

---

**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**



ISBN: 978-989-35087-1-8

© Os autores. 2022

© Os editores. 2023

*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. 2022

© The editors. 2023

*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 2021/2022 aqui estamos de novo a compilar os trabalhos de final de curso realizados pelos estudantes, no âmbito da unidade curricular de Dissertação, Projeto ou Estágio (DIPRE), do Mestrado de Engenharia Civil do ISEP.

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 deve ser original e especialmente realizado 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 e dos relatórios de estágios mostram o 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. Demostram 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 resume os trabalhos realizados no âmbito da unidade curricular de DIPRE do MEC, referentes a dissertações, projetos e relatórios de estágios desenvolvidos no ano letivo 2021-2022, nas áreas de especialização de construções, estruturas e gestão da construção. No total foram realizados 25 trabalhos, envolvendo 25 estudantes, 24 docentes orientadores/coorientadores e 18 supervisores das empresas.

Os trabalhos em ambiente empresarial contaram com a colaboração das empresas/instituições: CCAD-Serviços de Engenharia, Camara Municipal de Valongo, Camara Municipal Vila Nova de Gaia, DST Group, Eleven Steps Consultores de Engenharia, Ferrovia Construction, Ferrumplus, Garcia Garcia, Kinetika, Tepmec Construções, Telhabel Construções, TFP-The Fladgate Partnership, às quais a direção do MEC agradece toda a colaboração e disponibilidade demonstradas no acolhimento dos seus estudantes do MEC.

Porto, janeiro 2023

*Maria do Rosário Santos Oliveira*

Diretora do Mestrado em Engenharia Civil

## PREFACE

After the academic year 2021/2022 we are sum up the end-of-course 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, and 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, or 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 sums up 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 2021/2022 and in the areas of specialization of construction works, structures and construction management. In total were conducted 25 studies involving 25 students, 24 ISEP advisors and 18 company's supervisors.

The works developed in business environment took place in the following companies/ institutions: CCAD-Serviços de Engenharia, Camara Municipal de Valongo, Camara Municipal Vila Nova de Gaia, DST Group, Eleven Steps Consultores de Engenharia, Ferrovia Construction, Ferrumplus, Garcia Garcia, Kinetika, Tepmec Construções, Telhabel Construções, TFP-The Fladgate Partnership, to whom MEC's management team would like to express their appreciation for all the collaboration and availability in integrating MEC students.

Porto, January 2023

*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**





# INTERVENÇÃO A UMA MORADIA A NÍVEL TÉRMICO, ACÚSTICO E ÁGUAS

## INTERVENTION IN A HOUSE IN THERMAL, ACOUSTIC AND WATER SUPPLY

**MARIA INÊS GONÇALVES PIRES**

74 páginas • 1 anexo  
74 pages • 1 annex

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

**Supervisor** (Company supervisor) • Ana Luísa Oliveira (TEPMEC Construções, Lda.)



### RESUMO

**Palavras-chave:** Comportamento térmico, Comportamento acústico, ITECONS, ADENE, RGR, RRAE, Abastecimento de águas.

Em geral, na construção tradicional utilizavam-se os materiais provenientes do local. A norte de Portugal é frequente a construção utilizar a madeira e a pedra por serem os materiais mais abundantes. O presente trabalho consistiu num levantamento sobre a construção tradicional seguido de um estudo para verificação da possibilidade de aplicar a legislação em vigor à construção tradicional de modo a conseguir um aumento da eficiência energética associado a um melhor conforto térmico, acústico e hídrico como se de uma construção nova se tratasse, melhorando as características do edifício e evitando a demolição que acaba por ser prejudicial ao meio ambiente. Na moradia em construção tradicional foi analisada apenas uma fração, sendo que esta apresentou uma classe energética A, o que torna a habitação eficiente. No entanto, não se pode considerar apenas o conforto térmico como único requisito para se concluir que a esta fração se pode aplicar a legislação de como se uma habitação nova se tratasse. Com isto, analisou-se as soluções construtivas apresentadas ao nível acústico, a fim de verificar a legislação e de modo a se conseguir uma avaliação mais crítica e mais corretiva. Optou-se ainda por se realizar um projeto de abastecimento de águas, dimensionando toda a tubagem com o melhor material possível, para que a habitação fique sujeita a uma melhor condição hídrica.

