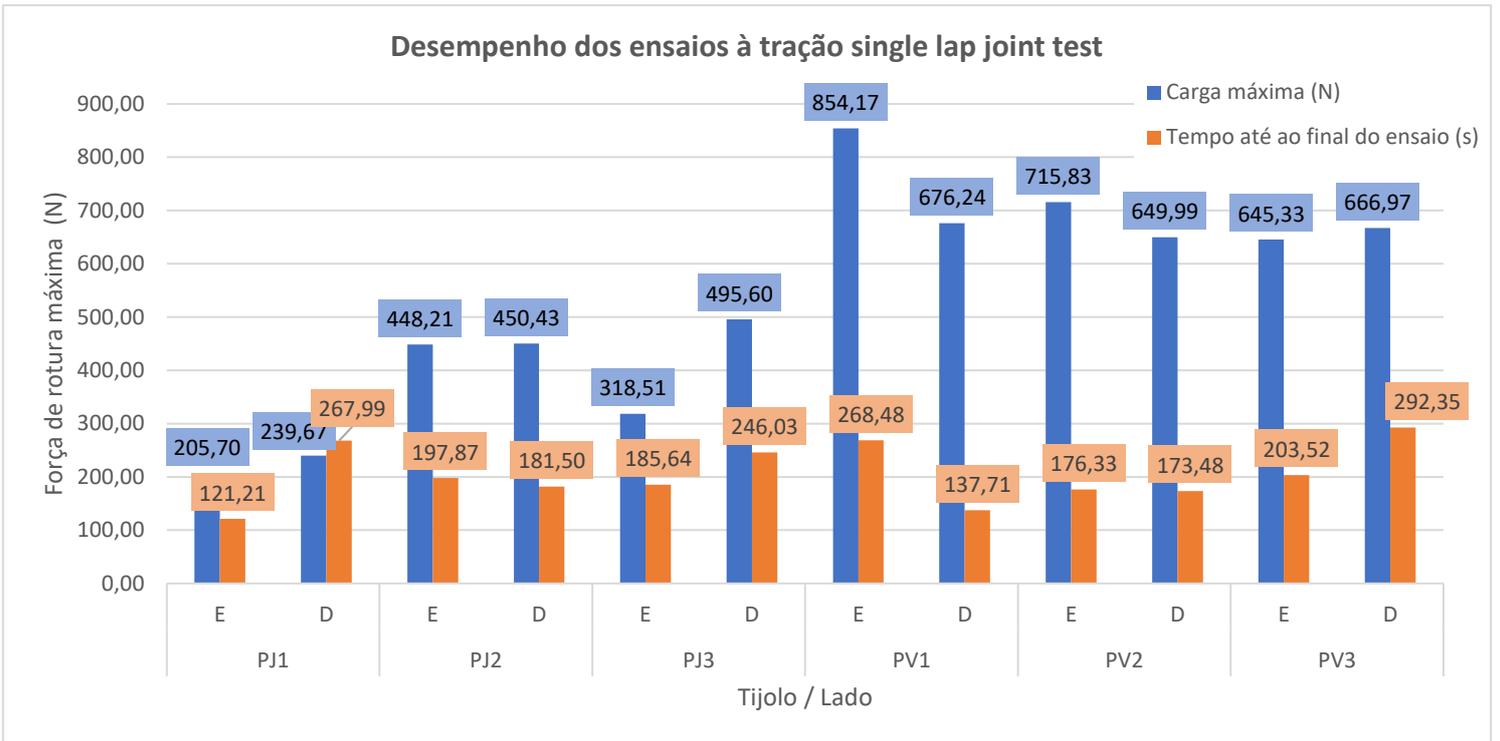


Figura 77 - Desempenho dos ensaios à tração single lap joint test

Tipos de rotura apresentados:



Figura 78 - Rotura pela rede de juta



Figura 79 - Rotura pela cortiça

Podemos constatar que a rede FJ teve um tipo de rotura sempre igual que foi o rompimento da rede de juta e a rede FV teve um tipo de rotura sempre igual que foi o rompimento pela cortiça.

Os resultados revelam um desempenho idêntico ao verificado no ensaio de aderência simétrico, com rotura pela rede no caso da juta e rotura pelo isolamento no caso da fibra de vidro. Como tal, a conclusão é idêntica, tudo indica que a força de adesão no conjunto reforçado é maior que a resistência dos fios de juta. No reforço com a fibra de vidro, como a rotura é sempre pelo isolamento, isto indica que a adesão no conjunto reforçado é maior que a resistência do isolamento e neste caso a fibra de vidro parece ter maior resistência que a força de adesão do conjunto de argamassa com reforço. Deste modo, os resultados do gráfico da Figura 77 não podem ser comparados literalmente, nem se pode comparar a aderência de FJ com FV porque no caso da rede FV houve rotura no suporte. Podemos apenas concluir que em ambos os conjuntos de argamassa reforçada com FJ ou FV têm boa aderência e claramente a rede de fibra de vidro apresenta maior resistência à tração axial.

## **5.4 Ensaio Microbiológicos**

### **5.4.1 Ensaio de resistência às bactérias**

As figuras seguintes mostram os resultados obtidos ao fim de 24 horas, para as bactérias ML e BS.

As figuras 80 e 81 mostram os resultados da fibra de juta ao natural, sem nenhuma substância antibacteriana.



Figura 80 - Bactéria M.L.



Figura 81 - Bactéria B.S..

As figuras 82 e 83 mostram os resultados da fibra de juta embebedida em solução de soda cáustica.



Figura 82 - Bactéria M.L.



Figura 83 - Bactéria B.S.

As figuras 84 e 85 mostram os resultados da fibra de juta em solução de ácido cítrico.

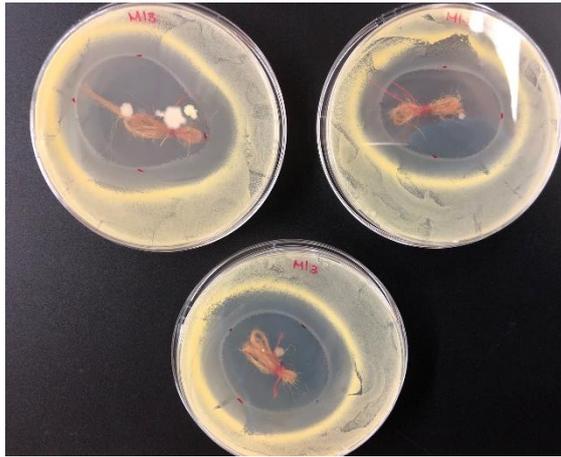


Figura 84 - Bactéria M.L.



Figura 85 - Bactéria B.S.

As figuras 86 e 87 mostram os resultados da fibra de juta em solução de Bórax

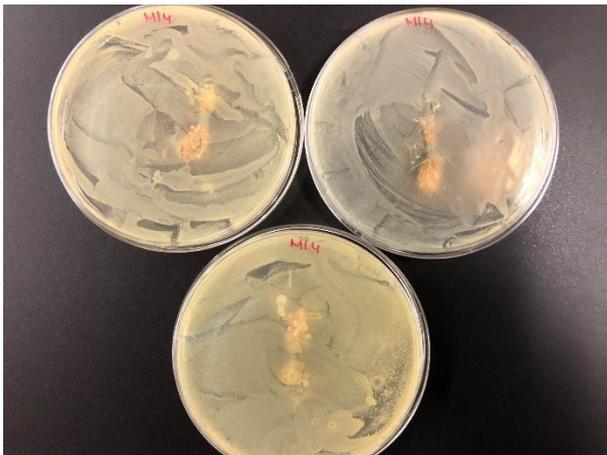


Figura 86 - Bactéria M.L.



Figura 87 - Bactéria B.S.

As figuras 88 e 89 mostram os resultados da fibra de juta em solução de Cal:

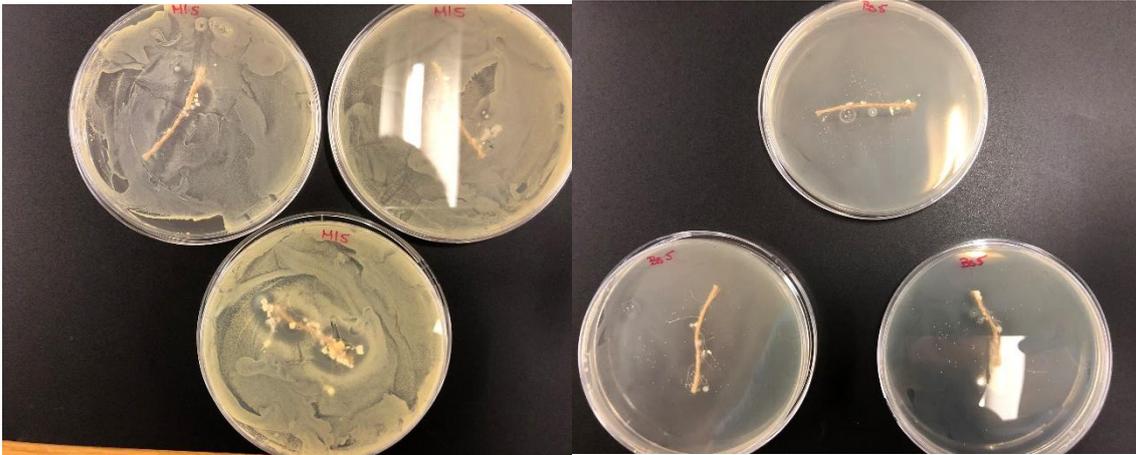


Figura 88 - Bactéria M.L.

Figura 89 - Bactéria B.S.

As figuras 90 e 91 mostram os resultados da fibra de juta em terebentina.



Figura 90 - Bactéria M.L.



Figura 91 - Bactéria B.S.

Como podemos observar pelas figuras expostas acima e como era de esperar a juta sem qualquer substância “natural” não teve qualquer influência nas bactérias.

Quanto à substância 2 (soda cáustica) tanto para bactéria M.L. como para a bactéria B.S., mesmo após 24 horas do início do ensaio já se notava uma barreira de volta da amostra,

o que mostra que a soda cáustica estava a conseguir proteger a amostra formando uma aréola à volta da amostra, mas não conseguia eliminar completamente as bactérias.

No fim das 72 horas foram verificadas alterações em alguns ensaios com determinadas substâncias.

As figuras 92 e 93 mostram os resultados da fibra de juta ao natural, sem nenhuma substância antibacteriana.



Figura 92 - Bactéria M.L.



Figura 93 - Bactéria B.S.

As figuras 94 e 95 mostram os resultados da fibra de juta embebida em solução de soda cáustica.



Figura 94 - Bactéria M.L.



Figura 95 - Bactéria B.S.

As figuras 96 e 97 mostram os resultados da fibra de juta em solução de ácido cítrico.



Figura 96 - Bactéria M.L

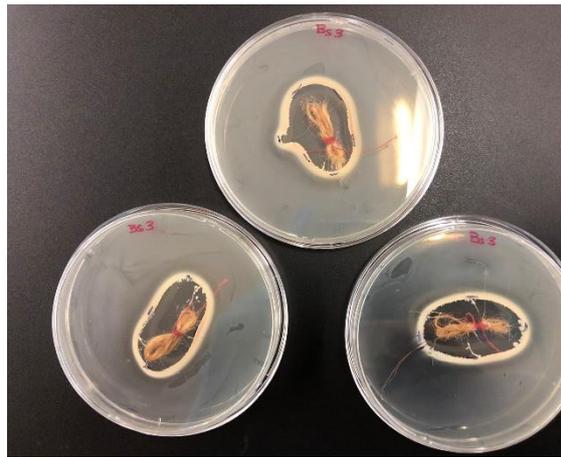


Figura 97 - Bactéria B.S.

