

---

**DISSERTAÇÃO**      **DISSERTATION**  
**PROJETO**            **PROJECT**  
**ESTÁGIO**            **INTERNSHIP**

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL  
MASTER COURSE IN CIVIL ENGINEERING

---

**EDITORES:** MARIA DO ROSÁRIO OLIVEIRA  
**EDITORS:** DIOGO RODRIGO RIBEIRO  
                  MARIA DA FÁTIMA PORTELA  
                  RICARDO PEREIRA SANTOS  
                  TERESA CARVALHO NETO



**Mestrado em Engenharia Civil**  
Master Course in Civil Engineering

**DISSERTAÇÃO/PROJETO/ESTÁGIO**  
**DISSERTATION/PROJECT/INTERNSHIP**



978-989-53496-2-3

© Os autores. 2021

© Os editores. 2021

*Texto elaborado a partir da reprodução direta dos originais preparados pelos autores. Apesar do cuidado na preparação desta publicação de forma a garantir a sua qualidade e integridade, os editores não assumem qualquer responsabilidade pelo seu conteúdo e por possíveis incorreções do texto.*

© The authors. 2021

© The editors. 2021

*Text compiled from the direct reproduction of the originals prepared by the authors. Regardless of the utmost care on the preparation of this publication in order to ensure its quality and integrity, the editors assume no responsibility for its contents or any possible inaccuracies contained in the text.*

## PREFÁCIO

Passado o ano letivo 2020/2021, em contexto peculiar de pandemia, aqui estamos de novo a compilar os trabalhos realizados pelos estudantes do Mestrado de Engenharia Civil do ISEP, no âmbito da unidade curricular de Dissertação ou Projeto ou Estágio (DIPRE).

A partir da estrutura curricular do ciclo de estudos conducente ao grau de mestre, e no âmbito do plano de estudos do Mestrado em Engenharia Civil do ISEP (MEC), o processo de formação dos estudantes integra uma unidade curricular de Dissertação ou Projeto ou Estágio (DIPRE) que decorre no 4º semestre letivo.

Na unidade curricular de DIPRE, os estudantes desenvolvem uma dissertação de natureza científica ou um trabalho de projeto, que devem ser originais e especialmente realizados para este fim, ou um relatório de estágio de natureza curricular que decorre em ambiente empresarial. Neste contexto, os temas propostos compreendem as seguintes áreas de especialização da Engenharia Civil: construções, estruturas, infraestruturas e gestão da construção, e têm por desiderato permitir aos estudantes a demonstração dos conhecimentos e da capacidade de compreensão aprendidos ao longo do ciclo de estudos em apreço.

Os temas objeto das dissertações, dos projetos ou dos relatórios de estágios permitem e constituem a base de desenvolvimento de aplicações originais, em contexto de investigação experimental. Promovem, assim, a pesquisa de informação, a análise de situações novas, o desenvolvimento de metodologias e técnicas de abordagem de problemas, a recolha de dados e o cruzamento e interpretação dos mesmos, a sistematização das conclusões e o estabelecimento de perspetivas futuras.

Com os trabalhos desenvolvidos em DIPRE, os estudantes evidenciam as suas capacidades de compreensão e de resolução de problemas em situações novas e em contextos alargados e multidisciplinares, ainda que relacionados com as suas áreas de estudo. Demonstram ainda capacidade para integrar conhecimentos, lidar com questões complexas, desenvolver soluções ou emitir juízos em situações de informação limitada ou incompleta, incluindo reflexões sobre as implicações e responsabilidades éticas e sociais que resultem dessas soluções e desses juízos. Tudo isto se traduz em competências que permitem uma aprendizagem ao longo da vida, de um modo fundamentalmente auto-orientado ou autónomo.

O presente documento compila os trabalhos realizados no âmbito da unidade curricular de DIPRE do MEC, referentes a dissertações, projetos e relatórios de estágios desenvolvidos no ano letivo 2020-2021, nas áreas de especialização de construções, estruturas e gestão da construção. No total foram realizados 22 trabalhos, envolvendo 22 estudantes, 28 docentes orientadores/coorientadores e 10 supervisores das empresas.

Os trabalhos em ambiente empresarial contaram com a colaboração das empresas/instituições: Add Building – Gestão e Serviços), LF Infinitech - Engenharia, Tramel - Serralharias, Grupo ACA - Engenharia, Omega - Serviços de Engenharia, JFA - Engenharia, Blackcurrant – Engenharia e Arquitetura, Dr. Building – Diagnóstico e Reabilitação de Edifícios, NCREP – Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património e VPM - Vaz Pinto Mendes, às quais a direção do MEC deixa aqui registado um agradecimento por toda a disponibilidade demonstrada no acolhimento dos seus estudantes.

Porto, dezembro 2021

*Maria do Rosário Santos Oliveira*

Diretora do Mestrado em Engenharia Civil

## PREFACE

After the academic year 2020/2021, in a peculiar pandemic context, once again here we are compiling the work carried out by students of the Master's in Civil Engineering at ISEP, within the scope curricular unit of the Dissertation or Project or Internship (DIPRE).

From the curricular plan of the master's course in Civil Engineering of ISEP (MEC), the formation process of the students includes the curricular unit of Dissertation or Project or Internship (DIPRE) that takes place in the 4<sup>th</sup> semester of the course.

In the curricular unit DIPRE the students develop an original scientific dissertation or an design work, especially conceived for this purpose, or an academic internship report taking place in the business environment. In this context the proposed themes include the following expertise areas of Civil Engineering: construction works, structures, infrastructure and construction management, and have as desideratum to enable the students demonstrating the knowledge and understanding skills learned over the course. The subjects of dissertations, projects or internship reports, enable and provide the basis for the development of original applications in the context of experimental research, thus promoting the information search, the analysis of new situations, the development of methodologies and techniques for adequately address the problems, the data collection and analysis, the systematization of the findings and the establishment of future perspectives.

Based on the works developed in DIPRE, the students should upgrade their understanding skills and problem solving of new situations in wide and multidisciplinary contexts, although related to their fields of study. They also demonstrate the ability to integrate knowledge, deal with complex issues, develop solutions or make judgments in situations where limited or incomplete information is available, including reflections on the ethical and social implications and responsibilities that result from these solutions and judgments. All this has impact into skills that enable lifelong learning in a self-directed or autonomous way.

This document compiles the works carried out within the scope of DIPRE curricular unit of the ISEP Master Course in Civil Engineering, related to dissertations, projects and internship reports, developed in the academic year 2018-2019 and in the areas of specialization of construction works, structures and construction management. In total were conducted 22 studies involving 22 students, 28 ISEP advisors and 10 company's supervisors.

The works developed in business environment took place in the following companies/ institutions: Add Building – Gestão e Serviços), LF Infnitech - Engenharia, Tramel - Serralharias, Grupo ACA - Engenharia, Omega - Serviços de Engenharia, JFA - Engenharia, Blackcurrant – Engenharia e Arquitetura, Dr. Building – Diagnóstico e Reabilitação de Edifícios, NCREP – Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património e VPM - Vaz Pinto Mendes, to whom MECs directive board would like to acknowledge for all the collaboration and availability in integrating the MEC students.

Porto, December 2021

*Maria do Rosário Santos Oliveira*

Director of the Master Course in Civil Engineering

**DISSERTAÇÃO / PROJETO / ESTÁGIO**  
**DISSERTATION / PROJECT / INTERNSHIP**

**Mestrado em Engenharia Civil**  
**Master Course in Civil Engineering**

**Trabalhos em AMBIENTE EMPRESARIAL**  
**BUSSINESS ENVIRONMENT Works**





# DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTOS NO ÂMBITO DA GESTÃO E FISCALIZAÇÃO DE OBRAS

DEVELOPMENT OF PROCEDURES UNDER THE MANAGEMENT AND SUPERVISION OF WORKS

**BRUNO EMANUEL BARBOSA DA ROCHA**

112 páginas  
112 pages

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Duarte Barroso Lopes

**Supervisor (Company supervisor)** • André Moreira Coelho (Add Building – Gestão & Serviços, Lda.)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Procedimentos; Gestão e Fiscalização de Obras; Indústria da Construção; Lean; Lean Construction; Melhoria; Qualidade; Instruções de Trabalho; Digitalização.

Neste trabalho apresenta-se a compilação das atividades desenvolvidas num estágio em ambiente empresarial, realizado na Add Building – Gestão & Serviços, Lda. Ao longo de dezasseis semanas acompanhou-se o desenvolvimento de cinco obras, das quais duas delas – o Cineclub e o Edifício Alva, localizadas no Porto e em Matosinhos, respetivamente – tiveram uma dedicação superior, estando devidamente destacadas neste trabalho as tarefas desenvolvidas, bem como a descrição da evolução dos trabalhos relevantes das empreitadas. Tendo ainda como base um dos objetivos da empresa, a melhoria contínua dos seus procedimentos, serviu o estágio para desenvolver instruções de trabalho no âmbito de gestão e fiscalização de obra, documentação auxiliar na definição da forma correta de realização das atividades implícitas na sua prestação de serviços. Esta melhoria reflete a implementação dos princípios da filosofia Lean, sendo neste caso, aplicados à indústria da construção, a Lean Construction. Para validar a funcionalidade das instruções desenvolvidas, procedeu-se à sua aplicação nas duas principais obras acompanhadas pelo autor. Por fim, ainda na temática de melhoria contínua e abordando a atual tendência de digitalização no setor da construção, procedeu-se à tentativa de implementação de uma plataforma colaborativa, capaz de sistematizar a atividade de gestão de obra. Durante o período do trabalho em ambiente empresarial não foi possível concluir esta implementação, enquadrando-se como uma necessidade de desenvolvimento futuro.