### ABSTRACT

**Keywords:** Thermal behavior, Acoustic behavior, ITECONS, ADENE, RGR, RRAE, Water supply.

In general, on traditional construction it was usual to use the materials derived from the local. In the north of Portugal its very frequent in the construction to use wood and stone because they are the most abundant materials. The present work consisted in study about regional construction followed by a study for verifying the possibility to apply the current legislation to regional construction in way to make na increase of energetic efficiency associated to a better thermic comfort, acoustic and hybrid, as a new construction were taking place, upgrading the building features and avoiding demolition, which is very bad for environment. In the traditional construction house study, it was only analysed one fraction, presenting an energetic class A, which makes the housing more efficient. Meanwhile, we can't consider just the thermal comfort like the one requisite to conclude that to this fraction can be applied the legislation adopted to new housing. To conclude, it was analyzed the constructive solutions shown at an acoustic level, to verify the legislation and in a way to perform a more critical and corrective evaluation. The best option was to make a water supply, scaling all the piping with best material possible, for the housing be subject to a better hydraulic condition.

# ANÁLISE DE CICLO DE VIDA NA PERSPETIVA DA CERTIFICAÇÃO BREEAM

LIFE CYCLE ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF BREEAM CERTIFICATION

**JOÃO FILIPE GOMES MACHADO**

110 páginas • 4 anexos  
110 pages • 4 annexes

**Orientador ISEP** (ISEP supervisor) • José Manuel Martins Soares de Sousa

**Supervisor** (Company supervisor) • Rui Barros Garcia (Garcia, Garcia S.A.)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Análise de Ciclo de Vida, Desenvolvimento Sustentável, Construção Sustentável, Declaração Ambiental do Produto, Pegada de Carbono, One Click LCA, Sustentabilidade.

A construção é responsável por uma parte considerável das emissões de dióxido de carbono, o que permite afirmar que há um problema de sustentabilidade relacionado com as obras de Engenharia Civil. Esta crescente preocupação conduziu à criação de métodos de avaliação dos impactes ambientais provocados por produtos e sistemas. De modo que haja independência e igualdade para todos os promotores responsáveis pela construção, definem-se vários indicadores e certificações tanto a nível nacional (LiderA e SBTOOLPT) como internacional (BREEAM e LEED). Estas certificações centram-se na Análise de Ciclo de Vida para avaliar o comportamento ambiental dos edifícios, encorajando as equipas responsáveis a tomar decisões mais sustentáveis e, conseqüentemente, diminuir a pegada ecológica da construção. Realizar a Análise de Ciclo de Vida na construção é um processo complexo, reunindo conceitos de Engenharia Civil e de ambiente. Este processo requer a realização de cálculos específicos da Pegada de Carbono dos materiais, uma área em que os engenheiros civis não têm formação. Acresce ainda a dificuldade de que a maioria dos materiais não apresenta valores tabelados relativos à sua Pegada de Carbono. Considerando estes fatores, nesta dissertação é apresentada uma metodologia à base de dois processos: um Método Expedito e um Método Detalhado. O primeiro é baseado na consulta de tabelas e permite reunir informações para o Método Detalhado. O Método Detalhado é um processo mais complexo que recorre ao uso de uma plataforma online de Análise de Ciclo de Vida, denominada One Click LCA. Esta metodologia é aplicada numa obra de Engenharia Civil em Valadares, Vila Nova de Gaia, que se acompanhou durante 4 meses.