As figuras 98 e 99 mostram os resultados da fibra de juta em solução de Bórax

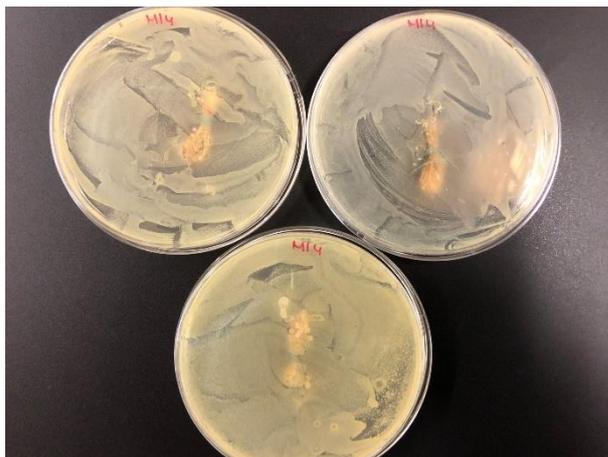


Figura 98 - Bactéria M.L.



Figura 99 - Bactéria B.S.

As figuras 100 e 101 mostram os resultados da fibra de juta em solução de Cal:



Figura 100 - Bactéria M.L.



Figura 101 - Bactéria B.S.

As figuras 102 e 103 mostram os resultados da fibra de juta em terebentina.



Figura 102 - Bactéria M.L.



Figura 103 - Bactéria B.S.

No final das 72 horas de ensaio podemos constatar que na bactéria M.L. o escudo criado pela substância ficou mais pequeno de forma constante e igual em toda o seu perímetro consoante o tempo passado, na bactéria B.S. o escudo foi mais eficaz permitindo apenas que as bactérias sobrevivessem em pequenas colónias como exemplifica a figura 104.

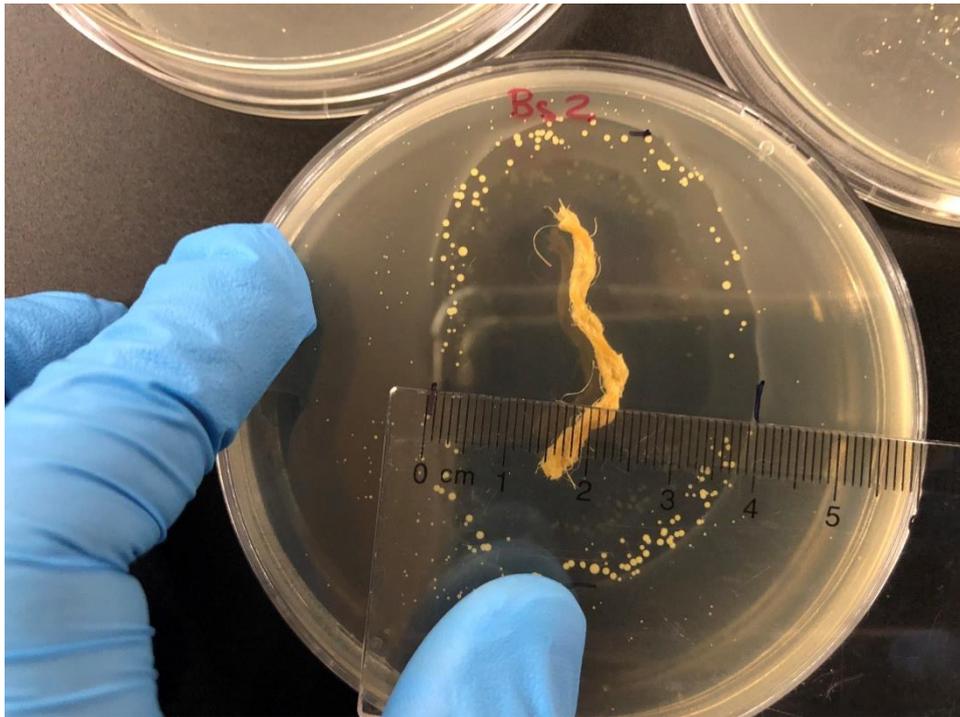


Figura 104 - Perda de eficácia do "escudo"

A substância 3 (Á.C.) também teve o mesmo efeito da substância 2 (S.C.), conseguindo criar um escudo à volta da Juta para a bactéria B.S. depois de 24 horas do início do ensaio, mas ao contrário do ensaio anterior o Á.C. conseguiu aguentar melhor a investida da bactéria conseguindo manter o escudo até ao final do ensaio.

Quanto à bactéria M.L. podemos observar que o Á.C. demorou mais tempo para criar o escudo.

Nas Figuras 96 e 102 podemos observar que existe uma colónia mesmo debaixo da rede de juta o que leva a crer que a rede de Juta já entrou contaminada para o ensaio.

Quanto às restantes substâncias como podemos observar pelas fotografias expostas acima não tiveram qualquer interferência significativa no crescimento das bactérias.

As Figuras 105 a 108 mostram a evolução das bactérias nas amostras com soda caustica para a bactéria M.L. e B.S.



Figura 105 - Bactéria M.L. após 24 horas



Figura 106 - Bactéria M.L. no fim do ensaio



Figura 107 - Bactéria B.S. após 24 horas



Figura 108 - Bactéria B.S. no fim do ensaio

As Figuras 109 a 112 mostram a evolução das bactérias nas amostras com Ácido Cítrico.



Figura 109 - Bactéria M.L. após 24 horas



Figura 110 - Bactéria M.L. no fim do ensaio



Figura 111 - Bactéria B.S. após 24 horas

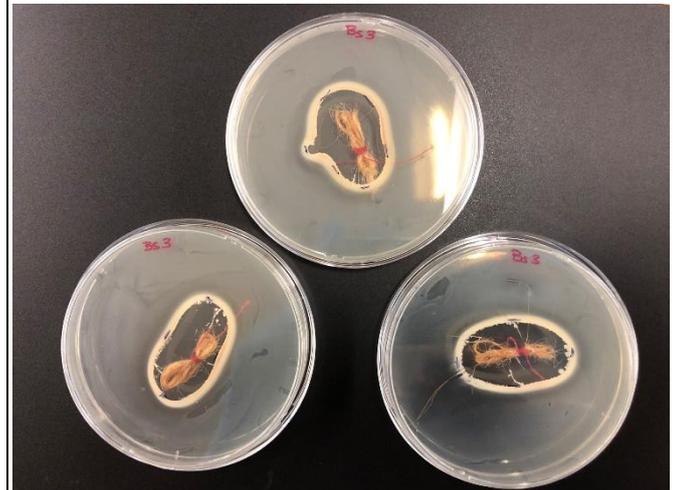


Figura 112 - Bactéria B.S. no fim do ensaio

Com este ensaio conseguimos concluir que para a bactéria B.S. a melhor substância para combater esta bactéria é o À.C. para a bactéria M.L. a juta com S.C. conseguiu formar depois de 24 horas um escudo enquanto, que o À.C. demorou mais tempo para criar o escudo de proteção por isso a curto prazo leva a crer que a S.C. tem melhores resultados, mas a longo prazo o À.C. consegue superar a S.C. porque a S.C. permite a passagem da bactéria de maneira uniforme e a toda a sua volta.

#### 5.4.2 Ensaio de resistência aos fungos

Para o ensaio de resistência aos fungos utilizamos dois fungos, o *Cladosporium herbarium*, C.H., e o *Penicillium chrysogenum*, P.C.. Este ensaio teve a duração de 7 dias. As figuras 113 e 114 mostram os resultados da fibra de juta ao natural, sem nenhuma substância antibacteriana.



Figura 113 - Fungo C.H.

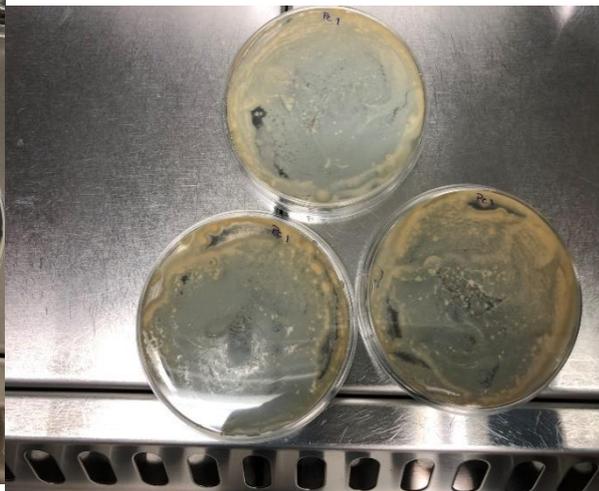


Figura 114 - Fungo P.C.

As figuras 115 e 116 mostram os resultados da fibra de juta embebida em solução de soda cáustica.

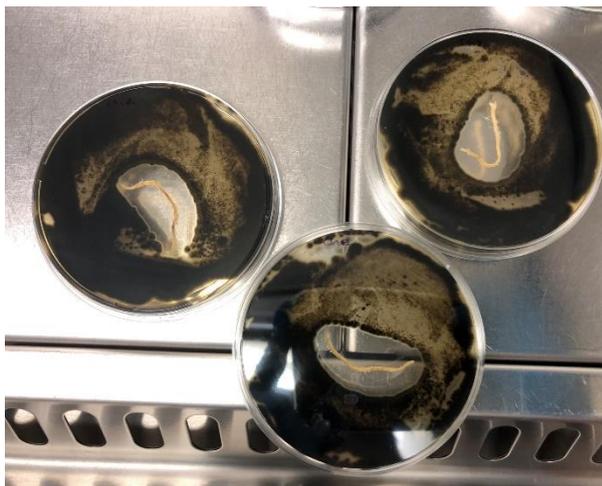


Figura 115 - Fungo C.H.

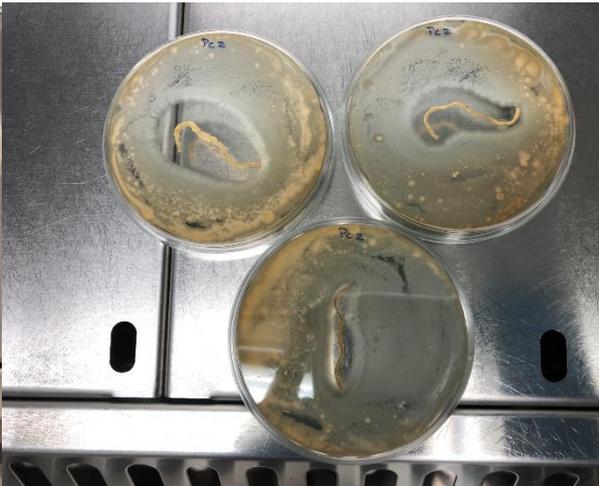


Figura 116 - Fungo P.C.

As figuras 117 e 118 mostram os resultados da fibra de juta em solução de ácido cítrico.



Figura 117 - Fungo C.H.

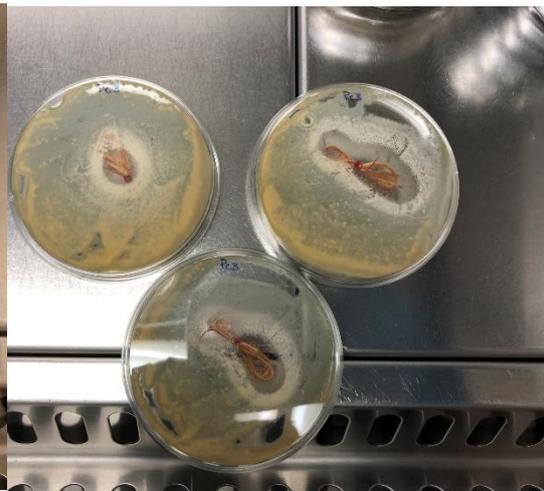


Figura 118 - Fungo P.C.

As figuras 119 e 120 mostram os resultados da fibra de juta em solução de Bórax



Figura 119 - Fungo C.H.

