



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

**OBRAS DE CONSERVAÇÃO NO COLÉGIO DO ESPÍRITO SANTO
(ZONA ENVOLVENTE AO PÁTIO DA CISTERNA)**

UNIVERSIDADE DE ÉVORA - LARGO DOS COLEGIAIS
7000-812 ÉVORA

ESTABILIDADE

PROJETO DE EXECUÇÃO

ÍNDICE

PEÇAS ESCRITAS

1.	INTRODUÇÃO	4
2.	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO ESTRUTURAL	4
2.1	Descrição Global	4
2.2	Estrutura em madeira	7
2.3	Prumos metálicos.....	7
3.	ACÇÕES.....	7
3.1	Ações Permanentes	8
3.2	Sobrecargas.....	8
3.3	Vento.....	8
3.4	Sismo.....	8
3.5	Neve	8
4.	METODOLOGIA DE CÁLCULO	9
4.1	Metodologia de cálculo na intervenção do pátio da cisterna.....	9
5.	ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS.....	11
5.1	Estrutura de madeira	11
5.2	Prumos metálicos.....	11
6.	LEGISLAÇÃO APLICÁVEL.....	11
7.	OMISSÕES.....	12

PEÇAS DESENHADAS

PEÇAS ESCRITAS

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

| ESTABILIDADE |

1. INTRODUÇÃO

O projeto Estabilidade é referente às **Obras de Conservação no Colégio do Espírito Santo (Zona Envolvente ao Pátio da Cisterna)**, localizadas no Largo dos Colegiais - Universidade de Évora, 7000-812 Évora, união das freguesias de Évora (São Mamede, Sé, São Pedro e Santo Antão), concelho e distrito de Évora, cujo procedimento foi requerido pela **Universidade de Évora**.

O projeto foi elaborado atendendo às condicionantes da Arquitectura, e em todos o processo de cálculo foi utilizado e respeitada a regulamentação em vigor, em especial o RSA, Eurocódigo 5 e as NP 4305:1995, NP EN 338:2016, NP EN 1995-1-1 e NP EN 335.

2. DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO ESTRUTURAL

2.1 Descrição Global

No presente projeto de execução estão previstos de forma geral os seguintes trabalhos:

- Reforço e/ou substituição de elementos estruturais em madeira no teto/pavimento do claustro na zona envolvente ao pátio da Cisterna;
- Substituição de colunas (base, fuste e capitel) danificadas e consolidação das arquivadas do claustro na zona envolvente ao pátio da Cisterna.

REFORÇO E/OU SUBSTITUIÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM MADEIRA

Todos os elementos estruturais (vigas/madres/traves e vigas barrotes) originais em madeira do pavimento do 1.º piso do claustro pequeno, estão em estado avançado de deterioração ou mesmo podres, e apresentam a presença de ataques de insetos xilófagos.

Pelo que a intervenção levada a efeito nos anos 80 do século passado já não dá garantias de segurança e estabilidade a médio/longo prazo.

Atualmente são bastantes as vibrações que se verificam nesse pavimento e será necessário proceder à substituição parcial ou total dos elementos deteriorados por outros também em madeira tratada.

Como se pode observar abaixo nas fotografias e nas peças desenhadas do projeto, o pavimento do piso superior está a ser suportado por uma estrutura em madeira composta pela estrutura original e a estrutura de reforço executada na década de 80.

Toda a estrutura original apresenta a presença de ataques de insetos xilófagos.



FIGURAS 1 E 2: ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM MADEIRA DE SUPORTE AO PAVIMENTO DO 1.º PISO/TETO DO CLAUSTRO

Pelo que foi realizado um estudo aprofundado das capacidades de resistência destes elementos para se proceder à sua reparação e/ou substituição parcial ou total, através da simulação de vários cenários possíveis em programa de cálculo automático para verificação da secção útil ou conjunto de secções úteis necessárias à garantia da capacidade resistente dos elementos de suporte do pavimento às solicitações preconizadas na atualidade.