## ABSTRACT

**Keywords:** Life Cycle Assessment, Sustainable Development, Sustainable Construction, Environmental Product Declaration, Carbon Footprint, One Click LCA, Sustainability.

Construction is responsible for a considerable part of carbon dioxide emissions, which allows us to say that there is a sustainability problem related to Civil Engineering works. This growing concern has led to the creation of methods to assess the environmental impacts caused by products and systems. Therefore, there is independence and equality for all developers responsible for the construction, several indicators and certifications are defined both at national level (LiderA and SBTOOLPT) and international (BREEAM and LEED). These certifications focus on Life Cycle Assessment to assess the environmental behavior of buildings, encouraging responsible teams to make more sustainable decisions and, consequently, reduce the ecological footprint of the construction. Conducting Life Cycle Assessment in construction is a complex process, bringing together Civil Engineering and environmental concepts. This process requires carrying out specific calculations of the Carbon Footprint of materials, an area that civil engineers are not trained in. There is also the difficulty that most materials do not have tabulated values relative to their Carbon Footprint. In this sense, this dissertation presents a methodology based on two processes: an Expedited Method and a Detailed Method. The first is based on querying tables and helps to gather information for the Detailed Method. The Detailed Method is a more complex process that uses an online Life Cycle Assessment platform, called One Click LCA. This methodology is applied in a Civil Engineering work in Valadares, Vila Nova de Gaia, which was monitored for 4 months.

# ANOMALIAS EM FACHADAS E COBERTURAS DESENVOLVIMENTO DE FICHAS DE INSPEÇÃO

ANOMALIES IN FAÇADES AND ROOFS DEVELOPMENT OF INSPECTION SURVEYS

**NÁDIA FILIPA SIMÕES MONTEIRO**

113 páginas • 2 anexos  
113 pages • 2 annexes

**Orientador ISEP** (ISEP supervisor)

• José Manuel Martins Soares de Sousa

**Supervisor** (Company supervisor)

• Ricardo Alves da Silva (Kinetika)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Patologias, Anomalias, Causas Prováveis, Formas de Manifestação, Fichas de Inspeção.

Por norma, as construções encontram-se sujeitas a diversos agentes de degradação, nomeadamente a envolvente opaca e a cobertura, que ao estarem em contacto com a água, poluição, variações de temperatura, entre outros agentes, tendem a enfraquecer estes elementos com o aparecimento de diversas anomalias. No entanto, os processos de degradação podem ser também causados por erros humanos, durante as fases da construção, ou até por desastres naturais. Assim, para garantir o correto funcionamento do edifício é necessário assegurar uma avaliação dos tipos de deterioração nos elementos construtivos e identificar as suas causas, de modo a evitar a possível progressão das anomalias detetadas. A presente dissertação pretende descrever o estágio curricular desenvolvido na empresa Kinetika, que teve como objetivo aplicar conhecimentos desenvolvidos ao longo do curso e inserir o estudante num ambiente empresarial. Neste contexto, o objetivo deste trabalho relaciona o estudo e investigação das diversas patologias que podem surgir na envolvente opaca de um edifício, assim como na sua cobertura. E para além disto, são identificadas as possíveis causas a partir dos seus efeitos, é uma tarefa complexa visto que, por vezes, torna-se complicado estabelecer relações entre ambos. Por fim, são desenvolvidas várias fichas de inspeção que têm como propósito apoiar e facilitar as inspeções dos elementos estudados, de maneira a realizar um registo com um sistema “*check-list*” e, posteriormente, registar as causas prováveis do aparecimento das anomalias observadas.