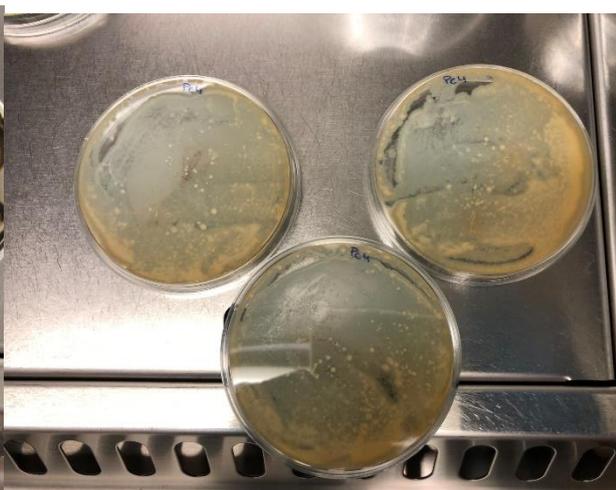


Figura 120 - Fungo P.C.

As figuras 121 e 122 mostram os resultados da fibra de juta em solução de Cal:



Figura 121 - Fungo C.H.

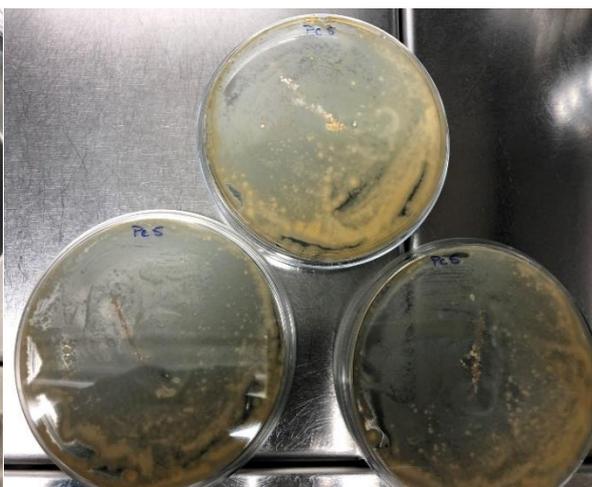


Figura 122 - Fungo P.C.

As figuras 123 e 124 mostram os resultados da fibra de juta em terebentina.



Figura 123 - Fungo C.H.



Figura 124 - Fungo P.C.

Neste ensaio como podemos observar pelos registos fotográficos acima expostos percebemos claramente que ao fim dos 7 dias de ensaio a substância que obteve melhores resultados na evolução dos fungos foi a soda cáustica, conseguindo produzir um escudo ao longo de todo o perímetro.

O ácido critico podemos reparar que também tem um “escudo” à volta do seu perímetro, mas menos demarcado e com menor raio. O que leva a pensar que não é tao eficaz quanto a soda cáustica ou, pode só estar a retrair o fungo mais tarde como aconteceu no ensaio

das bactérias, ou seja seria necessário mais tempo do que a duração deste ensaio para que consiga fazer um escudo mais demarcado.

### 5.4.3 Suscetibilidade a fungos em conjunto (cubos)

Os resultados obtidos no teste padrão para a determinação da resistência de fungos de materiais com base na norma C1338 – Standart Test Method for determination fungil resistance of insulation materials and facings, são apresentados separadamente para o crescimento de fungos que foi observado nas redes, de FJ ou FV, nas argamassas e por fim nos suportes, cortiça e betão de cânhamo.

#### 5.4.3.1 Resultados do sistema ETICS sobre ICB:

No gráfico da Figura 125 podem-se observar os resultados médios obtidos para os cubos de cortiça com argamassa Isovit E-Cork reforçado com rede FJ.

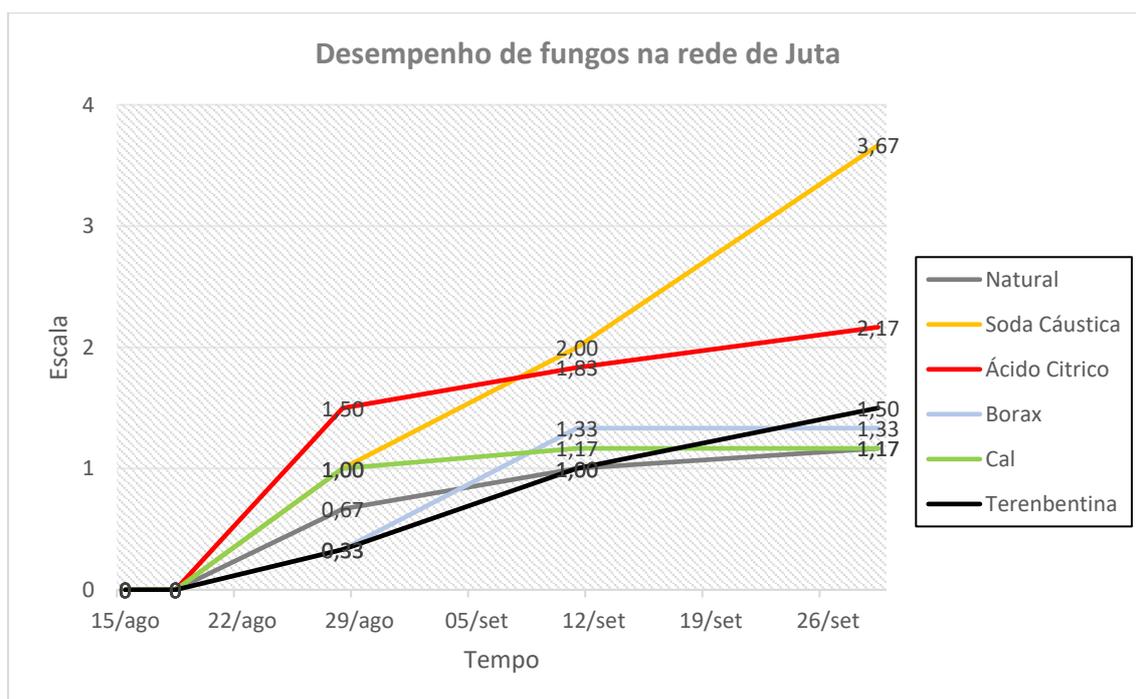


Figura 125 - Desempenho de fungos na rede de Juta

Para a rede de juta podemos observar que o crescimento de fungos ocorreu em maior escala nas amostras com o tratamento de soda caustica e com o ácido cítrico, ao contrário do estudo realizado nos fios de juta em ambiente controlado e com as quatro espécies de microrganismos testadas. Tendo-se obtido um menor crescimento nas amostras de juta

natural, com cal, bórax e terebentina. Verificando-se um crescimento mais lento nas amostras com bórax e terebentina.

No gráfico da Figura 126 podem-se observar os resultados médios obtidos para os cubos de cortiça com argamassa Isovit E-Cork reforçado com rede FV.

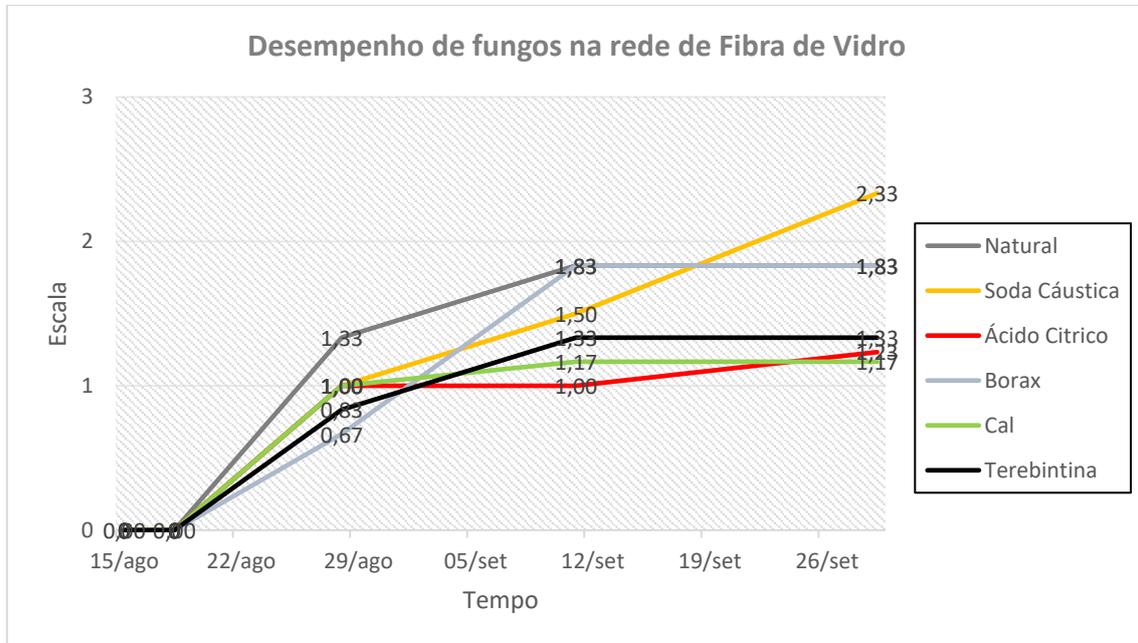


Figura 126 - Desempenho de fungos na rede de Fibra de Vidro

Para a rede de fibra de vidro podemos observar resultados diferentes, em que houve um maior crescimento de fungos nas amostras com soda cáustica, seguindo-se as amostras de rede natural e as amostras com bórax. Com menor crescimento apresentam-se as amostras de cal, ácido cítrico e terebentina, com uma velocidade com a mesma tendência.

### 5.4.3.2 Resultados sobre betão de cânhamo

Para os cubos de cânhamo, com argamassa Reabilita Cal RB, os resultados foram os seguintes, apresentados nas Figuras 127 para a rede FJ e na figura 128 com a rede FV.

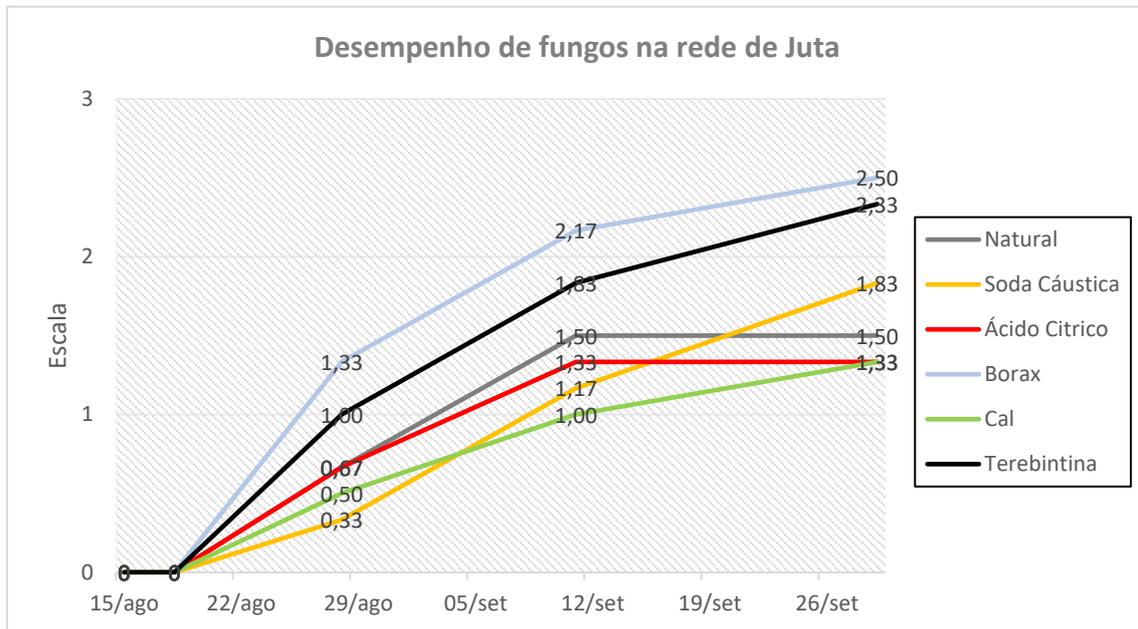


Figura 127 - Desempenho de fungos na rede de Juta

Analisando o gráfico da figura 128 podemos ver que houve um maior crescimento de fungos nas amostras com bórax e terebintina, seguindo-se as amostras com soda cáustica que apresenta uma tendência de crescimento elevada.