## ABSTRACT

**Keywords:** Procedures; Management and Construction Supervision; Construction Industry; Lean; Lean Construction; Improvement; Quality; Work-Instruction; Digitalization.

In this work, it is presented the compilation of activities done during an internship in a business environment, conducted at Add Building – Gestão & Serviços, Lda. Over sixteen weeks, the development of five work contracts was monitored. Two of them – the “Cineclub” and the “Edifício Alva”, located in Porto and Matosinhos, respectively – had a higher incidence by the author. In this work the developed tasks are properly highlighted, as well as the description of the evolution of the relevant work contracts. Based on one of the company’s goals, the continuous improvement of its procedures, this internship helped develop work instructions in the scope of construction work management and supervision, auxiliary documentation in the definition of the correct form of carrying out the activities implicit in its provision of services. This improvement reflects the implementation of the principles of the Lean philosophy, in this case, applied to the construction industry, the Lean Construction. In order to validate the functionality of the developed instructions, its applicability was carried out in the two main work contracts accompanied by the author. Lastly, still in the same theme of continuous improvement and addressing the tendency for digitalization in the construction sector, there was an attempt to implement a collaborative platform capable of systematizing the construction management activity. During the period in the business environment, it was not possible to conclude this implementation, fitting it as a need for future development.

# MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO

## SUSTAINABLE MATERIALS IN CONSTRUCTION

**BEATRIZ DOS ANJOS OLIVEIRA FERNANDES**

60 páginas • 1 anexo  
60 pages • 1 annex

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Eunice Vilaverde Fontão

**Supervisor (Company supervisor)** • Miguel Moreira (LF Infinitech)



### RESUMO

**Palavras-chave:** sustentabilidade, impactes ambientais, LF Infinitech, materiais sustentáveis.

A indústria da construção é um dos setores que mais matérias-primas consome, provocando grandes impactes ambientais. A adoção de materiais que promovem a sustentabilidade e com baixa energia incorporada, contribuem para a diminuição dos impactes ambientais. No âmbito do tema em questão foi desenvolvido, na empresa LF Infinitech, um caso de estudo de um edifício onde se substituiu os materiais de construção utilizados por materiais mais sustentáveis, analisando as vantagens e desvantagens tanto ambientais, como sociais e económicas dos mesmos. Nesta análise tentou-se obter uma melhor compreensão das mais valias que os materiais sustentáveis podem revelar em relação a outros materiais do setor da construção e qual o seu impacto no meio ambiente. Esta análise vai mostrar que é possível encontrar e adotar materiais que melhorem a sustentabilidade dos edifícios, permitindo a redução do consumo de matérias-primas no setor da construção.

### ABSTRACT

**Keywords:** sustainability, environmental impacts, LF Infinitech, sustainable materials.

The construction industry is one of the sectors that most consumes raw materials, causing major environmental impacts. The adoption of materials that promote sustainability, and with low embodied energy, contributes for the reduction of environmental impacts. In the scope of this subject, a case study was developed in the company LF Infinitech, consisting of a building where the construction materials used were replaced by more sustainable materials. The work involved analyzing their environmental, social and economic advantages and disadvantages. In its analysis, we tried to obtain a better understanding of the added value that sustainable materials can reveal compared to other materials in the construction sector and their impact on the environment. This analysis will show that it is possible to find and adopt materials that improve the sustainability of buildings, allowing the reduction of the consumption of raw materials in the construction sector.

# CERTIFICAÇÃO TÉCNICA PARA CAIXILHARIAS CORTA-FOGO

## TECHNICAL CERTIFICATION FOR FIREPROOF FRAMES

**ANA CATARINA CORREIA ALMEIDA**

90 páginas  
90 pages

**Orientador ISEP** (ISEP  
supervisor)

• Duarte Barroso Lopes

**Supervisor** (Company supervisor)

• Pedro Miguel do Espírito Santo e Santos  
(Tramel)



### RESUMO

**Palavras-chave:** Controlo de Produção em Fábrica, NP EN 16034, Marcação CE, Porta Corta-Fogo.

A marcação CE comprova que o produto cumpre as especificações técnicas e os requisitos, portanto está em conformidade, o que permite que o produto transite livremente no Mercado Único Europeu. Com a marcação CE o fabricante consegue atestar que o produto foi fabricado e desenvolvido de acordo com a legislação em vigor. O principal objetivo foi desenvolver atividades para a empresa (Tramel) conseguir obter a marcação CE em caixilharias (portas) corta-fogo. A norma que auxiliou o processo de certificação foi a NP EN 16034 que assume um papel muito importante na certificação, pois esta detém como principal objetivo estabelecer metodologias, critérios e instruções para assegurar a conformidade de portas corta-fogo. Inicialmente são apresentadas as tipologias existentes em caixilharias, tanto para janelas como para portas, assim como, os materiais utilizados nas caixilharias existentes no mercado e o fabrico das mesmas. Logo depois é realizado um enquadramento do comportamento acústico e do comportamento térmico e por fim é elaborada uma pequena introdução relativamente à função corta-fogo. É apresentado o caso de estudo e o método utilizado para obter a marcação CE em portas corta-fogo. A porta em estudo é da ilustre marca Jansen e dispõe das seguintes dimensões, 1950x2447 (mm). Por fim, são demonstrados os documentos produzidos, como o manual de produção em fábrica, declaração de desempenho e as etiquetas da marcação CE para o caso de estudo. Bem como a exibição de um plano de manutenção para caixilharias e para os vidros. Para as empresas é muito relevante dispor da marcação CE nos seus produtos, pois transmite mais credibilidade e maior confiança aos seus clientes.

### ABSTRACT

**Keywords:** Factory production control, NP EN 16034, CE Marking, Fire-door.

The CE marking proves that the product meets the technical specifications and requirements, and is therefore in conformity, which allows the product to move freely within the European Single Market. With the CE marking the manufacturer can certify that the product was made and developed in accordance with the legislation in force. The main objective was to develop activities for the company (Tramel) to obtain the CE marking on fireproof frames (doors). The standard that helped in the certification process was NP EN 16034, which has a very important role in certification, because its main objective is to establish methodologies, criteria and instructions to ensure the conformity of fire doors. Initially, the existing types of frames are presented, both for windows and doors, as well as the materials used in the existing frames on the market and their manufacture. After that, a framework of the acoustic and thermal behavior is carried out and finally a short introduction is made concerning the fire curtain. The case study and the method used to obtain the CE marking on fire doors is presented. The door under study is of the illustrious Jansen brand and has the following dimensions, 1950x2447 (mm). Finally, the documents produced, such as the factory production manual, declaration of performance and the CE marking labels for the case study are demonstrated. As well as the display of a maintenance plan for the frames and the glazing. For companies it is very important to have the CE marking on their products, as it provides more credibility and confidence to their customers.

# GESTÃO DA PRODUÇÃO EM OBRA AVALIAÇÃO E MONITORIZAÇÃO DOS RECURSOS DE MÃO-DE-OBRA CONTRATADOS POR HORA DE TRABALHO

MANAGEMENT OF ON-SITE PRODUCTION ASSESSMENT AND MONITORING OF LABOR RESOURCES HIRED PER WORKING HOUR

**VASCO COSTA MENDONÇA**

72 páginas • 1 anexo  
72 pages • 1 annex

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • José Pinto-Faria  
**Supervisor (Company supervisor)** • Pedro Miguel Barbosa de Sousa Pinto  
(Grupo ACA)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Gestão; Controlo; Custos; Mão de Obra.

O setor da construção civil é, indubitavelmente, um setor muito competitivo. Desta forma é necessário que exista uma melhoria contínua nas empresas de construção para que consigam acompanhar a evolução do mercado da construção. Uma empresa de construção tornar-se-á mais competitiva quanto maior for o nível de detalhe que consiga implementar no planeamento e no controlo das empreitadas. O tema desenvolvido neste relatório vai ao encontro da procura de maior competitividade da empresa acolhedora do estágio curricular. Durante a execução de uma empreitada é, muitas vezes, necessário recorrer à utilização de mão de obra paga por hora de trabalho. Serão analisadas no presente trabalho as principais características da contratação de recursos de mão de obra paga por hora de trabalho, assim como as suas vantagens e desvantagens. O principal objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de um sistema que permita a avaliação e a monitorização do recurso à mão de obra paga por hora de trabalho, baseado em dados de obras executadas e em execução, tirando partido da inserção em ambiente empresarial no grupo ACA.