Do estudo realizado com o procedimento abaixo descrito, foi possível aferir através de método de comparação de secções mínimas de cálculo às solicitações do piso, que deverá ser realizada a seguinte ordem de trabalhos:

- i. Remoção/Demolição da estrutura existente (vigas/madres/traves/vigas barrotes), incluindo a montagem de escoramento especial adequado do teto/pavimento e das paredes envolventes, bem como a limpeza e a reserva/resguardo dos perfis de madeira em bom estado de conservação e secção/capacidade resistente.
- ii. Execução da estrutura de madeira proposta da classe de resistência C24 e classe de serviço 1 e classe de risco 2, incluindo a reutilização, reconfiguração, tratamento curativo e preventivo, e aplicação das peças de reforço da estrutura existente em bom estado de conservação e capacidade, bem como a desmontagem do escoramento especial atrás previsto.

SUBSTITUIÇÃO DE COLUNAS E MANUTENÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DE ARQUITRAVES

Recentemente verificou-se que metade dos capitéis das colunas do 1º piso do claustro pequeno têm estado a perder grandes pedaços de material, devido a carga excessiva. Para

aliviar a carga nos mesmos e colunas, a Universidade já colocou alguns prumos, mas esta zona carece de intervenção urgente, conforme se pode verificar no registo fotográfico.



FIGURAS 3 E 4: COLUNAS COM CAPITÊIS DANIFICADOS

De uma breve análise realizada pensa-se que o problema poderá estar associado à carga e rotação excessivas das arquitraves, as quais estão a originar cargas excêntricas nos capitéis das colunas. Estas cargas excêntricas nos capitéis estarão a ser superiores à capacidade resistente dos mesmos, provocado assim a sua rotura.

Pelo que a consolidação desta zona foi alvo de um estudo para determinar o tipo de intervenção a realizar, nomeadamente, a limpeza e manutenção de todas as colunas da zona de intervenção, e a substituição das colunas (base, fuste e capitel) danificadas, conjugada com a instalação simples de escoramento permanente sem meios invasivos dos elementos estruturais existentes, constituído por prumos metálicos de apoio a 1/3 do vão das respetivas arquitraves, na totalidade da zona de intervenção, de forma a evitar danos idênticos nas restantes colunas, incluindo ainda os trabalhos de consolidação das respetivas arquitraves, nomeadamente a limpeza das juntas entre elementos e consolidação de juntas através de caldas ligantes e argamassas adequadas ao efeito pretendido e que lhes restituem pelo menos as características de resistência originais.

A análise do projeto de arquitetura conduziu aos esquemas estruturais apresentados nas plantas das diversas cotas e peças desenhadas que, em conjunto com os pormenores construtivos definem os elementos em que se baseia a análise da obra em estudo.

Das limitações impostas pela arquitetura e das indicações do promotor, a solução estrutural adotada, teve como premissas por um lado promover a sua racionalização em termos técnicos, históricos, patrimoniais, culturais e económicos, e por outro prevenir no sentido de otimizar o seu funcionamento face às diferentes solicitações a que estará sujeita em serviço e utilizar a estrutura existente no local, procedendo-se à respetiva alteração.

A estrutura de suporte do pavimento do 1.º piso dos claustros do pátio da Cisterna, será em elementos de madeira envelhecida idênticos aos originais, mas com características mecânicas e de proteção adequadas às solicitações atuais do edifício a reabilitar.

As colunas e as arquitraves da zona de intervenção, serão sujeitas a processos de limpeza, manutenção e consolidação conforme atrás referido, conjugados com a instalação simples de

escoramento permanente sem meios ou métodos invasivos dos elementos estruturais existentes (arquitruaves e bases, etc...), de forma à redução da carga e rotação induzida às colunas pelas respetivas arquitraves, constituído por prumos metálicos de apoio a 1/3 do vão das respetivas arquitraves, na totalidade da zona de intervenção, de forma a evitar danos idênticos nas restantes colunas.

A forma, dimensões e características dos prumos metálicos atrás referidos, foram definidas de forma ao seu enquadramento no meio de inserção com valor patrimonial e cultural.

As colunas danificadas serão substituídas por outras idênticas na forma e material.