Com menor crescimento apresentam-se as amostras de cal, o ácido cítrico e rede natural, estes dois últimos apresentam uma tendência de crescimento estabilizada.

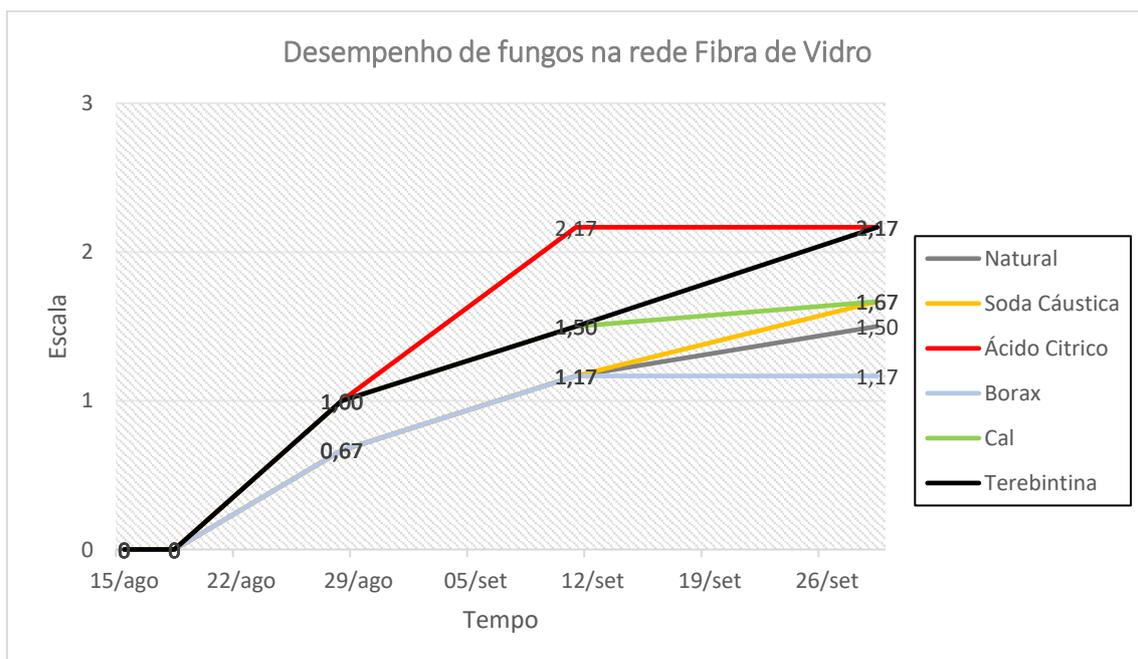


Figura 128 - Desempenho de fungos na rede Fibra de Vidro

Analisando o gráfico da figura 128 podemos verificar que na rede de fibra de vidro registou-se um maior aumento de fungos nas amostras com ácido cítrico e terebintina.

Seguindo-se as amostras com soda caustica, cal e rede natural, com a mesma tendência de crescimento.

Com menor crescimento de fungos apresentam-se as amostras com bórax que apresenta uma tendência de crescimento estabilizada.

### 5.4.3.3 Comparação do desenvolvimento de fungos nas bases de cortiça e de cânhamo:

Nos gráficos das Figuras 129 comparam-se os resultados obtidos nas duas bases utilizadas neste ensaio, a base de cortiça e a base de cânhamo.

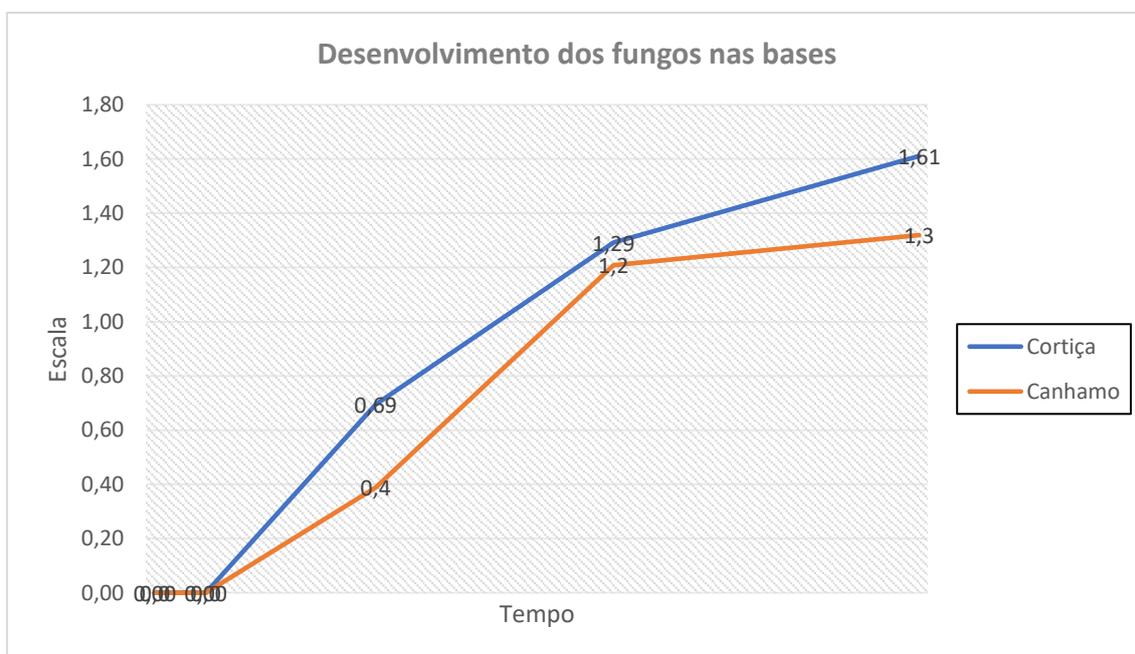


Figura 129 - Desenvolvimento dos fungos nas bases

Como podemos observar na figura do gráfico 129 verifica-se que a base de cortiça tem mais tendência para desenvolver fungos. Este resultado pode dever-se à utilização de cal no betão de cânhamo que poderá retardar o aparecimento de fungos.

#### 5.4.3.4 Comparação do desenvolvimento de fungos nas argamassas:

O gráfico da Figura 130 representa a comparação entre as duas argamassas utilizadas nesta dissertação, a Reabilita Cal RB e a Iovit E-Cork.

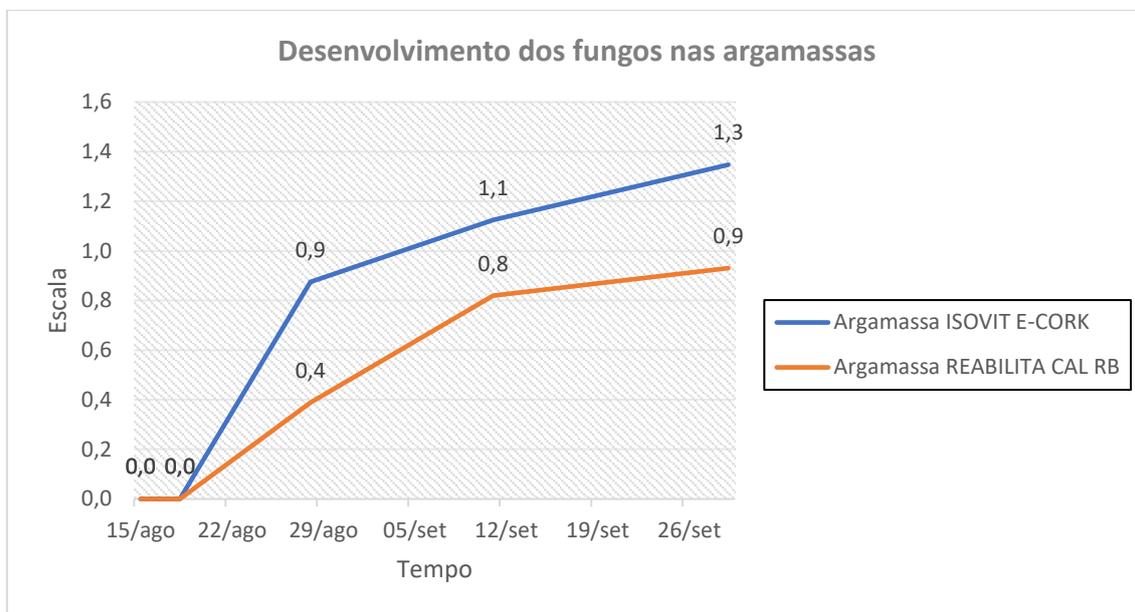


Figura 130 - Desenvolvimento dos fungos nas argamassas

A argamassa Iovit E-Cork foi a argamassa que mais desenvolveu fungos durante os 46 dias de ensaio. O que talvez explique isso é o facto de a argamassa conter agregados de cortiça e sendo um material natural pode potenciar mais o aparecimento de fungos.

## Capítulo 6 – Conclusões e trabalhos futuros

O principal objetivo desta dissertação era a avaliação da rede de juta como reforço de argamassas de reboco e comparar o desempenho da mesma com a rede fibra de vidro mais utilizada nestes dias.

Os resultados desta dissertação podem ser um contributo para um maior conhecimento sobre o tema e para a sua melhor integração no mercado da construção, que como dito anteriormente é um setor que produz muito desperdício material e não é sustentável.

Da parte pratica desta dissertação é possível concluir que a rede de juta não tem tanta resistência à tração como a rede fibra de vidro, mas possui mais aderência às argamassas testadas e maior ductilidade, uma vez que, em termos gerais, o tempo até ocorrer a rotura foi maior. Por isso, podemos afirmar que, em casos que a resistência máxima exigida não seja muito elevada (por exemplo no caso de revestimento exterior de edifícios em zonas sísmicas) e não seja um aspeto importante, pode-se substituir a rede fibra de vidro pela rede de juta.

Nos ensaios mecânicos dos fios de juta é possível apurar que a rede de juta possui uma resistência para os ensaios realizados semelhantes às da bibliografia. No ensaio de exposição aos fungos a rede de juta perdendo 38% da sua capacidade de resistência. Com o acido cítrico é possível verificar que a resistência foi bastante comprometida, sobretudo no ensaio da camara que simula o efeito do calor. O bórax teve um comportamento semelhante em todos os ensaios, sendo o ensaio às bactérias o que mais danificou a fibra. Já na terebintina foi a substância que melhor resultados obteve, permitindo em todos os ensaios um aumento de resistência face aos fios sem nenhuma substância.

Para a caracterização mecânica do conjunto, foram realizados 2 ensaios. No ensaio de aderência simétrica ou *peeling test* podemos concluir que para a rede de juta mesmo tendo menos capacidade de resistência possui melhor aderência nas argamassas de cal aérea hidratada, gesso e areia fina e na argamassa de gesso pré-doseada.

Quanto à argamassa de cal aérea hidratada e saibro não se verificou uma diferença significativa. Já em relação á argamassa de gesso pré-doseada verificou-se uma melhor aderência aos 28 dias da rede fibra de vidro, mas aos 60 dias verificou-se uma grande diferença em termos de aderência sendo a rede de Juta possuindo melhores características de aderência.

Na argamassa ISOVIT E-CORK não foi possível determinar qual a que tem melhores características de aderência.

A nível do aparecimento da primeira fenda registou-se de modo geral em primeiro lugar nas argamassas com rede fibra de vidro.