## ABSTRACT

**Keywords:** Management; Control; Costs; Labor.

The civil construction sector is undoubtedly a very competitive sector. Thus, there needs to be a continuous improvement in construction companies, so that they can keep up with the evolution of the construction market. A construction company will become more competitive, the greater the level of detail it manages to implement in the planning and control of works. The theme developed in this report is in line with the search for greater competitiveness of the company hosting the curricular internship. During the execution of a contract, it is often necessary to use labor paid per hour of work. This work will analyze the main characteristics of hiring labor resources paid per hour of work, as well as its advantages and disadvantages. The main objective of this work was the development of a system that allows the evaluation and monitoring of the use of labor paid by the hour of work, based on data from works executed and in progress, taking advantage of the insertion in a business environment in the ACA group.

# ACOMPANHAMENTO E FISCALIZAÇÃO DE OBRA MAPA DE ANÁLISE DE CUSTOS APRECIATIVOS DE OBRA

MONITORING AND SUPERVISION OF THE WORK ANALYSIS MAP OF APPROPRIATE WORK COSTS

**RUI FILIPE SANTOS GODINHO SANTIAGO TAVARES**

50 páginas • 1 anexo  
50 pages • 1 annex

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Eunice Vilaverde Fontão  
**Supervisor (Company supervisor)** • José Fernando Moreira de Carvalho  
(Omega–Serviços de Engenharia)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Omega, Fiscalização, Mapa de custos.

A atividade da fiscalização tem vindo a ganhar cada vez mais relevância na engenharia civil. É cada vez mais importante a presença de um fiscal nas diversas fases da obra. Desde a documentação formal ao acompanhamento da obra, a fiscalização presta um papel de grande importância para evitar falhas que comprometam a qualidade, custos e prazos de uma obra. No âmbito do estágio realizado na empresa Omega foi desenvolvido um mapa de custos de obra interno para a empresa e a fiscalização de duas obras, intervindo de maneira diferente nas mesmas. O mapa de custos teve como objetivo perceber os custos inerentes à realização de uma obra e a forma com que os mesmos estão distribuídos. Este mapa vai permitir à Omega possuir uma base de dados para que possa realizar estimativas sobre obras futuras mais facilmente, assim como prever a variação de custos do mercado. As obras fiscalizadas no decorrer do estágio foram um edifício residencial em Ramalde, onde o papel de fiscalização foi o controlo de custos e trabalhos que surgiu de uma alteração do projeto do edifício, e um edifício existente na Foz do Porto, que foi alvo de uma reabilitação total, assim como a construção de um edifício novo no logradouro do mesmo, onde foi realizado um acompanhamento de obra diário, assim como um controlo de custos, mão-de-obra, trabalhos, planeamento e prazos.

## ABSTRACT

**Keywords:** Omega, Construction Inspection, Cost Map.

The activity of construction inspection has been earning increasing relevance in civil engineering. It is increasingly important the presence of a fiscal in the various phases of the work. From formal documentation to monitoring the work, the inspection plays a major role to avoid failures that compromise the quality, costs and deadlines of the construction. Within the scope of the internship held at Omega, an internal work cost map was developed for the company and the supervision of two works, intervening differently in them. The cost map aimed to understand the costs inherent to the performance of a work and the way in which it is distributed. This map will allow Omega to have a database so that it can perform estimates on future works more easily, as well as predict the variation of market costs. The works inspected during the internship were, a residential building in Ramalde, where the supervisory role was the control of costs and works that arose from a change in the design of the building, and an existing building in Foz do Porto, which was the subject of a complete rehabilitation, as well as the construction of a new building in the garden of the previous, where a daily work monitoring was carried out, as well as a control of costs, labor, work, planning and deadlines.

# ESTUDO DE UMA PONTE EM ARCO SUPERIOR COM TIRANTES VERTICAIS

STUDY OF A TIED-ARCH BRIDGE WITH VERTICAL HANGERS

**MIGUEL PIRES REIMÃO SIMÕES**

130 páginas  
130 pages

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Carlos Manuel da Silva Félix  
Co-Orientador (Co-supervisor) • Rodrigo Esmeriz Falcão Moreira  
**Supervisor (Company supervisor)** • Ilídio Manuel Miranda Faria (JFA)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Arco superior, ponte em arco, ponte em Network, disposições de pendurais, encurvadura do arco, sobrecarga rodoviária.

O presente relatório baseia-se no projeto de uma ponte em arco superior com tirantes verticais no Cairo, capital do Egito. É apresentada, inicialmente, uma breve referência histórica sobre o início das pontes até ao aparecimento das primeiras pontes metálicas. É realizada uma breve descrição dos elementos estruturais e respetivos materiais utilizados. Em seguida, recorrendo ao programa Midas Civil, são apresentados dois modelos com o tabuleiro misto caracterizado de formas diferentes. São brevemente discutidas as vantagens de cada um dos modelos. São analisadas, de uma forma pormenorizada, todas as ações permanentes e variáveis consideradas no projeto. As combinações de ações são realizadas de acordo com os regulamentos europeus aplicáveis. Efetua-se também uma análise elástica linear dos modelos. Na presente dissertação, é realizado um estudo sobre as deformações, forças e momentos nos respetivos elementos estruturais da ponte. Verificações de segurança que envolvam a encurvadura do arco e os cabos são também realizadas. As frequências naturais de vibração da estrutura foram determinadas recorrendo a uma análise modal. Por fim, é realizado um estudo sobre o impacto de diferentes disposições de pendurais no comportamento estrutural da ponte. Soluções alternativas do tipo Nielsen e do tipo Network são discutidas e é estudada a viabilidade de cada solução.

## ABSTRACT

**Keywords:** Upper arch, arch bridge, Network bridge, hanger arrangement, arch buckling, traffic loads.

The present dissertation is based on the design of a tied-arch bridge with a vertical hanger arrangement in the capital of Egypt, Cairo. A brief historical reference is made from the beginning of the first evidence of bridges until the appearance of the first metallic bridges. A short description of the structural elements and the materials used is provided. Then, using the Midas Civil software, two models are presented with the composite deck characterized in two different ways. The advantages of each model are briefly discussed. All permanent and variable actions considered in the project are analyzed in detail. The combinations of actions considered are in accordance with applicable European regulations. A linear elastic analysis of the models is also performed. In this dissertation, a study is carried out on the deformations, forces, and moments in the respective structural elements of the bridge as well as safety checks involving in and out of plane arch buckling and cables. The structure's natural vibration frequencies are also evaluated. Finally, a study is carried out on the impact of different hanger arrangements on the structural behavior of the bridge. Alternative solutions of Nielsen type and Network type are discussed, and the viability of each solution is studied.

# INTEGRAÇÃO BIM DO MODELO DE CÁLCULO ESTRUTURAL – APLICAÇÃO AO PROJETO DE UMA MORADIA

BIM INTEGRATION OF THE STRUCTURAL CALCULATION MODEL – APPLICATION TO A BUILDING  
PROJECT

**RUI JORGE BORGES DE CARVALHO**

65 páginas • 3 anexos  
65 pages • 3 annexes

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)**

Co-Orientador (Co-supervisor)

**Supervisor (Company supervisor)**

- Diogo Rodrigo Ribeiro
- Rui Gavina
- Pedro Amorim (Blackcurrant)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Projeto de estruturas; Interoperabilidade; Automatização.

O presente trabalho foi realizado em meio empresarial, mais especificamente na empresa Blackcurrant. Esta empresa proporcionou uma colaboração excepcional, compreensiva e enriquecedora, apesar do estado pandémico existente. Com este trabalho procurou desenvolver-se um projeto de estruturas de um edifício, para tal foi usado um programa de cálculo automático denominada por CYPE. De seguida foi realizado um processo de interoperabilidade entre programas, sendo esse o grande objetivo deste trabalho. Esta interoperabilidade consistiu na transferência de informação entre os resultados obtidos no programa de cálculo e uma ferramenta de modelação BIM, sendo esta o Revit. Deste processo de troca de informação foi desenvolvido um programa com o intuito de automatização de colocação de armaduras em diferentes elementos de betão armado.

## ABSTRACT

**Keywords:** Structural project; Interoperability; Automatization.

The work here presented was conducted in a professional environment, namely at the company Blackcurrant. This company provided an exceptional, comprehensive and enlightening collaboration, even during the current pandemic situation worldwide. The main goal of the thesis was to develop a structural project for a building, with the use of the automated calculation software CYPE. Secondly, a process of interoperability was created, becoming the main aim of the thesis. This interoperability consisted in transferring information between the results from the calculation software and a BIM platform, in this case Revit. From this exchange of information, an automatization software was developed with the final goal of positioning the steel rebars on different reinforced concrete elements.

# REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIO TRADICIONAL CASO DE ESTUDO

## REHABILITATION OF TRADITIONAL BUILDING CASE STUDY

**ANA BEATRIZ FILIPE FERREIRA**

136 páginas • 8 anexos  
136 pages • 8 annexes

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • José Filinto Castro Trigo  
**Co-Orientador (Co-supervisor)** • Duarte Barroso Lopes  
**Supervisor (Company supervisor)** • Paulo Daniel Couto das Lages (Dr. Building)



### RESUMO

**Palavras-chave:** reabilitação, edifícios tradicionais, alvenaria de pedra, cobertura de madeira, estruturas de betão armado.