## ABSTRACT

**Keywords:** Pathologies, Anomalies, Probable Causes, Building Surveying, Inspection Surveys.

Normally, buildings are exposed to various degradation agents, when the opaque envelope (facade) or the roof coverings are in contact with water, pollution, temperature variations, among other agents, they tend to weaken these elements with the arising of several anomalies. However, degradation processes can also be caused by human mistakes during the construction stages, or even natural disasters. Thus, to guarantee the correct functioning of the building it is necessary to ensure an evaluation of the types of deterioration in the constructive elements and to identify their causes, to avoid the possible progression of the detected anomalies. This dissertation aims to describe the curricular internship developed in Kinetika, whose plan is to apply knowledge developed throughout the course and insert the student in a business environment. In this context, the goal of this work relates the study and investigation of several pathologies that can arise in the opaque envelope of a building, as well as in its roof coverings. Besides this, the identification of possible causes from their effects is a complex task since, sometimes, it becomes complicated to establish a relationship between both. Finally, were developed some inspection surveys to support the inspections of the facades and the roof coverings, using a check-list system and registering the probable causes of the observed anomalies.

# ACOMPANHAMENTO DA CONSTRUÇÃO DA OFICINA DO BRINQUEDO TRADICIONAL EM ALFENA

MONITORING THE CONSTRUCTION OF THE TRADITIONAL TOY WORKSHOP IN ALFENA

Ivo Daniel Araújo Oliveira

82 páginas • 2 anexos  
82 pages • 2 annexes

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Ângelo Manuel Jacob  
**Co-Orientador (Co-supervisor)** • Maria da Fátima Portela Moreira (ISEP)  
**Supervisor (Company supervisor)** • Artur Vaz do Nascimento Mateus  
(Câmara Municipal de Valongo)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Betão, Aço, Processo Construtivo, Cofragem, Betonagem, Escoramento.

O presente relatório tem como objetivo descrever as atividades que foram realizadas ao longo do estágio em ambiente empresarial na Câmara Municipal de Valongo. Durante o período de estágio, cerca de quatro meses de duração, iniciado em março de 2022 e findado em junho de 2022 o estagiário acompanhou a construção de uma obra icónica – Oficina do Brinquedo Tradicional Português – em que apresenta uma estética dos cinco edifícios/módulos constituintes inspirados nas formas geométricas. Esta empreitada está localizada na Rua das Escolas, em Alfena. Este documento aborda aspetos teóricos que sustentam e articulam a parte prática do estágio realizado, uma vez que faz referência ao sistema construtivo, nomeadamente as estruturas de betão armado dos edifícios que continua ainda a ser o mais requisitado em Portugal. Esses aspetos teóricos abordam fundamental os materiais que constituem os dois ingredientes principais – o betão e o aço – fazendo referência às suas propriedades e regulamentações que devem cumprir tanto para o seu fabrico como para a sua utilização. Para além destes elementos foi abordado o sistema que, de uma forma provisória sustenta as estruturas de betão armado enquanto estas não são autoportantes, nomeadamente o sistema de escoramento e cofragem. Os aspetos práticos referidos neste documento passam pela apresentação e descrição dos processos construtivos que foram realizados na empreitada durante o período de estágio. A empreitada geral é constituída por cinco edifícios na qual os mesmos se encontravam em fases construtivas diferentes contribuindo este facto a diversidade das aprendizagens retidas pelo estagiário. Durante o estágio o estagiário prestou apoio e desenvolveu diversas atividades no âmbito da equipa de fiscalização.

## ABSTRACT

**Keywords:** Concrete, Steel, Construction Process, Formwork, Concreting, Bracing.

This report has the objective to describe the activities carried out during the internship in a business environment at the Municipality of Valongo. During the internship period, starting in March 2022 and ended in March 2022, the trainee accompanied the construction of an iconic work – Oficina do Brinquedo Tradicional Português – in which is presented an aesthetic of the five constituent buildings/modules inspired in geometric shapes. This project is located at Rua das Escolas, in Alfena. This document addresses the theoretical background articulated with the practical part of the internship, since it refers to the building system, particularly reinforced concrete structures that is still the most required in Portugal. These theoretical aspects address the fundamental materials that constitute the two main ingredients – concrete and steel – referring to their properties and regulations that must comply with both their manufacture and use. In addition, it was studied the system that, in a provisional way, support the reinforced concrete structures namely the bracing and formwork system. The practical aspects are related to the constructive processes that were carried out in the internship phase. The construction works involved five buildings in different constructive phases, allowing the trainee to have different learning. During the internship, the trainee provided support to the construction works supervision team.