Para o ensaio paralelo ou de aderência axial podemos concluir que tanto a rede fibra de vidro como a rede de juta tem boa aderência e claramente a rede de fibra de vidro apresenta maior resistência à tração axial.

Em relação aos ensaios microbiológicos é possível concluir que para a bactéria B.S a melhor substância para inibir o seu crescimento foi o ácido cítrico e para a bactéria M.L. a melhor substância foi a soda caustica. Para os fungos verificou-se que a soda caustica conseguiu proteger melhor a juta, mas o ácido cítrico também, só que menos porque não é tão eficaz quanto a soda cáustica, ou pode só estar a retrair o fungo mais tarde como aconteceu no ensaio das bactérias, ou seja, seria necessário mais tempo do que a duração deste ensaio para que consiga fazer um escudo mais demarcado.

Em relação à suscetibilidade a fungos em conjunto (ensaio de argamassa reforçada com rede sobre um suporte, cubos) pode-se observar claramente que a base de cortiça é a base mais atacada por fungos, muito provavelmente pelo facto do betão de cânhamo possuir cal na sua constituição e este ambiente alcalino reduzir o crescimento de fungos. Em relação a argamassa, também podemos concluir que a ISOVIT E-CORK foi a argamassa que mais desenvolveu fungos devido a possuir cortiça na sua mistura. Na base de cortiça, tanto na rede de juta, como na rede fibra de vidro, podemos observar um dado contraditório em relação aos estudos feitos em laboratório onde mostrava a soda caustica como uma boa substância para proteger a juta. No conjunto, pode-se claramente ver que com soda caustica obteve-se mais fungos. Com melhores resultados nas duas redes encontra-se a cal.

Na base de cânhamo em rede de juta verifica-se a substância bórax como a substância que menos conseguiu proteger aos fungos, e a cal como o material que melhor protegeu a rede. Quanto a rede fibra de vidro, verifica-se o ácido cítrico como a substância que menos ajudou na protecção da rede e o bórax como a que teve melhores resultados.

## Trabalhos Futuros

- A realização de ensaios de caracterização mecânica com cal e soda caustica;
- Impactos ambientais, económicos e sociais criados pelo uso da juta como substituto da rede fibra de vidro;
- A realização do ensaio dos cubos num ambiente mais controlado, onde seja possível manter a temperatura mais elevada e controlada;
- A realização de testes microbiológicos na rede fibra de vidro para comparação com a rede de juta;
- Realização de testes de aderência com as substâncias testadas.

## Referências bibliográficas

Almeida, Nuno, 2012, Estudo estrutural de compósitos de matriz polimérica reforçada com fibras de juta, Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Dissertação

Almeida, M. & Bragança, L. & Mateus, R., 2008, Tecnologias para a Sustentabilidade da Construção” Universidade do Minho, Escola de Engenharia

Araújo, Elisabete, 2015, Materiais compósitos com incorporação de cânhamo industrial. Guimarães: Universidade do Minho Projeto de investigação integrado

Brito, Jorge, 2006, A Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição”, Conferencia, Aveiro

Carvalho, Renato, 2015, Degradação mecânica em compósitos de vidro/ epóxico sujeitos a soluções comentícias, Coimbra: Universidade de Coimbra. Dissertação

Food And Agriculture Organization of United Nations: Disponível em <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

Callister Jr., W. D., 1999, “Materials science and engineering: an introduction”; 5th. ed. New York: J. Wiley

CEN, EN 1015-3:1999, Methods of test for mortar for masonry - Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table).

CEN, EN ISO 2062:2009, Determination of single-end breaking force and elongation of break using constant rate of extension.

CEN, ISO 5081:1977, Determination of breaking strength and elongation (Strip method)

CNEM., 2008, V congresso nacional de engenharia mecânica. Bahia: disponível em <https://www.abcm.org.br/anais/conem/2008/pdf/CON08-1011.pdf>

Danchin, A., 2001, Bacillus Subtilis. In Encyclopedia of Genetics. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/bacillus-subtilis>

Fagone, M., Kloft, H., Loccarini, F., Ranocchiai, G., 2019, Composites Part B Disponível em <https://www.sciencedirect.com/journal/composites-part-b-engineering>

Frazão, C., Barros, J., Gonçalves, D., Esmaeli, E., 2014, Caracterização experimental das propriedades de durabilidade de argamassas de base cementícia reforçadas com fibras sintéticas. Universidade do Minho

Kibert, C., 2005, Sustainable Construction: Green building design and delivery

Kropidłowska, Alicja Maria, 2019, Hemp Concrete: Study of mechanical and hygric properties. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Escola de Engenharia. Guimarães

Laboratório Nacional de Engenharia Civil. (2017). Documento de Homologação VIPLÁS 167, VIPLÁS 169 e VIPLÁS 275. LNEC. Disponível em: <https://vimaplas.pt/assets/upl/files/dh-942-viplas-167-169-275-181107153915.pdf>

Mateus, Ricardo, 2009, Avaliação da Sustentabilidade da Construção Propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis, Universidade do Minho. Tese de Doutoramento

Mohanty, A. K., Misra, M., Drzal, L. T., 2005, Natural fibers, biopolymers, and biocomposites. Boca Raton: Taylor & Francis

Oliveira, Igor, 2009, Estudo da aplicação de fibras naturais de juta em placas de material compósito cementício, Manaus: Universidade Federal do Amazonas

Pacheco Torgal, F. & Jalali S., 2010, A Sustentabilidade dos Materiais de Construção

Pires, Eduardo, 2009, Efeito do tratamento de superfície em fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Pós-Graduação

Preto, Rafael, 2013, Estudo experimental do comportamento mecânico de compósitos em fibras de basalto, Lisboa: Técnico de Lisboa. Dissertação

Santos e Brito. 2008, O panorama nacional das reações álcalis-sílica em betões. Universidade do Minho Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n32/Pag%2057.pdf>

SBPC., 2013, 65ª Reunião anual da sociedade brasileira para o progresso da ciência. Recife: Universidade Federal de Pernambuco disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/1190.htm>

Secil, 2021, Ficha técnica Reabilita Cal RB. Secil

Secil, 2021, Ficha técnica Isovit E-CORK. Secil

Silva, Rosana, 2003, Compósito de Resina Poliuretano Derivada de Óleo de Mamona e Fibras Vegetais. USP- São Carlos. Tese de Doutorado

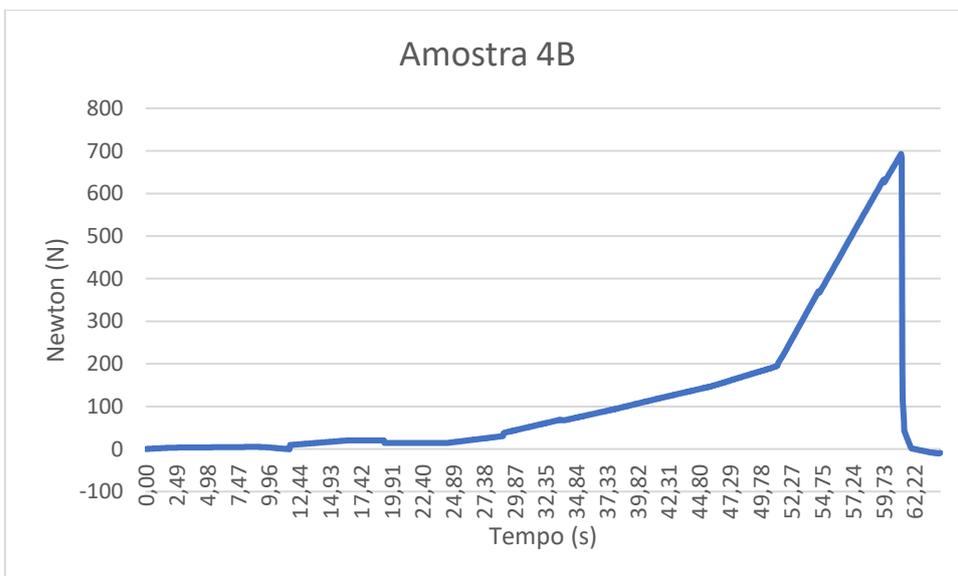
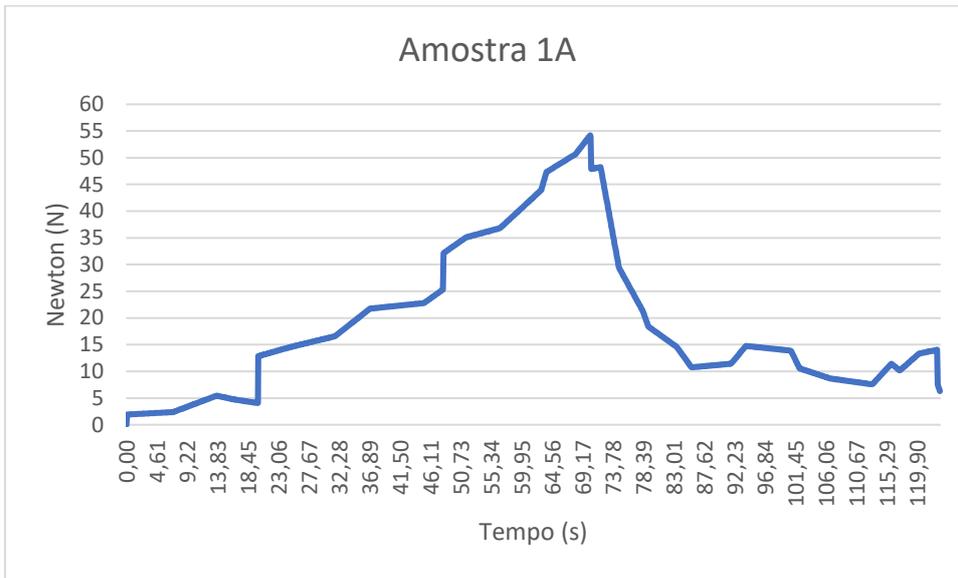
Renxiang Lu, 2014, A cortiça na construção, Lisboa, Técnico de Lisboa. Dissertação

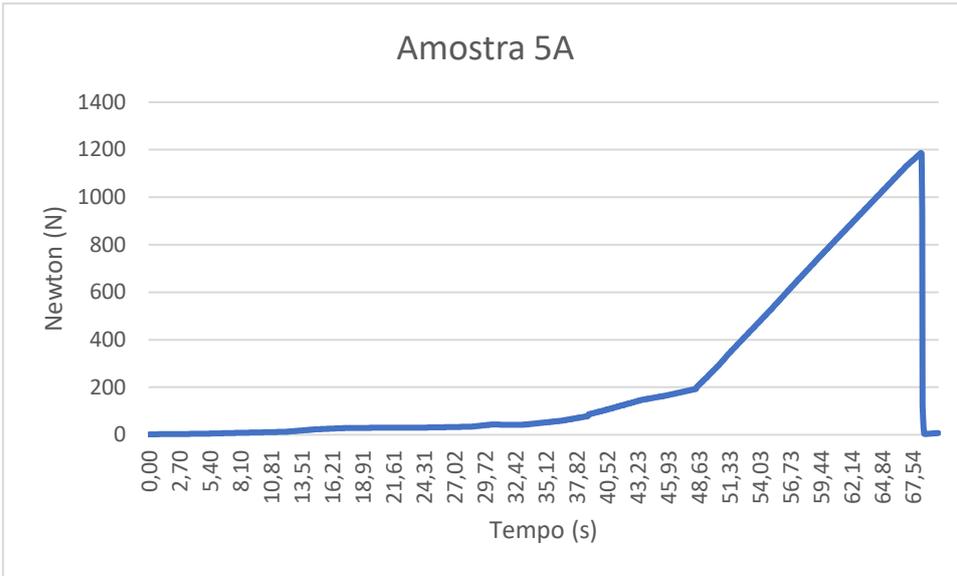
Vimaplás. 2017, Ficha técnica Viplás 167.