O presente relatório apresenta as principais atividades desenvolvidas durante o período de estágio curricular na empresa Dr. Building – Diagnóstico e Reabilitação de Edifícios, Lda. O estágio desenvolveu-se ao longo de, aproximadamente, sete meses, desde março até final de setembro de 2021. Apresenta-se, inicialmente, a recolha bibliográfica realizada sobre os edifícios tradicionais de alvenaria e de madeira, mais precisamente sobre os seus sistemas estruturais, respetivas anomalias frequentes e métodos de reabilitação. Depois, apresenta-se uma descrição geral do edifício que constitui o caso de estudo, do respetivo sistema estrutural e dos danos observados nas inspeções efetuadas. Foram preenchidas fichas de inspeção de estruturas de madeira e de alvenaria e fichas de anomalias, de forma a registar devidamente os danos verificados, as causas prováveis para a sua ocorrência e para a avaliação do estado de conservação do edifício. Por último, foi realizado o projeto de reabilitação que consta da conceção e do dimensionamento de uma estrutura porticada em betão armado e duma cobertura em madeira. Apresenta-se o procedimento de cálculo adotado para o dimensionamento das estruturas, assim como as devidas verificações de segurança.

### ABSTRACT

**Keywords:** rehabilitation, traditional buildings, stone masonry, wood roof, reinforced concrete structures.

The following report presents the activities that were developed during the curricular internship period at Dr. Building – Diagnóstico e Reabilitação de Edifícios, Lda. The internship develops along approximately seven months, from March to September 2021. Initially, presents the bibliographic survey performed on the traditional stone masonry and wood buildings, respective frequent anomalies and rehabilitation methods. Later, a general description of the building is presented, as well as the structural system and the performed inspections. Stone masonry and wood inspections sheets and anomalies sheets were filled to properly register the observed damage and the probable causes for the evaluation of the state of conservation of the building. Lastly, a rehabilitation project was performed that includes the conception and design of a reinforced concrete frame structure and a wood roof. The calculation procedure of the designing of the structures, as well the appropriate security checks, are also presented.

# INSPEÇÃO, DIAGNÓSTICO E REABILITAÇÃO ESTRUTURAL

## INSPECTION, DIAGNOSIS AND STRUCTURAL REHABILITATION

RENATA DIAS DA SILVA

115 páginas • 7 anexos  
115 pages • 7 annexes

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Alexandre Aníbal Costa  
Co-Orientador (Co-supervisor) • Elena Surra (GRAQ - ISEP)  
**Supervisor (Company supervisor)** • Bruno Quelhas da Silva (NCREP)



### RESUMO

**Palavras-chave:** Inspeção e Diagnóstico, Reabilitação de Edifícios, Reabilitação Estrutural, Estruturas de Madeira, LCA, Análise do Ciclo de Vida.

O presente documento visa sintetizar os trabalhos desenvolvidos durante o período do estágio curricular realizado no NCREP – Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património, empresa focada na área de conservação e reabilitação de edifícios existentes, que presta serviços de consultoria, inspeção e diagnóstico, monitorização e projeto no âmbito da reabilitação das construções. No âmbito do estágio foram realizados diversos trabalhos de inspeção e diagnóstico, sendo apresentadas neste documento as campanhas de inspeção realizadas no Mosteiro de Odivelas e num edifício de habitação localizado na Maia, que resultaram em relatórios técnicos de inspeção e diagnóstico estrutural. Relativamente ao Mosteiro de Odivelas, foi efetuada uma pesquisa histórica sobre a sua evolução, seguida da caracterização construtiva e estrutural com base na inspeção visual. Sobre o edifício habitacional da Maia é apresentada a caracterização construtiva e geométrica, a caracterização dos danos estruturais, a avaliação de segurança das estruturas de madeira existentes e as sugestões de medidas de intervenção. A par das atividades desenvolvidas em colaboração com a equipa do NCREP, foi ainda desenvolvido um estudo de análise do ciclo de vida (LCA) com o objetivo de quantificar os benefícios ambientais que a inspeção e diagnóstico tem na intervenção de edifícios existentes.

### ABSTRACT

**Keywords:** Inspection and Diagnosis, Rehabilitation of Buildings, Structural Rehabilitation, Timber Structures, LCA, Life-cycle Analysis.

This document aims to synthesize the work developed during the curricular internship carried out at NCREP – Consultoria em Reabilitação do Edificado e Património, a company focused on conservation and rehabilitation of existing buildings, by providing consultancy, inspection and diagnosis, monitoring and design in the scope of buildings' structural rehabilitation. In the context of the internship, several inspection and diagnosis work were carried out, being presented in this document the inspection campaigns developed in the Odivelas Monastery and in a residential building located in the city of Maia, which resulted in technical reports of inspection and structural diagnosis. Regarding the Odivelas Monastery, historical research about its evolution was performed, followed by a constructive and structural characterization based on visual inspection. In the case of the residential building of Maia, it is presented its constructive and geometric characterization, the characterization of structural damage, the safety assessment of existing wooden structures and suggestions for intervention measures. In addition to the activities developed in collaboration with the NCREP team, a life cycle analysis (LCA) study was also carried out with the objective of quantifying the environmental benefits that inspection and diagnosis has in the intervention of existing buildings.

# A ATIVIDADE DA AVALIAÇÃO IMOBILIÁRIA

## THE ACTIVITY OF REAL ESTATE APPRAISAL

**DIOGO FILIPE DIAS MARTINS**

79 páginas • 1 anexo  
79 pages • 1 annex

**Orientador ISEP** (ISEP supervisor) • Maria do Rosário Santos Oliveira

**Supervisor** (Company supervisor) • Fernando Jorge Amendoeira Sousa (VPM)



### RESUMO

**Palavras-chave:** Avaliação imobiliária, imóveis, método, valor, mercado.

O presente trabalho realizou-se no âmbito da obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, no ramo de Gestão da Construção. Para tal, realizou-se um trabalho em ambiente empresarial na empresa Vaz Pinto Mendes, Lda, com o tema “A atividade da avaliação imobiliária”. A atividade da avaliação imobiliária é imprescindível, na medida em que as avaliações de imóveis são elementos-chave em vários processos de diferentes características, nomeadamente processos judiciais, análise de investimentos ou compra e venda de imóveis. Além disso, é um serviço requisitado por entidades pública, privadas e particulares. Os objetivos traçados, de um modo geral, consistiam em acompanhar em ambiente empresarial diversos casos de estudo de avaliação imobiliária, conseguindo assim perceber as etapas dos processos, assim como aplicar as metodologias necessárias consoante o tipo de imóvel. Além disso, fez-se uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de apresentar o estado atual do conhecimento do tema. Ao longo do estágio foram acompanhados vários processos de avaliação imobiliária que são descritos com pormenor, neste relatório, apresentando as prospeções de mercado realizadas e explicando com detalhe as metodologias aplicadas. Pretende-se com este trabalho apresentar o conhecimento e experiência adquiridos durante o período em que se realizou o estágio.

### ABSTRACT

**Keywords:** Real estate appraisal, real estate, method, value, market.

The present work was carried out within the scope of obtaining a Master's degree in Civil Engineering, in the field of Construction Management. To this end, work was carried out in a business environment at the company Vaz Pinto Mendes, Lda, with the theme “The activity of real estate appraisal”. The activity of real estate appraisal is essential, as property valuations are key elements in several processes of different characteristics, namely legal proceedings, investment analysis or property purchases and sales. Furthermore, it is a service requested by public and private entities, as well as individuals. The goals outlined, in general, consisted of following in a business environment several study cases of real estate appraisal. Thus, it was possible to understand the stages of the processes, as well as applying the necessary methodologies depending on the type of property. In addition, bibliographical research was carried out to present the current state of knowledge on the subject. During the internship, several real estate appraisal processes were followed. In this report they are described in detail, presenting the market surveys carried out and explaining in detail the applied methodologies. The aim of this work is to present the knowledge and experience acquired during the period in which the internship took place.

**DISSERTAÇÃO / PROJETO / ESTÁGIO**  
**DISSERTATION / PROJECT / INTERNSHIP**

**Mestrado em Engenharia Civil**  
Master Course in Civil  
Engineering

**Trabalhos de DISSERTAÇÃO/PROJETO**  
**DISSERTATION/PROJECT Works**





# INSPEÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO COM BASE EM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS E PROCESSAMENTO SUPERVISIONADO DE IMAGENS

## INSPECTION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES BASED ON UNMANNED AERIAL VEHICLES AND SUPERVISED IMAGE PROCESSING

**EURICO MIGUEL DE OLIVEIRA CAROLA**

100 páginas  
100 pages

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Diogo Rodrigo Ferreira Ribeiro

**Co-orientador (Co-supervisor)** • Ricardo Manuel Pereira Santos

### RESUMO

**Palavras-chave:** Inspeção, Monitorização, Betão Armado, Estruturas, Redes Neurais Convolucionais (RNC), Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), Anomalias, Patologias, Fissuras.