A solução preconizada foi cuidada, pelo que todas as arquitraves serão escoradas provisoriamente com recurso a prumos metálicos adequados, e verificada a segurança para dar início aos trabalhos. De seguida e antes da colocação dos prumos de apoio permanentes, deverão ser realizados os trabalhos de consolidação das arquitraves atrás referidos.

Na definição das características geométricas dos diversos elementos estruturais, procurou-se sempre a melhor adaptação ao projeto de arquitetura e ao seu meio de inserção. Devido à natureza da obra e à dificuldade de leitura da arquitetura, deverá ser consultado o projetista.

2.2 Estrutura em madeira

A estrutura em madeira, incluindo as respetivas ligações, será composta pelos elementos estruturais e respetivas dimensões indicadas nas peças desenhadas e foram dimensionados de forma a garantir um comportamento adequado.

A madeira será maciça proveniente de coníferas ou choupos com origem de Portugal, da classe de resistência C24, classe de serviço 1 e classe de risco 2.

Relativamente peças de ligação em aço galvanizado do aço das ligações será das classes de resistência S250GD e de proteção à corrosão Z275.

2.3 Prumos metálicos

Os prumos metálicos para escoramento permanente não invasivo dos elementos estruturais existentes (base, arquitraves, etc...), incluindo os respetivos elementos de apoio e suporte de ligações, serão compostos pelos elementos estruturais, acessórios e respetivas dimensões indicadas nas peças desenhadas e foram dimensionados de forma a garantir um comportamento adequado. A classe do aço será S275 (F430) e a pintura e esquema de proteção será de acordo com o caderno de encargos, ressalvando-se no caso dos elementos estruturais sujeitos à verificação da resistência ao fogo padrão mínima, que estes deverão receber pintura intumescente da classe correspondente à categoria de risco do edifício, que neste caso não foi determinada, contudo deverá ser garantido no mínimo de 60 min (REI 60).

3. ACÇÕES

As ações e suas combinações são as previstas no regulamento português em vigor (R.S.A. - Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes), tendo sido consideradas para efeito as seguintes ações.

3.1 Ações Permanentes

As ações permanentes a considerar para o dimensionamento serão o peso próprio dos elementos estruturais e de ligação, pavimentos/tetos e coberturas, e seus revestimentos, de acordo com o seguinte:

• Aço	77.0 kN/m ³
• Pedra Natural	27.0 kN/m ³
• Argamassa tradicional ou bastarda	20.0 kN/m ³
• Tijoleira ou tijolo maciço	20.0 kN/m ³
• Madeira maciça proveniente de coníferas ou choupos	3.5 kN/m ³
• Cobertura em telha cerâmica	0.5 kN/m ²

3.2 Sobrecargas

As sobrecargas são as previstas no RSA, consideradas consoante for mais desfavorável para o elemento estrutural em análise.

• Coberturas Inclínadas	0.3 kN/m ²
• Terraços não acessíveis	1.0 kN/m ²
• Pavimentos de carácter privado ou terraços acessíveis	2.0 kN/m ²
• Pavimentos de carácter coletivo sem concentração especial	3.0 kN/m ²
• Pavimentos de carácter coletivo de média concentração	4.0 kN/m ²
• Pavimentos de carácter coletivo de elevada concentração	5.0 kN/m ²
• Acessos privados	3.0 kN/m ²
• Acessos coletivos	5.0 kN/m ²
• Varandas	5.0 kN/m ²
• Revestimentos Gerais	1.0 kN/m ²

3.3 Vento

A ação do vento foi considerada de acordo com as indicações do RSA para o cálculo dos elementos resistentes das estruturas.

3.4 Sismo

O efeito dos sismos foi obtido através de análise dinâmica efetuada por software de cálculo automático, utilizando-se os espectros de resposta baseados nos valores do anexo III do RSA mas adaptados à zona sísmica e ao tipo de terreno. O edifício encontra-se na **zona sísmica B**.

3.5 Neve

Foi desprezada a ação da neve por não apresentar qualquer significado em função da zona geográfica da intervenção proposta e das outras ações verticais consideradas.