# **Anexos**

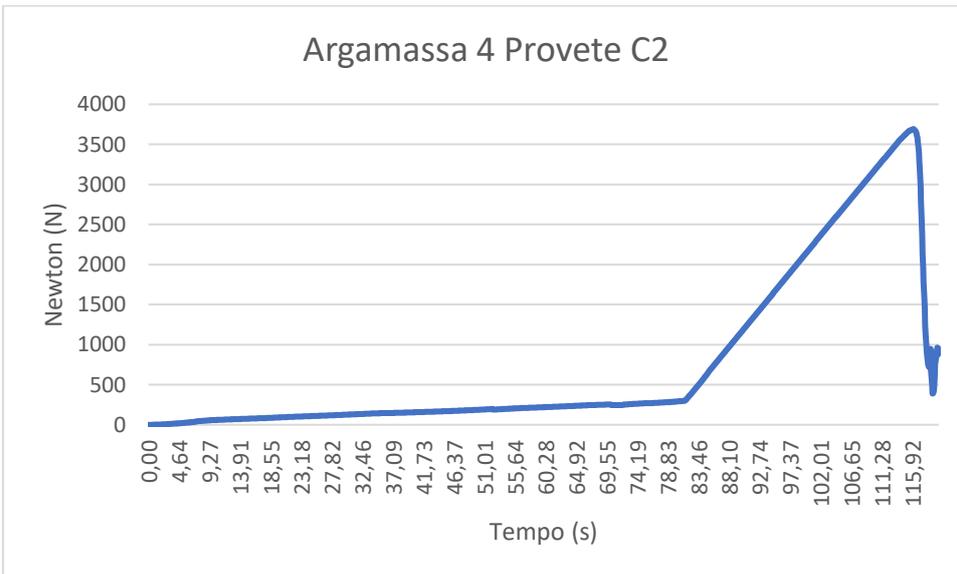
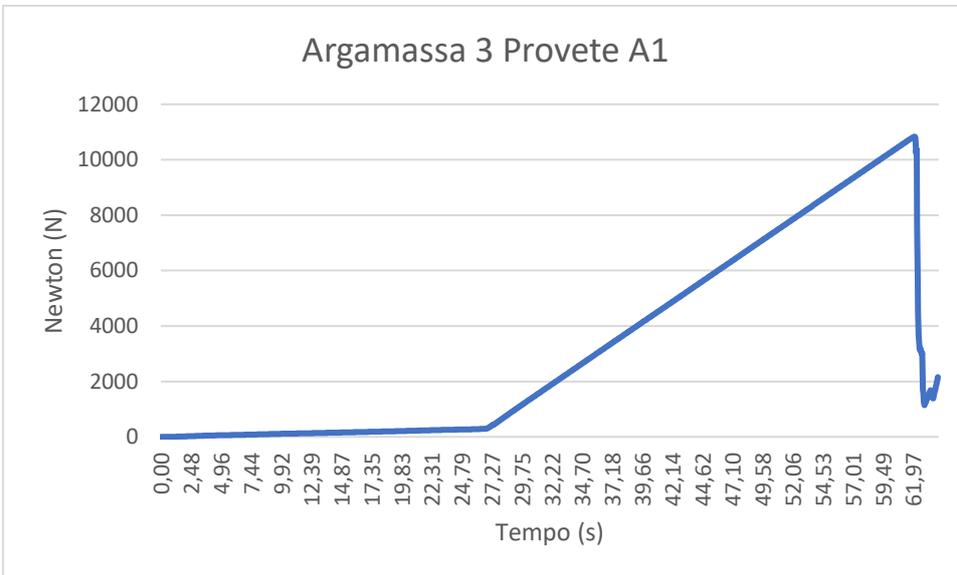
Ensaio de caracterização das argamassas:

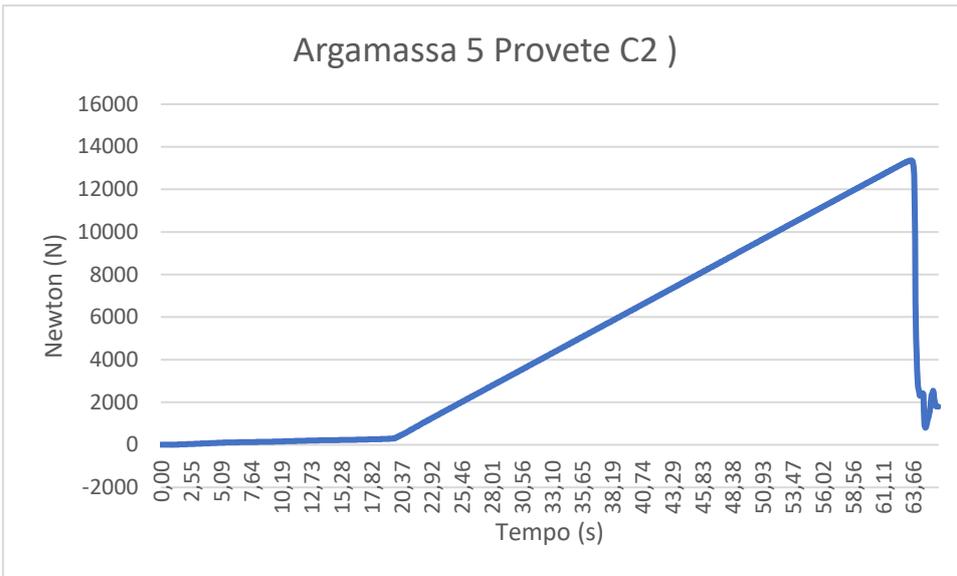
Flexão:





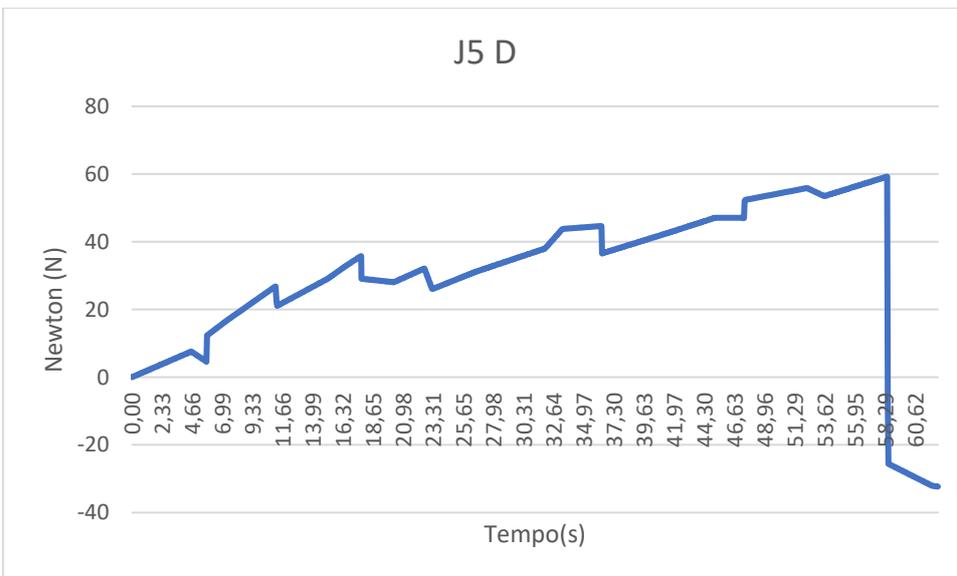
Compressão:

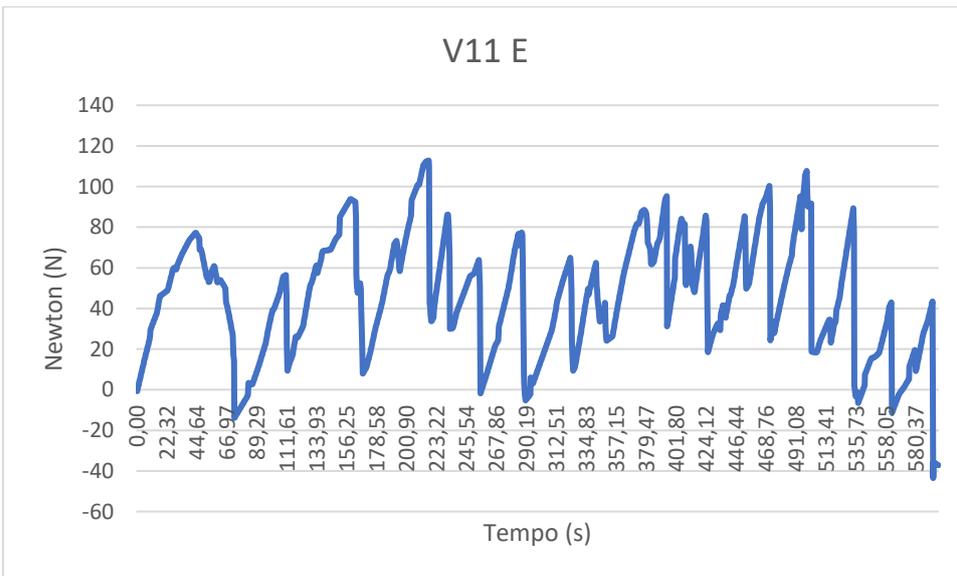
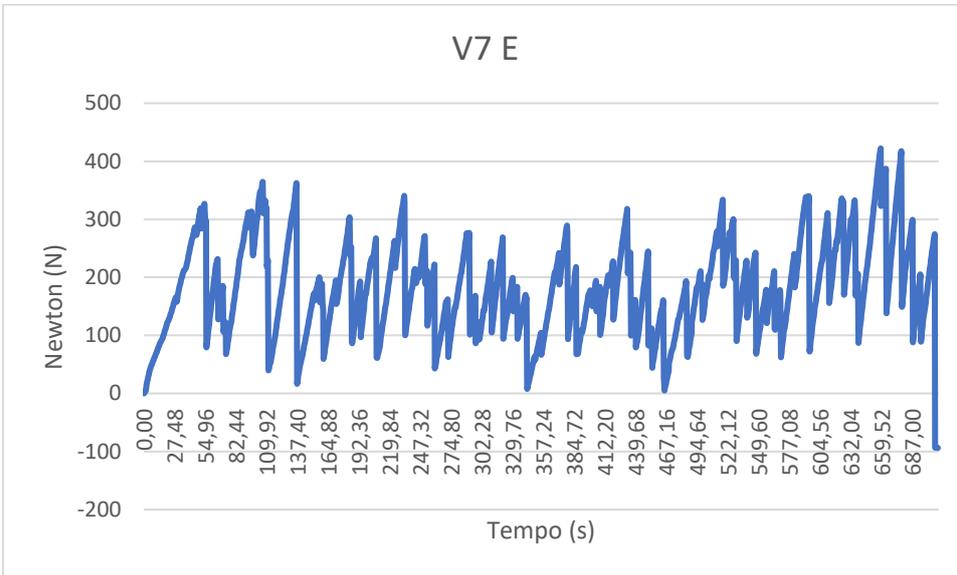
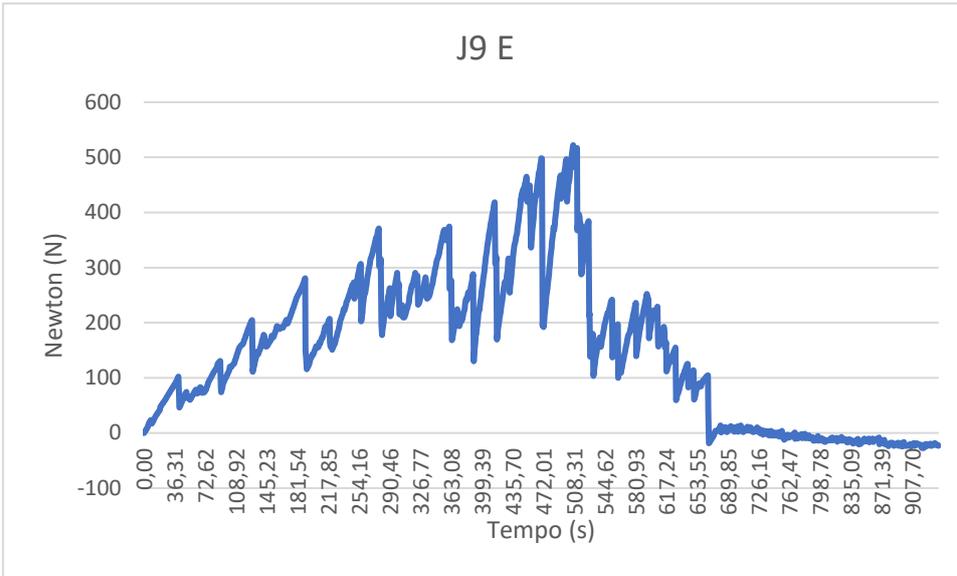