A inspeção e monitorização de estruturas de betão armado ainda implica atualmente tempos de execução alargados e um número considerável de meios humanos e mecânicos, os quais acarretam custos consideráveis para os gestores das infraestruturas. Com o intuito de automatizar este processo e torná-lo mais célere e económico, pretende-se aperfeiçoar ferramentas baseadas em redes neurais convolucionais associadas ao processamento de imagens captadas por intermédio de veículos aéreos não tripulados, permitindo que este método seja uma mais-valia e uma nova forma de pensar e executar a inspeção e monitorização de estruturas em betão armado. Esta dissertação tem como objetivo a identificação e caracterização de uma das anomalias de estruturas de betão armado, as fissuras. No decorrer deste estudo foram efetuados diversos testes de validação da metodologia aplicada e os resultados obtidos permitem concluir que as ferramentas desenvolvidas garantem uma abordagem robusta e resultados com elevado grau de fiabilidade. No futuro pretender-se-á alargar e adaptar a metodologia apresentada a outras anomalias e patologias comuns nas estruturas de betão armado.

### ABSTRACT

**Keywords:** Inspection, Monitoring, Reinforced concrete, Structures, Convolutional Neural Networks (CNN), Unmanned Aerial Vehicles (UAV), Anomalies, Pathologies, Cracks.

The inspection and monitoring of reinforced concrete structures currently still imply extended execution times and considerable human and mechanical resources, which translate into considerable costs for the infrastructure managers. In order to automate these processes and make them faster and more economical, a processing tool for drone captured images based on convolutional neural networks is presented. This method allows a new way of assessing and carrying out inspections and monitoring of concrete structures. The development of this dissertation pretends to give a contribution on the identification and characterization of one of the main anomalies presented on reinforced concrete structures, namely the cracking. During this study, many tests were conducted, envisaging the robustness and reliability of the results. So future improvement of these tools will include extending this method to other typical anomalies on reinforced concrete structures.

# SOLUÇÕES BIOCLIMÁTICAS E SUSTENTABILIDADE NA OTIMIZAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DOS EDIFÍCIOS

BIOCLIMATIC SOLUTIONS AND SUSTAINABILITY  
IN OPTIMIZING THE THERMAL PERFORMANCE OF BUILDINGS

**EDUARDO MIGUEL MOURA SOARES**

117 páginas • 8 anexos  
117 pages • 8 annexes

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Teresa Isabel Carvalho Neto Silva

## RESUMO

**Palavras-chave:** Eficiência Energética; Arquitetura Bioclimática; Construção Sustentável; Conforto Térmico.

Atualmente, o conforto higrotérmico dos edifícios assume particular importância nos edifícios visto que, em média, 70% das nossas vidas é passada dentro dos mesmos. Com a evolução da tecnologia criaram-se soluções para a climatização, com recurso, muitas vezes, a equipamentos que utilizam energia de origem fóssil, o que conduz ao aumento do consumo de energia e libertação de gases de efeito de estufa, agravando a crise ambiental que vivemos nos dias de hoje. De modo a reverter esta situação, a arquitetura bioclimática e a construção sustentável procuram soluções que permitam preservar o meio ambiente e prevenir o uso excessivo dos recursos não renováveis, para que a nossa geração tenha a capacidade de satisfazer as suas necessidades sem comprometer as das gerações futuras. Estas soluções consistem na integração de determinado edifício no ambiente onde vai ser inserido, tirando o máximo proveito das condições climáticas do local e minimizando os consumos de energia necessários para garantir o bem-estar dos ocupantes. Através de medidas e metas definidas pela União Europeia, o desenvolvimento sustentável será mais uniforme e rigoroso e visa descarbonizar os edifícios até 2050 e aumentar a sua eficiência energética. Neste trabalho será avaliado o desempenho térmico e energético de uma fração habitacional e serão realizadas diversas simulações que procuram avaliar a importância da adequação do objeto construído e das soluções implementadas às características do local.

## ABSTRACT

**Keywords:** Energy Efficiency; Bioclimatic Architecture; Sustainable Construction; Thermal Comfort.

Today, hygrothermal comfort in buildings is of particular importance since, on average, 70% of our lives are spent inside them. With the evolution of technology, solutions of climatization have been created, often using equipment that requires fossil energy, which leads to increased energy consumption and the release of greenhouse gases, aggravating the environmental crisis we currently live. In order to reverse this situation, bioclimatic architecture and sustainable construction seek solutions that allow preserving the environment and preventing the excessive use of non-renewable resources, so that our generation has the ability to meet their needs without compromising the needs of future generations. These solutions consist on the integration of a certain building in the environment where it will be inserted, taking advantage of the local weather conditions, minimizing the energy consumption necessary to ensure the well-being of the occupants. Through measures and targets defined by the European Union, sustainable development will be more uniform and rigorous and aims to decarbonize buildings by 2050 and increase their energy efficiency. In this work, the thermal and energetic performance of a residential fraction will be evaluated and several simulations will be carried out that seek to evaluate the importance of the adequacy of the construction object and the solutions implemented to the characteristics of the place.

# OS ERROS E OMISSÕES EM EMPREITADAS DE OBRAS PÚBLICAS

## ERRORS AND OMISSIONS IN PUBLIC WORKS CONTRACTS

**DALIANA VIEIRA MARQUES**

69 páginas  
69 pages

**Orientador ISEP** (ISEP  
supervisor)

• Jaime Gabriel Silva

### RESUMO

**Palavras-chave:** Erros e omissões. Empreitadas de obras públicas. Código de Contratos Públicos. Gestão de Obras Públicas.

A presente dissertação tem por objetivo analisar a problemática dos erros e omissões em empreitadas de obras públicas, bem como explorar dois casos de estudo reais em que a não observância criteriosa do projeto, caderno de encargos e mapa de quantidades, acarretou problemas que só foram percebidos durante a execução da obra, mas que, se evitados, poderiam não só agilizar o desenvolvimento da obra como também reduzir os custos oriundos de erros e omissões. Para tanto, foi realizado um estudo dos artigos do Código dos Contratos Públicos (DL n.º 111-B/2017), especialmente aqueles pertinentes à temática em discussão: erros e omissões. Ao investigar os casos de estudo, surgiram diversos questionamentos, os quais fomentaram a discussão em torno da qualidade do tempo do Empreiteiro/diretor de obra e dos recursos, tanto humanos como materiais, utilizados para a execução do projeto.

### ABSTRACT

**Keywords:** Errors and omissions. Public works contracts. Public Contracts Code. Public work management.

This dissertation aims to analyze the problem of errors and omissions in public works contracts, as well as to explore two real case studies in which the careful nonobservance of the project, specifications and quantity map, resulted in problems that were only perceived during the execution of the work, but which, if avoided, could not only speed up the development of the work but also reduce the costs arising from errors and omissions. To this end, a study of the articles of the Public Contracts Code (PCC, Decree-Law 111-B/2017) was carried out, especially those pertinent to the topic under discussion, which are: errors and omissions. When investigating the case studies, several questions arose, which stimulated the discussion about the quality of the contractor's/construction director's time and the resources, both human and material, used for the execution of the project.

# IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE NUMA PME DA CONSTRUÇÃO

IMPLEMENTATION OF A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IN A CONSTRUCTION SME

**MARISOL ANTUNINA CARDOSO SIMÃO ANDRÉ**

100 páginas • 10 anexos  
100 pages • 10 annexes

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Maria do Rosário Oliveira

## RESUMO

**Palavras-chave:** Sistema de Gestão da Qualidade, NP EN ISO 9001:2015, Processo de implementação SGQ.

Num mundo cada vez mais voltado para a qualidade total dos seus clientes, as empresas, sejam elas pequenas, médias ou grandes, propõe-se a implementar um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ). Seja por uma questão estratégica, por um requisito das suas partes interessadas ou ainda pela procura de uma ferramenta que auxilia a gestão do negócio, tornando a empresa mais competitiva e diferenciadora. Esta dissertação tem como objetivo principal a aplicação de uma possível metodologia de implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade, seguindo os requisitos da EN NP ISO 9001:2015 numa Pequena e Média Empresa (PME) da Construção. Aborda o assunto começando por fazer uma breve resenha histórica sobre os conceitos relacionados com Sistemas de Gestão, iniciando pela definição de Sistema de Gestão da Qualidade, identificando os princípios de gestão e metodologias associadas, referindo quais as instituições que em Portugal estão responsáveis pela normalização dos Sistemas de Gestão das Organizações e da qualidade de produtos e serviços. Também é feito um estudo sobre as normas da série ISO 9000, com foco na ISO 9001:2015, elencando quais as etapas principais para a sua implementação numa PME da Construção e quais as ferramentas mais utilizadas para este fim. Com o objetivo principal definido é apresentado um caso de estudo com a implementação inicial de um SGQ numa empresa de pequena e média dimensão do setor da Construção. Por fim retiram-se as principais conclusões e considerações finais sobre todo o processo.