# ESTUDO E ACOMPANHAMENTO DA CONSTRUÇÃO E REQUALIFICAÇÃO DE OBRAS NO MUNICÍPIO DE VILA NOVA DE GAIA

STUDY AND MONITORING OF THE CONSTRUCTION AND REQUALIFICATION OF WORKS IN THE  
MUNICIPALITY OF VILA NOVA DE GAIA

**HUGO DANIEL MONTEIRO MARTINS**

81 páginas • 3 anexos  
81pages • 3 annexes

---

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Ângelo Manuel Jacob  
**Co-Orientador (Co-supervisor)** • Maria da Fátima Portela Moreira (ISEP)  
**Supervisor (Company supervisor)** • Luís Manuel Moreira Fernandes (Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia)

---



## RESUMO

**Palavras-chave:** Pavimentação, Construção, Reabilitação, Espaços Públicos, Equipamentos, Contenção, Demolição.

O presente relatório de estágio vem em função do estágio desenvolvido em ambiente empresarial, da unidade curricular DIPRE – Dissertação, Projeto e Relatório de Estágio. Este estágio realizado na Câmara Municipal de Gaia, nas divisões de Conceção e Construção de Vias e Espaços Públicos e Fiscalização de Empreitadas de Equipamentos, acompanhou vários projetos de intervenção no âmbito da reabilitação, requalificação e construção de vias, espaços públicos e de equipamentos municipais.

O presente documento aborda os aspetos teóricos relacionados com as diversas temáticas inerentes às divisões em que esteve inserido que sustentam e complementam a parte prática do estágio, visto que houve uma grande interação com movimento de terras, com pavimentação, com estruturas de contenção e também com demolições de muros. Nesta componente teórica, são descritos elementos e materiais utilizados na construção, procedimentos de construção e demolição, equipamentos utilizados nos vários trabalhos e apresentadas algumas vantagens e desvantagens das soluções descritas.

Nos aspetos mais práticos do documento, nomeadamente o caso de estudo, são descritos os vários projetos em que o aluno teve a oportunidade de participar e as atividades que realizou. Dos diferentes projetos, destacam-se três, o Quarteirão de Quebrantões em Oliveira do Douro, a Conservação de Muro de Suporte em Santa Marinha e a Construção do Pavilhão EB2/3 Santa Marinha em Santa Marinha. Nos dois primeiros projetos é realizado um breve enquadramento e são descritas as várias intervenções necessárias a realizar, as soluções estudadas e ainda os trabalhos propostos e com participação do aluno. No terceiro projeto, já numa vertente de fiscalização e acompanhamento de obra, é feito um acompanhamento em obra com a descrição dos trabalhos realizados e outros trabalhos realizados em gabinete.

## ABSTRACT

**Keywords:** Paving, Construction, Rehabilitation, Public Spaces, Equipment, Containment, Demolition.

The present internship report comes in function of the internship developed in a business environment, of the curricular unit DIPRE - Dissertation, Project, and Internship Report. This internship carried out in the City Council of Gaia, in the divisions of Design and Construction of Streets and Public Spaces and Equipment Contracts Supervision, followed several intervention projects in the scope of rehabilitation, requalification and construction of roads, public spaces and municipal equipment.

This document addresses the theoretical aspects related to the various themes inherent to the divisions in which it was inserted, which support and complement the practical part of the internship, since there was a great interaction with earthworks, paving, earth retaining structures and wall demolitions. In this theoretical component, elements and materials used in construction, construction and demolition procedures, and equipment used in the various works, are described, as well as some advantages and disadvantages of the solutions described are presented.