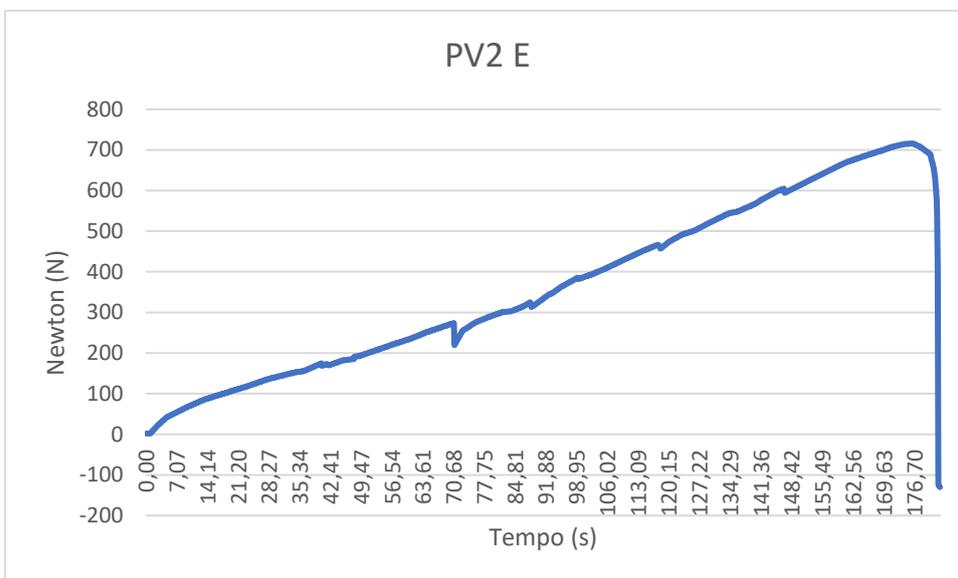
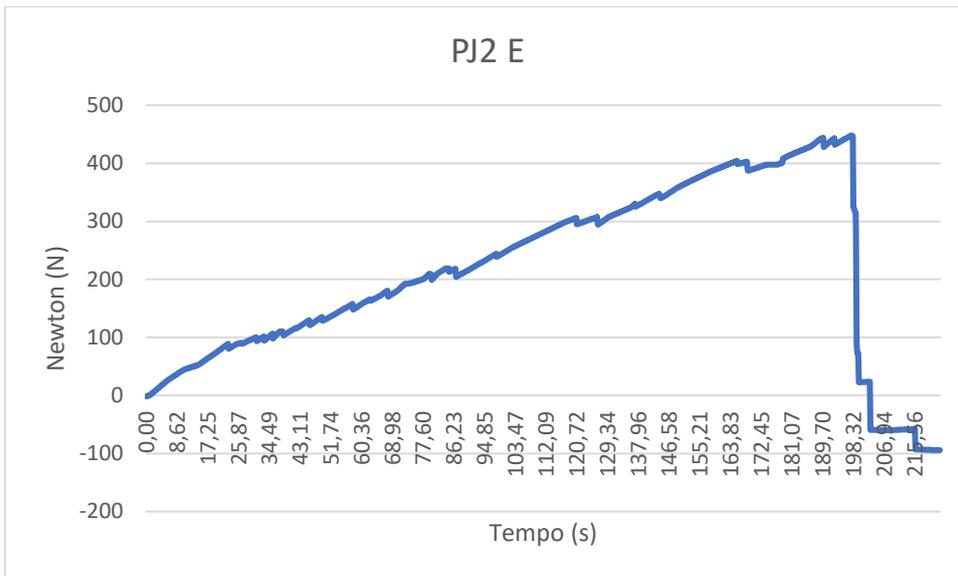
**Caracterização mecânica do conjunto**

**Ensaio de Aderência:**





Ensaio de Aderência Axial:



Caracterização mecânica da rede de juta:

Redes:

	Normal	Forno	Bacterias		Fungos	
			ML	BS	CH	PC
Resumo Normal	38,71	36,71	36,02	37,24	20,04	27,75
Resumo Á.C.	17,81	9,85	21,30	18,25	17,68	17,56
Resumo Boráx	33,01	37,86	27,89	30,79	28,41	34,03
Resumo Tb	41,61	43,31	40,54	33,12	35,59	40,80

Resumo Redes	1 Direção	2 Direção
Juta	465,33	432,50
F. Vidro	1168,00	1103,00

### Ensaio com fios normais:

Normal	/substância	Ácido Citrico	Borax	Tb
Carga	38,71	17,81	33,01	41,61
Desvio padrão:	9,13	3,7	7,29	5,94
Coefficiente de Variação	23,58	20,79	22,08	14,29

### Durabilidade do fio de juta ao calor (camara):

Camara	S/ substância	Ácido Citrico	Borax	Tb
Carga	36,71	9,85	37,86	43,31
Desvio padrão:	6,88	3,25	7,81	9,33
Coefficiente de Variação	18,74	33,04	20,62	21,55

### Bactérias:

Bateria M.L.	S/ substância	Ácido Citrico	Borax	Tb
Carga	36,02	21,3	27,89	40,54
Desvio padrão:	8,04	7,18	1,79	12,26
Coefficiente de Variação	22,32	33,69	6,42	30,25

Bateria B.S.	S/ substância	Ácido Citrico	Borax	Tb
Carga	37,24	18,25	30,79	33,12
Desvio padrão:	6,08	4,24	7,78	3,72
Coefficiente de Variação	16,32	23,25	25,27	11,24

### Fungos:

Fungo C.H.	S/ substância	Ácido Citrico	Borax	Tb
Carga	20,04	17,68	28,41	35,59
Desvio padrão:	6,24	10,47	8,75	12,2
Coefficiente de Variação	31,14	59,22	30,8	34,3

Fungo P.C	S/ substância	Ácido Citrico	Borax	Tb
Carga	27,75	17,56	34,03	40,8
Desvio padrão:	5,56	5,53	11,18	4,04
Coefficiente de Variação	20,05	31,47	32,85	9,9

Ensaio microbiológicos:

Suscetibilidade a fungos em conjunto (cubos)

De Cortiça:

		Presença de Fungos					
Cortiça 5x5x4	Tratamento/Solução	15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set	
Argamassa ISOVIT CORK	Natural (Sem Fio) 1	Juta 1,1	0	0	0	0	2
		Juta1,2	0	0	1	2	3
		Juta1,3	0	0	1	2	2,5
		Vidro 1,4	0	0	1	2	2
		Vidro 1,5	0	0	1	1	1,5
		Vidro 1,6	0	0	0	3	3,5
	Soda Cáustica (Fio Dourado) 2	Juta2,1	0	0	1	2,5	2,5
		Juta2,2	0	0	2	2,5	2,5
		Juta2,3	0	0	1	2,5	2,5
		Vidro 2,4	0	0	0	0,5	0,5
		Vidro 2,5	0	0	0	1	1
		Vidro 2,6	0	0	1	1	1
	Ácido cítrico (Fio Vermelho) 3	Juta3,1	0	0	2	2	2
		Juta3,2	0	0	0	1	1,5
		Juta3,3	0	0	1	1	1
		Vidro 3,4	0	0	1	1	3
		Vidro 3,5	0	0	1	1	1
		Vidro 3,6	0	0	1	1	1
	Borax (Fio Azul claro) 4	Juta4,1	0	0	0	0	0,5
		Juta4,2	0	0	1	1	1
		Juta4,3	0	0	0	0,5	1
		Vidro 4,4	0	0	1	1	1
		Vidro 4,5	0	0	1	1	1
		Vidro 4,6	0	0	0	2	2
	Cal (Fio Branco) 5	Juta5,1	0	0	0	0	0,5
		Juta5,2	0	0	1	1	1,5
		Juta5,3	0	0	0	0	0
		Vidro 5,4	0	0	1	1	1
		Vidro 5,5	0	0	0	0,5	1
		Vidro 5,6	0	0	0	2	2
Terebintina (Fio Preto) 6	Juta6,1	0	0	0	0,5	0,5	
	Juta6,2	0	0	1	2	2,5	
	Juta6,3	0	0	0	0,5	1	
	Vidro 6,4	0	0	2	3	3,5	
	Vidro 6,5	0	0	1	2,5	3	
	Vidro 6,6	0	0	1	1	1	

Rede	Tratamento/Solução	Presença de Fungos					
			15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set
Argamassa ISOVIT CORK	Natural (Sem Fio) 1	Juta 1,1	0,0	0,0	1,0	1,0	1,5
		Juta 1,2	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Juta 1,3	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 1,4	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
		Vidro 1,5	0,0	0,0	2,0	3,0	3,0
		Vidro 1,6	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
	Soda Cáustica (Fio Dourado) 2	Juta 2,1	0,0	0,0	1,0	2,0	4,0
		Juta 2,2	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0
		Juta 2,3	0,0	0,0	1,0	2,0	4,0
		Vidro 2,4	0,0	0,0	1,0	1,5	2,0
		Vidro 2,5	0,0	0,0	1,0	2,0	3,0
		Vidro 2,6	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0
	Ácido cítrico (Fio Vermelho) 3	Juta 3,1	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0
		Juta 3,2	0,0	0,0	1,0	1,5	2,0
		Juta 3,3	0,0	0,0	1,5	2,0	2,5
		Vidro 3,4	0,0	0,0	1,0	1,0	1,2
		Vidro 3,5	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 3,6	0,0	0,0	1,0	1,0	1,5
	Borax (Fio Azul claro) 4	Juta 4,1	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Juta 4,2	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Juta 4,3	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
		Vidro 4,4	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
		Vidro 4,5	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
		Vidro 4,6	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
	Cal (Fio Branco) 5	Juta 5,1	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
		Juta 5,2	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Juta 5,3	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 5,4	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 5,5	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 5,6	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
Terebintina (Fio Preto) 6	Juta 6,1	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	
	Juta 6,2	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5	
	Juta 6,3	0,0	0,0	0,0	0,5	2,0	
	Vidro 6,4	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5	
	Vidro 6,5	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5	
	Vidro 6,6	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	