## ABSTRACT

**Keywords:** Quality Management System, NP EN ISO 9001:2015, QMS Implementation Process.

In a world increasingly focused on the total quality of its customers, companies, whether small, medium or large, propose to implement a Quality Management System (QMS). Whether for a strategic issue, a requirement of its stakeholders or the search for a tool that helps business management, making the company more competitive and differentiating. This dissertation has as main objective the application of a possible methodology to implement a Quality Management System, following the requirements of EN NP ISO 9001:2015 in a Small and Medium Enterprise (SME) of Construction. It approaches the subject starting with a brief historical overview of the concepts related to Management Systems, starting with the definition of the Quality Management System, identifying the management principles and associated methodologies, referring which institutions in Portugal are responsible for the standardization of the Management Systems of Organizations and the quality of products and services. A study is also carried out on the standards of the ISO 9000 series, with a focus on ISO 9001:2015, listing the main steps for its implementation in a Construction SME and which tools are most used for this purpose. With the main objective defined, a case study is presented with the initial implementation of a QMS in a small and medium-sized company in the Construction sector. Finally, the main conclusions and final considerations about the entire process are drawn.

# REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO: ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO

REHABILITATION OF RESIDENTIAL BUILDINGS: THERMAL PERFORMANCE ANALYSIS

SÉRGIO PAULO DE PAIVA LIMA

91 páginas • 6 anexos  
91 pages • 6 annexes

**Orientador ISEP** (ISEP supervisor)

• Jaime Gabriel Silva

**Co-Orientador** (Co-supervisor)

• Teresa Carvalho Neto Silva

## RESUMO

**Palavras-chave** Construção Sustentável, Edifícios de Habitação, Reabilitação, Desempenho Energético, Soluções Construtivas, Eficiência energética, Edifícios NZEB.

Nas últimas décadas, tem-se verificado uma preocupação cada vez mais exigente com o conforto das habitações. O edificado português encontrava-se desajustado face ao aumento das necessidades energéticas, que com o aumento do seu consumo, muitas das vezes de fontes de energia não renováveis, e consequentemente atingido pela escalada da inflação é refletido a nível monetário. Assim, conceitos como sustentabilidade, reutilização e fontes de energia renováveis vão ganhando muito mais relevância para aplicabilidade na construção/reabilitação nos nossos edifícios. A presente dissertação baseia-se na análise do desempenho térmico de soluções construtivas na reabilitação de edifícios de habitação, respeitando todas as exigências da legislação em vigor, com o intuito de otimizar o seu desempenho, minimizar os seus consumos ou produzir através de sistemas de fontes de energia renováveis a energia suficiente para as suas necessidades, contruindo assim a edifícios com necessidades quase nulas de energias, NZEB. Numa primeira fase vai ser apresentado o referido conceito na reabilitação do edificado com particular relevância das soluções construtivas. À posteriori, é apresentada a legislação a estudar e comparação desta com a anterior, expondo o conceito de eficiência energética com uma abordagem aos edifícios NZEB no nosso País. É demonstrado com incidência num caso real, a correta aplicação da metodologia de cálculo da referida legislação, na totalidade de um edifício habitacional em reabilitação, podendo assim serem quantificadas as necessidades energéticas para as estações de aquecimento, arrefecimento e a energia primária. Serão propostas soluções de melhoria face às soluções aplicadas em obra, com o respetivo apuramento de diferencial de custos, de forma a poder ser atingido os valores mínimos necessários de energia primária, refletindo um elevado desempenho térmico. Todos os cálculos, serão efetuados de forma manual com recurso ao Excel, sendo apresentada uma análise económica das soluções construtivas propostas. O objetivo é analisar as principais diferenças na aplicação a um caso de estudo das metodologias das duas legislações relativas ao desempenho térmico de edifícios de habitação, em que se procura sempre valorizar os benefícios de uma racional reabilitação térmica, onde é possível existirem menores consumos energéticos, uma baixa probabilidade de ocorrência de condensações, beneficiar de uma menor dependência energética, obtendo assim uma melhoria substancial de qualidade de vida, com renovações da qualidade de ar interior mais controladas e menor impacto ambiental. O compromisso é a capacidade de formular projetos com todos estes tipos de tecnologia e metodologias para uma construção/reabilitação com foco no conforto higrótérmico e encargos aferidos durante toda a vida útil do edificado.

## ABSTRACT

**Keywords:** Sustainable Construction, Housing Buildings, Rehabilitation, Energy Performance, Constructive Solutions, Energy Efficiency, NZEB Buildings.

In the last decades, there has been an increased concern regarding housing comfort. Portuguese buildings found themselves out of step with the increase in energy needs, which with the increase in their consumption, often from non-renewable energy sources, and consequently affected by the escalation of inflation, is reflected in monetary terms. Thus, concepts such as sustainability, reuse and renewable energy sources are gaining much more relevance for applicability in the construction/rehabilitation of our buildings. This dissertation is based on the analysis of the thermal performance of constructive solutions in the rehabilitation of residential buildings, respecting all the requirements of the current legislation, to optimize their performance, minimize their consumption or produce energy from renewable sources, enough for their consumption, thus belonging to buildings with almost zero energy needs, NZEB. In a first phase, the referred concept will be presented in the rehabilitation of the characteristic building of the Castelo de Paiva region, with an exposition of the constructive solutions. A posteriori, the legislation to be studied and its comparison with the previous one is presented, exposing the concept of energy efficiency with an approach to buildings with almost zero energy requirement, the NZEB concept in our country. The correct application of the calculation methodology of the legislation is demonstrated, with an incidence on a real case, in the entirety of a residential building undergoing rehabilitation, thus allowing the quantification of the energy needs for heating, cooling stations and primary energy. Improvement solutions will be proposed in relation to the solutions applied on site, with the respective calculation of the cost differential, so that the minimum necessary values of primary energy can be reached, reflecting high thermal performance. All calculations will be performed manually using Excel and the PTNZEB calculation platform, and finally, a viable economic analysis of the proposed construction solutions. The goal is to value the benefits of a rational thermal rehabilitation, where it is possible to have lower energy consumption, a low probability of condensation, a benefit from less energy dependence, thus obtaining a substantial improvement in quality of life, with quality renovations of more controlled indoor air and less environmental and visual impact of the rehabilitated housing. The commitment is the ability to formulate projects with all these types of technology and methodologies for a conscientious construction/rehabilitation with a focus on human comfort and cost measured throughout the timespan of the building.

# SMART CITIES: ANÁLISE DA NORMA ISO 37120:2014

SMART CITIES: ANALYSIS OF THE ISO 37120:2014 STANDARD

PAULO DANIEL GONÇALVES RIBEIRO

150 páginas  
150 pages

Orientador ISEP (ISEP supervisor) • José Manuel Sousa

## RESUMO

**Palavras-chave:** Cidades, Cidades inteligentes, Planeamento urbano, Urbanização, Sustentabilidade, Ambiente, Inovação, Tecnologia.

A ausência de um entendimento científico a nível mundial, no que diz respeito ao conceito de Smart City, e a todos os componentes que uma cidade desta tipologia deve apresentar abre caminho à exploração empresarial da temática com um intuito voltado, na grande maioria, para a criação de lucros e abertura de novos nichos de mercado no campo das tecnologias. Assim, perde-se, em parte, o contributo social, urbano, ambiental e sustentável que as Smart Cities prometiam trazer para as cidades. Sendo o conceito de cidades, o espaço geográfico e social caracterizado por uma forte concentração populacional, serviços e infraestruturas que origina uma rede orgânica de troca de serviços, tais como, administrativos, comerciais, profissionais, educacionais e culturais. O rápido crescimento das maiores áreas urbanas criou, ao longo do tempo, alguns défices, tais como, dificuldade de gestão de recursos, problemas de sustentabilidade, ambientais, por exemplo, pelo tráfego rodoviário que normalmente é característico das grandes cidades e consequente aumento dos níveis de poluição, sociais através de défices no acesso a serviços, urbanos por problemas associados a marginalização, desigualdade social e de género, pobreza extrema, violência e drogas, entre outros. Desta forma, as cidades inteligentes surgiram com a premissa de resolver alguns, ou até mesmo todos, os problemas causados pelo aumento populacionais nas grandes cidades. Estas representam uma nova forma de “pensar” a cidade através da introdução de novas tecnologias. O presente trabalho pretende abordar a temática das cidades inteligentes, sendo que será abordada a história do conceito das Smart Cities, as várias definições para o mesmo conceito, as incongruências do nome que lhes foi atribuído, modelos criados por várias empresas ao longo dos tempos, as normativas que regulam e legislam o conceito, nomeadamente a normativa mundial ISO 37120:2014, e o ponto de situação das cidades portuguesas face a esta temática.