In the more practical aspects of the document, namely the case study, the various projects in which the student had the opportunity to participate and the activities he carried out are described. From the different projects, we highlight three, the Quebrantões Quarter in Oliveira do Douro, the Support Wall Conservation in Santa Marinha, and the Construction of the EB2/3 Santa Marinha Pavilion in Santa Marinha. In the first two projects a brief background is made and the several necessary interventions to be made are described, as well as the solutions studied, and the works proposed with the student's participation. In the third project, already in the aspect of supervision and monitoring of work, a monitoring was made on site with the description of the work done and other work done in the office.

# APLICAÇÃO DO MÉTODO FATORIAL A UM CASO DE ESTUDO E ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO

## APPLICATION OF THE FACTORIAL METHOD TO A CASE STUDY AND PREPARATION OF AN INSPECTION AND MAINTENANCE PLAN

**MARIA DE LURDES MARTINS PEREIRA**

131 páginas  
131 pages

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • José Manuel Martins Soares de Sousa

**Supervisor (Company supervisor)** • Nuno Miguel Tavares de Oliveira  
(TFP, Vinhos, S A)



### RESUMO

**Palavras-chave:** Durabilidade, Vida útil, Manutenção, Custos de Manutenção.

Num contexto em que construções antigas são alvo de intervenções profundas como reabilitações, há interesse em otimizar as soluções aplicadas para que sejam duráveis e economicamente rentáveis. Todos os elementos construtivos apresentam uma vida útil, que corresponde ao período de tempo em que estes servem as funções para que são projetados (fase de serviço) e onde devem ser aplicadas operações aos elementos que cumpram o objetivo de prolongar essa mesma vida útil. Há, portanto, a necessidade de implementar estratégias de intervenção que otimizem a vida útil de um edifício, após uma ação de reabilitação. Revela-se interessante pelo panorama de construção em Portugal, que apresenta muitas construções antigas e degradadas que aliando a reabilitação a operações de manutenção, se obteria um cenário próspero e economicamente sustentável. Neste sentido, a manutenção ganha uma dimensão importante na fase de exploração de um edifício. Se estiverem sistematizadas, num plano, todas as operações a realizar e as suas periodicidades, consegue-se a otimização desejada com custos controlados, que é a grande vantagem do processo, pois permite obter a melhor solução de custos associados à utilização dos edifícios. O presente relatório de estágio teve como objetivo o estudo da vida útil dos elementos fonte manutenção de um edifício reabilitado, recorrendo ao Método Fatorial e foi proposto um Plano de Inspeção e Manutenção (PIME) a ser implementado pela empresa que acolheu o estágio curricular de que trata este relatório, onde foram reunidas todas as operações consideradas relevantes para o bom desempenho dos elementos construtivos e respetivas periodicidades, recorrendo a pesquisa do estado da arte para a sua elaboração. Foi possível avaliar a durabilidade dos elementos construtivos, com base numa série de fatores, adaptados ao caso de estudo, que condicionam as suas vidas úteis, chegando aos valores das vidas úteis estimadas desses elementos. O Plano de Inspeção e Manutenção foi elaborado na medida de servir como base de apoio para ser adaptado às necessidades do edifício. Por fim, foi apresentado um estudo comparativo de custos associados às ações de manutenção, onde se verificou uma clara vantagem no controlo e avaliação dos custos, para se proceder à escolha da melhor solução.