		Presença de Fungos					
Argamassa	Tratamento/Solução	15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set	
Argamassa ISOVIT CORK	Natural (Sem Fio) 1	Juta 1,1	0	0	1	1	2
		Juta1,2	0	0	1	1	1,5
		Juta1,3	0	0	1	1	1
		Vidro 1,4	0	0	1	1	1
		Vidro 1,5	0	0	0	0	1
		Vidro 1,6	0	0	0	1	1,5
	Soda Cáustica (Fio Dourado) 2	Juta2,1	0	0	1	2	2,5
		Juta2,2	0	0	2	2	3
		Juta2,3	0	0	1	2	2,5
		Vidro 2,4	0	0	1	1	1
		Vidro 2,5	0	0	0	0	0
		Vidro 2,6	0	0	1	1	1
	Ácido citríco (Fio Vermelho) 3	Juta3,1	0	0	2	2	2
		Juta3,2	0	0	1	1	1
		Juta3,3	0	0	1	1	1,5
		Vidro 3,4	0	0	1	1	2
		Vidro 3,5	0	0	1	1,5	1,5
		Vidro 3,6	0	0	1	1	1
	Borax (Fio Azul claro) 4	Juta4,1	0	0	1	1	1
		Juta4,2	0	0	0	0	0
		Juta4,3	0	0	1	2	2
		Vidro 4,4	0	0	1	1	1
		Vidro 4,5	0	0	1	1,5	1,5
		Vidro 4,6	0	0	0	1	1
	Cal (Fio Branco) 5	Juta5,1	0	0	0	1	1
		Juta5,2	0	0	1	1,5	1,5
		Juta5,3	0	0	1	1	1
		Vidro 5,4	0	0	1	1	1
		Vidro 5,5	0	0	1	1	1
		Vidro 5,6	0	0	0	0,5	0,5
Terebintina (Fio Preto) 6	Juta6,1	0	0	1	1	1	
	Juta6,2	0	0	1	1,5	1,5	
	Juta6,3	0	0	0	0	0,5	
	Vidro 6,4	0	0	2,5	3	3,5	
	Vidro 6,5	0	0	1	1	1	
	Vidro 6,6	0	0	1	1	1,5	

Média Redes		15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set
Natural (Sem Fio) 1	Juta	0	0	0,67	1,00	1,17
	Vidro	0	0	1,33	1,83	1,83
Soda Cáustica (Fio Dourado) 2	Juta	0	0	1,00	2,00	3,67
	Vidro	0	0	1,00	1,50	2,33
Ácido cítrico (Fio Vermelho) 3	Juta	0	0	1,50	1,83	2,17
	Vidro	0	0	1,00	1,00	1,23
Borax (Fio Azul claro) 4	Juta	0	0	0,33	1,33	1,33
	Vidro	0	0	0,67	1,83	1,83
Cal (Fio Branco) 5	Juta	0	0	1,00	1,17	1,17
	Vidro	0	0	1,00	1,17	1,17
Terebintina (Fio Preto) 6	Juta	0	0	0,33	1,00	1,50
	Vidro	0	0	0,33	1,33	1,33

Média Argamassa		15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set
Natural (Sem Fio) 1	Juta	0	0	1,00	1,00	1,50
	Vidro	0	0	0,33	0,67	1,17
Soda Cáustica (Fio Dourado) 2	Juta	0	0	1,33	2,00	2,67
	Vidro	0	0	0,67	0,67	0,67
Ácido cítrico (Fio Vermelho) 3	Juta	0	0	1,33	1,33	1,50
	Vidro	0	0	1,00	1,17	1,50
Borax (Fio Azul claro) 4	Juta	0	0	0,67	1,00	1,00
	Vidro	0	0	0,67	1,17	1,17
Cal (Fio Branco) 5	Juta	0	0	0,67	1,17	1,17
	Vidro	0	0	0,67	0,83	0,83
Terebintina (Fio Preto) 6	Juta	0	0	0,67	0,83	1,00
	Vidro	0	0	1,50	1,67	2,00

Média Cortiça		15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set
Natural (Sem Fio) 1	Juta	0	0	0,67	1,33	2,50
	Vidro	0	0	0,67	2,00	2,33
Soda Cáustica (Fio Dourado) 2	Juta	0	0	1,33	2,50	2,50
	Vidro	0	0	0,33	0,83	0,83
Ácido cítrico (Fio Vermelho) 3	Juta	0	0	1,00	1,33	1,50
	Vidro	0	0	1,00	1,00	1,67
Borax (Fio Azul claro) 4	Juta	0	0	0,33	0,50	0,83
	Vidro	0	0	0,67	1,33	1,33
Cal (Fio Branco) 5	Juta	0	0	0,33	0,33	0,67
	Vidro	0	0	0,33	1,17	1,33
Terebintina (Fio Preto) 6	Juta	0	0	0,33	1,00	1,33
	Vidro	0	0	1,33	2,17	2,50

De Cânhamo:

		Presença de Fungos					
Canhamo	Tratamento/Solução	15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set	
REABILITA - CAL	Natural (Sem Fio) 7	Juta 7,1	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
		Juta 7,2	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Juta 7,3	0,0	0,0	1,0	1,5	1,0
		Vidro 7,4	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
		Vidro 7,5	0,0	0,0	0,0	1,0	1,5
		Vidro 7,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
	Soda Cáustica (Fio Dourado) 8	Juta 8,1	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Juta 8,2	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Juta 8,3	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 8,4	0,0	0,0	0,0	0,5	1,5
		Vidro 8,5	0,0	0,0	0,0	0,5	1,5
		Vidro 8,6	0,0	0,0	1,0	3,0	3,0
	Ácido citríco (Fio Vermelho) 9	Juta 9,1	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Juta 9,2	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
		Juta 9,3	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
		Vidro 9,4	0,0	0,0	1,0	3,0	3,0
		Vidro 9,5	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
		Vidro 9,6	0,0	0,0	0,0	1,5	2,0
	Borax (Fio Azul claro) 10	Juta 10,1	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Juta 10,2	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		Juta 10,3	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Vidro 10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Vidro 10,5	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
		Vidro 10,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
	Cal (Fio Branco) 11	Juta 11,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Juta 11,2	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Juta 11,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Vidro 11,4	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
		Vidro 11,5	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Vidro 11,6	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
	Terebintina (Fio Preto) 12	Juta 12,1	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0
		Juta 12,2	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Juta 12,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Vidro 12,4	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
		Vidro 12,5	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 12,6	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0

		Presença de Fungos					
Rede	Tratamento/Solução		15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set
REABILITA - CAL	Natural (Sem Fio) 7	Juta 7,1	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Juta 7,2	0,0	0,0	0,0	1,5	1,5
		Juta 7,3	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
		Vidro 7,4	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 7,5	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0
		Vidro 7,6	0,0	0,0	1,0	2,0	2,5
	Soda Cáustica (Fio Dourado) 8	Juta 8,1	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
		Juta 8,2	0,0	0,0	0,0	1,0	1,5
		Juta 8,3	0,0	0,0	0,0	1,0	2,5
		Vidro 8,4	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0
		Vidro 8,5	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0
		Vidro 8,6	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
	Ácido cítrico (Fio Vermelho)9	Juta 9,1	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
		Juta 9,2	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
		Juta 9,3	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Vidro 9,4	0,0	0,0	1,0	3,0	3,0
		Vidro 9,5	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
		Vidro 9,6	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
	Borax (Fio Azul claro) 10	Juta 10,1	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0
		Juta 10,2	0,0	0,0	2,0	3,0	4,0
		Juta 10,3	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
		Vidro 10,4	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 10,5	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
		Vidro 10,6	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
Cal (Fio Branco) 11	Juta 11,1	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5	
	Juta 11,2	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	
	Juta 11,3	0,0	0,0	0,0	0,5	1,5	
	Vidro 11,4	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5	
	Vidro 11,5	0,0	0,0	1,0	1,5	2,0	
	Vidro 11,6	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5	
Terebintina (Fio Preto) 12	Juta 12,1	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5	
	Juta 12,2	0,0	0,0	1,0	2,5	4,0	
	Juta 12,3	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5	
	Vidro 12,4	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5	
	Vidro 12,5	0,0	0,0	1,0	1,5	2,0	
	Vidro 12,6	0,0	0,0	1,0	1,5	3,0	

		Presença de Fungos					
Argamassa	Tratamento/Solução	15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set	
REABILITA - CAL	Natural (Sem Fio) 7	Juta 7,1	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Juta 7,2	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Juta 7,3	0,0	0,0	1,0	1,0	2,0
		Vidro 7,4	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 7,5	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
	Vidro 7,6	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	
	Soda Cáustica (Fio Dourado) 8	Juta 8,1	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Juta 8,2	0,0	0,0	0,0	1,0	1,5
		Juta 8,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Vidro 8,4	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Vidro 8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Vidro 8,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	
	Ácido citríco (Fio Vermelho) 9	Juta 9,1	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Juta 9,2	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Juta 9,3	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
		Vidro 9,4	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 9,5	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
	Vidro 9,6	0,0	0,0	0,0	1,0	1,5	
	Borax (Fio Azul claro) 10	Juta 10,1	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Juta 10,2	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Juta 10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Vidro 10,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Vidro 10,5	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
	Vidro 10,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	
	Cal (Fio Branco) 11	Juta 11,1	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
		Juta 11,2	0,0	0,0	1,0	1,5	1,5
		Juta 11,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
		Vidro 11,4	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0
		Vidro 11,5	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
	Vidro 11,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	
Terebintina (Fio Preto) 12	Juta 12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Juta 12,2	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	
	Juta 12,3	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	
	Vidro 12,4	0,0	0,0	1,0	2,0	2,0	
	Vidro 12,5	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	
Vidro 12,6	0,0	0,0	0,0	0,5	1,5		

Média Rede		15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set
Natural (Sem Fio) 1	Juta	0	0	0,67	1,50	1,50
	Vidro	0	0	0,67	1,17	1,50
Soda Cáustica (Fio Dourado) 2	Juta	0	0	0,33	1,17	1,83
	Vidro	0	0	0,67	1,17	1,67
Ácido cítrico (Fio Vermelho) 3	Juta	0	0	0,67	1,33	1,33
	Vidro	0	0	1,00	2,17	2,17
Borax (Fio Azul claro) 4	Juta	0	0	1,33	2,17	2,50
	Vidro	0	0	0,67	1,17	1,17
Cal (Fio Branco) 5	Juta	0	0	0,50	1,00	1,33
	Vidro	0	0	1,00	1,50	1,67
Terebintina (Fio Preto) 6	Juta	0	0	1,00	1,83	2,33
	Vidro	0	0	1,00	1,50	2,17

Média Argamassa		15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set
Natural (Sem Fio) 1	Juta	0,0	0,0	1,0	1,0	1,3
	Vidro	0,0	0,0	0,3	1,0	1,3
Soda Cáustica (Fio Dourado) 2	Juta	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0
	Vidro	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
Ácido cítrico (Fio Vermelho) 3	Juta	0,0	0,0	0,7	1,0	1,0
	Vidro	0,0	0,0	0,3	1,0	1,2
Borax (Fio Azul claro) 4	Juta	0,0	0,0	0,7	0,7	0,7
	Vidro	0,0	0,0	0,3	0,5	0,5
Cal (Fio Branco) 5	Juta	0,0	0,0	0,7	1,2	1,2
	Vidro	0,0	0,0	0,3	0,8	0,8
Terebintina (Fio Preto) 6	Juta	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3
	Vidro	0,0	0,0	0,3	1,2	1,5

Média Canhamo		15/ago	18/ago	28/ago	11/set	29/set
Natural (Sem Fio) 1	Juta	0,0	0,0	1,0	1,5	1,3
	Vidro	0,0	0,0	0,3	1,2	1,3
Soda Cáustica (Fio Dourado) 2	Juta	0,0	0,0	0,3	1,3	1,3
	Vidro	0,0	0,0	0,3	1,3	2,0
Ácido cítrico (Fio Vermelho) 3	Juta	0,0	0,0	0,7	1,5	1,5
	Vidro	0,0	0,0	0,3	2,2	2,3
Borax (Fio Azul claro) 4	Juta	0,0	0,0	0,0	1,2	1,2
	Vidro	0,0	0,0	0,3	0,7	0,7
Cal (Fio Branco) 5	Juta	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
	Vidro	0,0	0,0	0,3	1,3	1,3
Terebintina (Fio Preto) 6	Juta	0,0	0,0	0,0	0,5	0,7
	Vidro	0,0	0,0	1,0	1,3	1,7