## ABSTRACT

**Keywords:** Cities, Smart Cities, Urban Planning, Urbanization, Sustainability, Environment, Innovation, Technology.

The absence of a worldwide scientific understanding with regard to the concept of Smart City and to every component that put together a city with this type of status has opened the track to some companies and the business exploration of this theme. The problem of this type of explorations was caused because the intent of the companies was to build new ways of attracting some profits in the technological market. Thus, the concept of Smart City lost, in a certain way, the huge contribution of the social, environmental, urban and sustainable aspects that Smart Cities could have brought to a city under development. The concept of city is the geographic and social space that is distinguished by a strong concentration of population, services and infrastructures that can create an organic grid of services exchange as administrative, commercial, professional, educational and cultural services. Through the time, the fast growth of the larger urban areas has created some types of problems as difficulty to manage resources, sustainable and environmental problems caused by the urban road traffic that usually features big cities and creates some pollution troubles, social problems caused by difficulties to access some city services, marginalization, social and gender inequality, extreme poverty, violence, drugs, among others. The Smart Cities were born with premise of solving some troubles that were caused by the population growth in urban areas. This concept was presented as a new way of thinking a city through the introduction of new and innovative technologies. This document intends to approach this theme: Smart Cities. Thus, it will focus the history of the concept of Smart Cities, the several definitions to this concept, the models created through times, the standards, the ISO 37120:2014 international standard and the current situation of the Portuguese cities on this theme.

# ESTRATÉGIA PARA ALCANÇAR O NEARLY ZERO ENERGY BUILDING (NZEB) NA REABILITAÇÃO ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

## STRATEGY TO ACHIEVE NEARLY ZERO ENERGY BUILDING (NZEB) IN ENERGY REHABILITATION OF A RESIDENTIAL BUILDING

ANDRÉ FILIPE ARAÚJO ESTEVES

90 páginas • 4 anexos  
90 pages • 4 annexes

Orientador ISEP (ISEP supervisor) • José Manuel Sousa

### RESUMO

**Palavras-chave:** NZEB, Renováveis, ITECONS, REH, Energia.

A presente Dissertação tem em vista a aplicação do conceito NZEB, na reabilitação energética de um edifício residencial existente, ou seja, melhorar e reduzir as necessidades energéticas, tirando o maior proveito do que meio ambiente nos pode oferecer. Um edifício NZEB (nearly-zero energy building) encontra-se definido na Diretiva 2010/31/U como edifício de balanço energético quase nulo - “é um edifício com um desempenho energético muito elevado” e em que as necessidades energéticas são suprimidas através das construções passivas e de fontes renováveis produzidas no local ou nas suas proximidades. Salienta-se que o edifício em estudo corresponde a um edifício já existente, que por si só já poderá apresentar várias dificuldades a nível da tipologia do edifício ou das soluções construtivas adotadas, que poderão dificultar no processo de melhoramento. Inicialmente fez-se uma abordagem ao edifício em estudo, através da análise das soluções construtivas e os equipamentos utilizados para aquecimento das águas sanitárias, com a respetiva verificação dos requisitos mínimos regulamentares. Numa segunda fase, foram propostas soluções para o melhoramento e verificação dos requisitos mínimos regulamentares a nível térmico, com o respetivo dimensionamento dos painéis solares térmicos e fotovoltaicos, para incorporar ao edifício esta energia renovável. Por fim, fez-se uma comparação, com o auxílio da ferramenta de cálculo do ITECONS, na qual se quantificou o melhoramento que o edifício teve, através da análise da classificação energética, na eventualidade da aplicação de todas as soluções propostas ou parte delas.

### ABSTRACT

**Keywords:** NZEB, Renewables, ITECONS, REH, Energy.

This dissertation intends to apply the NZEB concept in an existing residential building, that is, to improve and reduce energy needs, taking full advantage of what the environment has to offer. An NZEB (nearly-zero energy building) building is defined in Directive 2010/31/U, Building with almost zero energy balance “is a building with a very high energy performance” and that energy needs are met through passive buildings and from renewable sources produced on site or nearby. It should be emphasized that the building under study corresponds to an existing building, which may already present several obstacles in terms of the building typology or the constructive solutions adopted, which may hinder the improvement process. Initially, an approach was made to the building under study, through the analysis of constructive solutions, and the equipment used for heating sanitary water, as well as the respective verification of the minimum regulatory requirements. In a second phase, solutions were proposed to improve and verify the minimum regulatory requirements at the thermal level, such as the feasibility of thermal and photovoltaic solar panels, to incorporate renewable energy into the building. Finally, a comparison was made, with the help of the ITECONS spreadsheet, which quantified the improvement that the building had, through the analysis of the energy classification, in case of the application of all or part of the proposed solutions.

# PROJETO DE ESTABILIDADE DE UMA CLÍNICA DE HEMODIÁLISE

## STABILITY PROJECT OF A HEMODIALYSIS CLINIC

JOÃO PEDRO ALVES DE SOUSA ALBERTO

87 páginas • 3 anexos  
87 pages • 3 annexes

Orientador ISEP (ISEP supervisor) • Isabel Maria Alvim Teles

### RESUMO

**Palavras-chave:** Projeto; Estrutura; Estabilidade; Dimensionamento Estrutural.

Este trabalho desenvolveu-se no âmbito da Unidade Curricular Dissertação/Projeto/Estágio (DIPRE) e o objetivo foi a realização de um Projeto de Estabilidade de uma estrutura de betão armado. O projeto que serviu de base para a execução do modelo da estrutura a dimensionar foi o de uma clínica de hemodiálise, tendo o projeto de arquitetura sido cedido pelo seu autor. No desenvolvimento do projeto de estruturas foram utilizadas várias ferramentas informáticas (Autocad, Robot, Excel, etc.). A estrutura é composta por sapatas isoladas, paredes de contenção, paredes estruturais, pilares, vigas e lajes fungiformes aligeiradas com bandas maciças para o controlo das deformações. Usou-se como princípio orientador de dimensionamento toda a informação descrita nos Eurocódigo associados. Na fase de pré-dimensionamento foram usados os conhecimentos adquiridos ao longo da formação académica no Instituto Superior de Engenharia do Porto. Na elaboração do projeto de estruturas cumpriram-se todas as restrições impostas pela Arquitetura havendo assim uma compatibilização total de Estabilidade/Arquitetura.

### ABSTRACT

**Keywords:** Project; Structure; Stability; Structural Design.

This work was developed within the scope of the Course Unit Dissertation/Project/Internship (DIPRE) and the objective was to carry out a Stability Project of a reinforced concrete structure. The project that served as the basis for the execution of the model of the structure to be designed was a hemodialysis clinic. The architectural project was provided by its author. In the development of the structural design, several computer tools were used (Autocad, Robot, Excel, etc.). The structure is composed by earth retaining walls, structural walls, columns, beams and voided fungiform slabs with solid bands to control deformations. The design guiding principle adopted used all the information described in the associated Eurocodes. In the preliminary design stage, the knowledge acquired during the academic path at the Instituto Superior de Engenharia do Porto was used. In the elaboration of the structural design, all the restrictions imposed by the architecture were fulfilled, thus having a total compatibility of stability/architecture.

# ESTUDO DE SOLUÇÕES ESTRUTURAIS DE EDIFÍCIOS EM BETÃO ARMADO

STUDY OF STRUCTURAL SOLUTIONS FOR REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

**CARLOS ALBERTO FONSECA AZEVEDO**

63 páginas  
63 pages

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)**

• Isabel Maria Alvim Teles

## RESUMO

**Palavras-chave:** Betão Armado, CFRP, Robot, CypeCad.

O presente documento refere-se ao projeto desenvolvido para conclusão do Mestrado em Engenharia Civil – ramo de Estruturas, no Instituto Superior de Engenharia do Porto. O projeto visa a integração e a aplicação de conhecimentos, competências e atitudes adquiridas ao longo do curso e a aquisição de novos conhecimentos, para desenvolvimento, em meio académico, de um projeto concreto e complexo da área. A elaboração de um projeto de estruturas de um edifício compreende diversas fases até à sua execução, sendo a fase de conceção parte essencial de todo um processo que passa pela definição das características da estrutura, modelação e análise estrutural, e dimensionamento dos elementos estruturais. No presente trabalho salientam-se as etapas referentes a modelação e dimensionamento estrutural. Apresentam-se soluções adotadas em projetos de execução de dois edifícios distintos, com estrutura simples, de pequena a média envergadura. Aborda-se um painel de laje fungiforme e um pórtico tipo de dimensões médias correntes. A modelação estrutural é efetuada com recurso a dois programas de cálculo com o intuito não só de um aprofundamento do conhecimento e domínio das ferramentas, como de proceder a devida análise comparativa de resultados obtidos. São exemplificados procedimentos e opções de cálculo adotados. O dimensionamento estrutural é efetuado de acordo com os métodos tradicionais onde se exploram limites de validade, de acordo com os critérios definidos na regulamentação vigente.

## ABSTRACT

**Keywords:** Reinforced concrete, CFRP, Robot, REBAP, CypeCad.

The present document refers to a project developed for conclusion of master's degree in Civil Engineering – specialization of Structures, at Instituto Superior de Engenharia do Porto. The project aims the integration and application of knowledge, skills and attitudes acquired throughout the course and the acquisition of new knowledge, for the development, in academia, of a complex project in the area. The elaboration of a structural project of a building comprises several phases until its execution, being the conception phase an essential part of the whole process that goes through the definition of the structure characteristics, structural modeling and analysis, and designing the structural elements. In this work, the steps referring to structural modeling and design are highlighted. The developed study focuses on structural solutions adopted in projects for the execution of two different buildings, with a simple structure, of small to medium size. It addresses a flat slab panel and a typical medium sized frame. The structural modeling is carried out using two calculation programs with the aim not only of deepening the knowledge and ability on operating the tools, but also of carrying out a proper comparative analysis of the results obtained. The adopted calculation procedures and options are exemplified. The structural design is carried out in accordance with traditional methods where validity limits are explored, in accordance with the criteria defined in the current regulations.