### ABSTRACT

**Keywords:** Durability, Service Life, Maintenance, Maintenance Costs.

In a context where old buildings are the target of profound interventions such as rehabilitations, there is an interest in optimizing the solutions that are applied so that they are durable and cost-effective. All building elements have a service life, which corresponds to the period when they serve the functions for which they are designed (service phase) and where operations must be applied to the elements that achieve the goal of prolonging this same service life. There is, therefore, the need to implement intervention strategies that optimize the service life of a building after a rehabilitation action. It is interesting to consider the construction panorama in Portugal, which presents many old and deteriorated buildings, that by combining rehabilitation with maintenance operations, a prosperous and economically sustainable scenario would be obtained. In this sense, maintenance assumes an important dimension in the operational phase of a building. If all the operations to be performed and their periodicities are systematized in a plan, the desired optimization with controlled costs is achieved, which is the great advantage of the process, since it allows obtaining the best solution for costs associated with the use of buildings. The present report aimed to study the life cycle of the elements that will be source of maintenance actions of a rehabilitated building, using the Factorial Method. A Plan of Inspection and Maintenance was proposed to be implemented by the company that hosted the curricular internship that this report concerns, where all the operations considered relevant for the good performance of the constructive elements and their respective periodicities were gathered, using the state-of-the-art research for its elaboration. It was possible to evaluate the durability of the construction elements, based on a series of factors, adapted to the case of study, that condition their service lives, reaching the values of the estimated service lives of these elements. An Inspection and Maintenance Plan was elaborated to serve as a support basis to be adapted to the needs of the building. Finally, a comparative study of costs associated to maintenance actions was presented, where it was verified a clear advantage in the control and evaluation of costs, to proceed to the choice of the best solution.

# ANÁLISE E ESTUDO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO

ANALYSIS AND STUDY OF SUSTAINABILITY IN THE CONSTRUCTION OF A BUILDING

**ANA CATARINA RODRIGUES MOTA**

112 páginas • 1 anexo  
112 pages • 1 annex

**Orientador ISEP** (ISEP supervisor) • Carla Patrícia Lopes

**Supervisor** (Company supervisor) • José Alberto Alves



## RESUMO

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Sustentável, Metodologias de avaliação e Certificação, LIDERA, Sustentabilidade.

A indústria da construção é, atualmente, um dos setores com maior responsabilidade no aumento da poluição do planeta que, acelera por consequência, o surgimento das alterações climáticas. Isto deve-se ao consumo em grande escala de energia e de recursos necessários para o seu desenvolvimento. O conceito de desenvolvimento sustentável é um assunto que tem vindo a ser debatido e desenvolvido nos últimos 50 anos, em que a sua definição foi apresentada pelo Relatório Brundtland, que o define como sendo “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”. O aparecimento de metodologias de avaliação e certificação da sustentabilidade surge como necessidade, para que houvesse uma forma de controlar e avaliar os impactos negativos que a indústria da construção tem no planeta, desde a fase de projeto até à sua execução. O presente trabalho estuda e analisa os principais sistemas de avaliação e certificação existentes a nível nacional e internacional, mostrando a forma como é feita a avaliação em cada um deles. É aplicada a metodologia de avaliação LIDERA a um caso de estudo de um edifício que se encontra em fase de construção permitindo, deste modo, identificar e perceber as dificuldades associadas à sua realização num edifício que não se encontra finalizado, nem em utilização. Este trabalho pretende realçar a importância do uso das metodologias da avaliação e certificação na construção, de forma a reduzir os consumos energéticos e aumentar o conforto ambiental.

## ABSTRACT

**Keywords:** Sustainable Development, Assessment and Certification Methodologies, LIDERA, Sustainability.

The construction industry is currently one of the sectors most responsible for the increase in pollution on the planet, which consequently accelerates the emergence of climate change. This is due to the large-scale consumption of energy and resources necessary for its development. The concept of sustainable development is a subject that has been debated and developed over the last 50 years, in which its definition was presented by the Brundtland Report, which defines it as “that which meets the needs of the present without compromising the possibility of future generations to meet their own needs”. The emergence of sustainability assessment and certification methodologies emerges as a necessity, so that there was a way to control and assess the negative impacts that the construction industry has on the planet, from the design phase to its execution. The present work studies and analyses the main existing national and international assessment and certification systems, showing how the assessment is carried out in each of them. The LIDERA evaluation methodology is applied to a case study of a building in the construction phase, thus allowing to identify and understand the difficulties associated with its realization in a building that is not finished, nor in use. This work aims to highlight the importance of using assessment and certification methodologies in construction, to reduce energy consumption and increase environmental comfort.