4. METODOLOGIA DE CÁLCULO

Os elementos estruturais foram dimensionados com recurso ao software CYPE 3D, de acordo com os regulamentos e normas portuguesas em vigor.

O dimensionamento dos elementos estruturais em madeira, realizou-se aos estados limites últimos e aos estados limites de utilização, respeitando-se o disposto no Eurocódigo 5.

O cálculo dos esforços foi realizado segundo o método matricial dos deslocamentos, supondo uma relação linear entre esforços e deformações nas barras e considerando os seis graus de liberdade possíveis para cada nó.

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE EQUILÍBRIO

Comprova-se que em todos os nós se devem igualar as ações aplicadas com os esforços das barras. Não se realiza a verificação geral de colapso da estrutura.

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE RESISTÊNCIA

A verificação à rotura das barras, submetidas à ação das ações majoradas, processa-se pela decomposição da barra em secções e cálculo em cada uma delas, dos valores de momentos fletores, esforço transversal, esforço axial de compressão e esforço axial de tração.

ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE ENCURVADURA

Comprova-se a encurvadura das barras de forma isolada, submetidos a cargas majoradas, em relação aos planos principais da secção.

Considera-se que a barra como pertencendo a uma estrutura de nós móveis ou de nós fixos conforme definido na LISTAGEM DE OPÇÕES ou ainda é possível atribuir-se um valor para (coeficiente de encurvadura) a algumas barras.

Cálculo do coeficiente de encurvadura em cada um dos planos principais das barras, em função dos fatores de encastramento K1 (na base da barra) e K2 (no seu topo).

ESTADO LIMITE DE UTILIZAÇÃO DE DEFORMAÇÃO

Comprova-se a deformação das barras submetidas às ações sem majorar, para a combinação de hipóteses de ações mais desfavoráveis e o ponto onde aparecem as maiores flechas.

4.1 Metodologia de cálculo na intervenção do pátio da cisterna

Conforme atrás referido os elementos estruturais foram dimensionados para as várias situações de verificação, com recurso ao software CYPE 3D, de acordo com os regulamentos e normas portuguesas em vigor, respeitando-se o disposto no Eurocódigo 5.

SITUAÇÃO 1 – Verificação das secções mínimas para a malha estrutural original:

- Estrutura Principal (Vigas/Madres/Traves) – Secção útil mínima ($l \times h$) de 140mmx160mm. Pelo que a secção original de 200mmx160mm se encontra verificada.

- Estrutura Secundária (Vigas Barrotes) - Secção útil original (l x h) de 70mmx80mm verifica.

SITUAÇÃO 2 – Verificação de secções para estrutura principal com perfil duplo (um idêntico ao reforço da intervenção dos anos 80 e outro para determinação da secção mínima equivalente de comparação aos elementos danificado da estrutura principal)

- Estrutura Principal (Vigas/Madres/Traves):
 - Perfil 1 (Reforço) – Secção útil de reforço (l x h) de 80mmx160mm verificada.
 - Perfil 2 (Equivalente) – Secção útil mínima de cálculo (l x h) de 120mmx120mm, isto é, as vigas/madres/traves deterioradas, danificadas e ou podres têm de garantir uma secção útil e capacidade resistente equivalentes às da secção útil mínima de cálculo.

CONCLUSÃO: Pelo atrás exposto e verificado através de cálculo automático para as solicitações máximas do pavimento, nomeadamente peso próprio de 4 kN/m² e sobrecarga de 5 kN/m², conjugada com a análise visual efetuada aquando da visita técnica ao local, é possível aferir que cerca de 80% dos elementos da estrutura principal deteriorados/ danificados já não conseguem garantir a secção útil e capacidade resistente equivalentes às da secção útil mínima de cálculo. Como tal, é de propor a seguinte ordem de trabalhos:

- i. Montagem de sistema de escoramento horizontal e vertical adequado à situação;
- ii. Remoção dos elementos estruturais deteriorados/danificados e de reforço;
- iii. Limpeza e resguardo dos elementos estruturais de reforço para reutilização;
- iv. Limpeza periódica da obra na zona intervencionada;
- v. Fornecimento e montagem de elementos estruturais (Vigas Barrotes) de Secção (S) - 70mm x 80mm, em madeira maciça envelhecida, idêntica à original/existente, da classe resistente C24 e classe de serviço 1 segundo EN 338 e EN 1912, qualidade estrutural EE segundo NP 4305; para classe de risco 3.1 segundo NP EN 335, com proteção contra agentes bióticos que corresponde com a classe de penetração NP2 segundo EN 351-1, incluindo a reutilização, reconfiguração, tratamento curativo e preventivo, e aplicação das peças de reforço da estrutura existente em bom estado de conservação e secção/capacidade resistente, a reposição das ligações e ancoragens/assentamento existentes.
- vi. Fornecimento e montagem de estrutura principal com elementos estruturais (Vigas/Madres/Traves) de Secção (S) - 200mm x 160mm, em madeira maciça envelhecida, idêntica à original/existente, da classe resistente C24 e classe de serviço 1 segundo EN 338 e EN 1912, qualidade estrutural EE segundo NP 4305; para classe de risco 3.1 segundo NP EN 335, com proteção contra agentes bióticos que corresponde com a classe de penetração NP2 segundo EN 351-1, incluindo a reposição das ligações e ancoragens/assentamento existentes.
- vii. Desmontagem do sistema de escoramento e limpeza final de obra.

5. ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS

5.1 Estrutura de madeira

Os elementos estruturais serão constituídos por madeira maciça proveniente de coníferas ou choupos de Portugal, da classe de resistência C24, classe de serviço 1 e classe de risco 2.

5.2 Prumos metálicos

Nas estruturas metálicas usar-se-ão perfis da classe Fe430, cujas características estão definidas na norma portuguesa NP-1729 de 1981.

O metal de adição para as soldaduras terá propriedades nunca inferiores ao metal base (Fe430) e obedecerá em tudo ao estipulado no Artigo 11º do Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios. A espessura dos cordões de soldadura a usar será sempre superior a 4mm, e serão sempre executados cordões contínuos.

Os perfis, barras e chapas da estrutura metálica, serão do tipo Fe430B, conforme as normas portuguesas NP1616, NP1617 e NP1729.

A qualidade dos parafusos, pernos roscados e porcas, utilizados deverão respeitar as normas portuguesas NP343 e NP1898. Nos parafusos das classes 8.8 e 10.9 não serão permitidas anilhas de um aço com resistência inferior ao Fe 510 e espessura menor do que 3 mm. As dimensões e tolerâncias dos parafusos, porcas e pernos roscados são as especificadas nas normas NP110, NP400 e NP1895. Proceder-se-á à esmerilagem da raiz e à execução do respetivo cordão.

Para as ligações metálicas aparafusadas, utilizar-se-ão:

- Parafusos: classe 8.8 (DIN 931);
- Porcas: classe 8.0 (DIN 934);
- Anilhas: aço maciço (DIN 126).

Pintura de proteção à corrosão e ao fogo:

- Decapagem a jato de areia ao grau SA 2,5;
- Duas demãos de primário anti-ferrugem ref. 1001 da MATESICA ou equivalente;
- Pintura com FOGO-STOP ref. 150 da MATESICA ou equivalente, de forma a obter uma resistência ao fogo de 60 minutos.

6. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

Na elaboração dos cálculos serão usadas as normas e regulamentos em vigor, nomeadamente os: Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes -R.S.A.E.P.(Decreto-Lei 235/83) de 31 de Maio (retificado no suplemento ao D.R., 18.ª série, de 31 de Agosto de 1983), Eurocódigo 5, NORMAS PORTUGUESAS E EUROPEIAS e os DOCUMENTOS DE HOMOLOGAÇÃO do L.N.E.C. que lhe são aplicáveis.

7. OMISSÕES

Todas as omissões desta memória descritiva e justificativa serão remetidas aos regulamentos/normas/legislação em vigor aplicável, às indicações da Fiscalização da Obra.

Cabanas de Viriato, 21 de maio de 2021

O Técnico Responsável,

(Marco António de Almeida Pereira, Eng.º Civil – OE: 58804)

PEÇAS DESENHADAS