# PROJETO DE ESTABILIDADE DE UM EDIFÍCIO EM BETÃO ARMADO

## STABILITY PROJECT OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING

DIOGO MANUEL ABREU MAIA

75 páginas • 1 anexo  
75 pages • 1 annex

Orientador ISEP (ISEP supervisor) • Isabel Maria Alvim Teles

### RESUMO

**Palavras-chave:** Robot Structural Analysis, Projeto de Estabilidade, Dimensionamento Estrutural.

O presente documento tem como propósito apresentar o relatório final da unidade curricular de DIPRE. Trata-se do projeto de estabilidade de um edifício em betão armado, onde são expostas as diferentes etapas que o abarcam, nomeadamente a definição de uma solução estrutural, o pré-dimensionamento, a modelação num programa de cálculo automático, o dimensionamento e o desenvolvimento de peças desenhadas e escritas. Na conceção do projeto foram utilizados uma vastidão de conhecimentos adquiridos ao longo de todo o percurso académico, especialmente nas unidades curriculares de estruturas. A utilização de ferramentas informáticas tem um papel incontornável no desempenho da atividade de projetista de especialidade, daí que uma metodologia guiada por essas ferramentas tenha sido adotada. Foi utilizado um programa tridimensional de elementos finitos (Robot), no entanto, foram também aplicados métodos tradicionais de cálculo nas fases de pré-dimensionamento e dimensionamento.

### ABSTRACT

**Keywords:** Robot Structural Analysis, Stability Project, Structural Design.

This document is for the purpose of present the final report of the curricular unit DIPRE. The work is focused on the stability project of a reinforced concrete building, exposing the different steps that encompass it, namely the definition of a structural solution, preliminary design, numerical modeling on an automatic calculation software, design and development of drawings and written elements. In the conception of the project, a lot of knowledge acquired along the academic path was used, especially in the curricular units related with structures. The use of informatic tools has an unavoidable role on the performance of the activity of a structural designer and therefore the adopted strategy was based on it. It was used a finite element three-dimensional software (Robot), however, other methods were also used, like traditional calculation methods on the conception a design phases.

# PRÉ-FABRICAÇÃO DE BARREIRAS ACÚSTICAS

## PREFABRICATION OF ACOUSTIC BARRIERS

LUÍS FILIPE PINTO REBELO

102 páginas  
102 pages

Orientador ISEP (ISEP supervisor) • Maria do Rosário Santos Oliveira

### RESUMO

**Palavras-chave:** Pré-Fabricação, Pré-Fabricação de betão, Projeto de execução, Produção, Gestão da Qualidade, Sustentabilidade, Construção e Barreiras Acústicas.

A presente dissertação tem como âmbito expor a pré-fabricação de elementos em betão na construção civil, devido à escassa informação sobre este método construtivo, o que incentivou a elaboração e desenvolvimento deste documento. Segundo os registos históricos da humanidade, este método tem sido utilizado ao longo de gerações, sendo inicialmente utilizado pelas civilizações antigas para a construção dos seus monumentos. Com a eflorescência da era industrial a pré-fabricação foi dinamizada, resultando no aumento da qualidade dos produtos e na produção em curtos espaços temporais, de forma a responder às necessidades de procura. Atualmente, a humanidade tem vindo a requerer produtos mais sustentáveis, económicos e eficientes, aplicando-se o mesmo na área da construção civil. Uma forma de cumprir com estes requisitos é a produção de produtos devidamente controlados em fábrica garantindo a qualidade do produto, como os pré-fabricados em betão. Serão descritos nesta dissertação os conceitos de pré-fabricação, os processos de produção, bem como os seus prós e contras. Com o desenvolvimento exponencial da população mundial e a sua mobilidade, houve um aumento da poluição sonora. Devido ao desconforto e ao seu impacto ambiental, desenvolveram-se medidas de minimização, nomeadamente a criação de dispositivos de redução de ruído. Exemplo destes dispositivos são as barreiras acústicas, as quais permitem melhorar a qualidade de vida das populações. Tendo em conta o aumento da poluição sonora e a pré-fabricação, o presente documento debruçou-se sobre os conceitos teóricos das barreiras acústicas. Neste sentido, será apresentado um caso de estudo, na qual se procedeu à aplicação de barreiras acústicas. Será também apresentado o processo administrativo, a produção das barreiras acústicas e a sua instalação. Considerando a informação recolhida e explanada neste documento, foi elaborada uma análise comparativa entre as barreiras acústicas, com base nos seguintes dados: geometria, características mecânicas e acústicas, durabilidade e custo económico.

### ABSTRACT

**Keywords:** Prefabrication, Precast Concrete, Project Execution, Production, Quality Management, Sustainability, Construction and Acoustic Barriers.

The present dissertation is motivated to present precast concrete elements used in the construction industry, due the lack of information about this construction method, what encouraged the preparation and development of this document. According to historical data of mankind, this method has been applied for many generations and it's possible to date it as far back to the monuments attributed to the ancient civilizations. With the development of the industrial era precast construction developed, originating an increase of the quality and the reduced time needed to supply the demand. Nowadays mankind is starting to require more efficient, sustainable and economical products, and the construction industry is not an exception. One of the methods to meet these requirements is to adapt the industrial methods to achieve the goals previously mentioned, guaranteeing the quality of the final product. In this dissertation are described precast construction concepts, production processes, as well as its pros and cons. With the exponential development of the world population and its mobility, there was an increase of the acoustic pollution. In order to reduce its impact in the environment and on the population, mitigation measures have been adopted namely the development of devices for noise reduction. Examples of these devices are the acoustic barriers that allow to improve the life quality of the population. Considering the increase of the acoustic pollution and precast construction, this document is focused on the theoretical concepts of the acoustic barriers. This dissertation will present a case study in which acoustic barriers were applied. With the collected information it was presented a comparative analysis between different acoustic barriers using the following criteria: geometry, mechanical and acoustical characteristics, durability and cost.

# DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE UM MODELO LABORATORIAL PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA SHM

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF A LABORATORY MODEL FOR THE IMPLEMENTATION OF A SHM SYSTEM

**BERNARDO DIAS DUARTE TAVARES**

119 páginas • 1 anexo  
119 pages • 1 annex

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)**

• Carlos Manuel da Silva Félix

**Co-orientador (Co-supervisor)**

• Filipe José Moreira Guerra dos Santos Cavadas

## RESUMO

**Palavras-chave:** Structural Health Monitoring; modelo laboratorial à escala reduzida; estrutura metálica; carga móvel; análise numérica; deteção de dano.

Os sistemas SHM (Structural Health Monitoring) quando aplicados a estruturas reais representam ferramentas poderosas que asseguram a segurança e auxiliam a elaboração de um plano de manutenção eficaz. Um dos principais objetivos destes sistemas passa pela monitorização do comportamento estrutural sob o efeito de ações operacionais e ambientais e pela aplicação de técnicas de deteção de dano, com alarmes automáticos no caso da deteção de valores anormais. No entanto, a conceção de um sistema SHM viável e robusto carece de uma validação das técnicas de deteção de dano que dificilmente é conseguida em pontes reais. Neste contexto, a utilização de modelos laboratoriais é essencial. O presente documento apresenta as fases de elaboração de um sistema SHM aplicado a um modelo laboratorial à escala reduzida de uma estrutura metálica que simula o tabuleiro de uma ponte. Pretende-se com este modelo o desenvolvimento e a verificação de métodos de deteção de dano, induzindo cenários de danos realistas. Para o efeito, foram elaboradas diferentes soluções de instrumentação, diversas hipóteses de solicitação da estrutura e de cenários de dano, e exploradas técnicas de processamento de dados. Tendo por base os resultados experimentais recolhidos, procede-se à calibração de um modelo numérico que dá suporte a uma análise detalhada do comportamento estrutural.

## ABSTRACT

**Keywords:** Structural Health Monitoring; reduced-scale laboratorial model; metallic structure; moving load; thermal load; numerical analysis; damage detection.

Structural Health Monitoring (SHM) systems, when applied to real structures, are a powerful tool to ensure safety and to support their maintenance. One of the main objectives of these systems consist in monitoring the structural behavior under operational and environmental variations and applying damage detection techniques, with automatic generation of alarms in case of abnormal behavior. However, integral application of robust and reliable SHM systems requires the performance evaluation of damage detection techniques which is rarely possible to obtain in full-scale bridges. In this context, the use of laboratorial models is essential. The document presents the implementation of a SHM system applied to a reduced-scale laboratorial model of a metallic structure that simulates the deck of a bridge. The main objective of this model is the development and validation of damage detection methods by inducing practical damages under controlled, although realistic, conditions. In addition, aiming at increasing reliability and robustness, different solutions for structural instrumentation, as well as data processing techniques are assessed. Based on the laboratorial results, a numerical model is calibrated which supports a detailed analysis of the structural behavior.