# PROJETO DE ESTABILIDADE DE ESTRUTURAS METÁLICAS E DE BETÃO ARMADO

STABILITY PROJECT FOR METALLIC AND REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

**SARA CRISTINA DA SILVA RODRIGUES**

102 páginas • 2 anexos  
102 pages • 2 annexes

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Carlos Manuel da Silva Félix  
**Supervisor (Company supervisor)** • Tiago Sarmento Sabino Domingues  
(Eleven Steps Consultores de Engenharia, Lda)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Projeto, Estrutura metálica, Pavimento térreo industrial, Robot, RSA, Eurocódigos.

O presente relatório tem como objetivo principal apresentar dois dos projetos desenvolvidos no estágio curricular realizado na empresa Eleven Steps – Consultores de Engenharia Lda., que teve uma duração de seis meses, durante os quais a estudante integrou a equipa de projeto e desenvolveu projetos de estabilidade de estruturas metálicas e de betão armado. O trabalho que aqui se apresenta refere-se ao projeto de estabilidade de uma estrutura metálica, com cerca de 22m de altura, e de um pavimento térreo industrial de uma refinaria de açúcar. Ambos foram modelados através do software Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021. No presente relatório é apresentada toda a fundamentação teórica que serviu como base na definição das soluções estruturais dimensionadas. Realizou-se uma comparação entre o RSA e os Eurocódigos no dimensionamento das ações do vento e do sismo de modo a verificar qual destas normas é a mais condicionante no dimensionamento das soluções estruturais. Foi possível acompanhar todas as fases destes projetos de execução, desde a sua implantação até à definição da solução estrutural final e realização de peças desenhadas, utilizando os regulamentos nacionais e europeus, incluindo o RSA e os Eurocódigos. As peças desenhadas dos projetos de estabilidade realizados encontram-se na secção Anexos deste documento.

## ABSTRACT

**Keywords:** Project, Metallic structure, Industrial ground floor, Robot, RSA, Eurocodes.

The main objective of this report is to present two of the projects developed in the curricular internship carried out at the company Eleven Steps – Consultores de Engenharia Lda., which lasted six months, during which the student joined the project team and developed stability projects of metallic and reinforced concrete structures. The work presented here refers to the stability project of a metallic structure with about 22m high, and of an industrial ground floor of a sugar refinery. Both were modeled using Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021 software. This report presents all the theoretical foundations that served as a basis for defining the designed structural solutions. A comparison was made between the RSA and the Eurocodes in the design of wind and earthquake actions to verify which of these standards is the most conditioning in the design of structural solutions. It was possible to follow all the phases of these execution projects, from their implementation to the definition of the final structural solution and the realization of designed parts, using national and European regulations, including RSA and Eurocodes. Drawings of the stability projects carried out can be found in the Attachments section of this document.

# PROJETO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA DE UM EDIFÍCIO DE RESTAURAÇÃO

DESIGN OF A METALLIC STRUCTURE OF A RESTAURANT BUILDING

CAROLINA FERREIRA DA SILVA

92 páginas • 8 anexos  
92 pages • 8 annexes

**Orientador ISEP** (ISEP supervisor) • José Carlos de Almeida Gouveia Lello

**Supervisor** (Company supervisor) • José Rui Fontes dos Santos Paiva



## RESUMO

**Palavras-chave:** Projeto estrutural; Estruturas metálicas; Robot Structural Analysis; Ação da neve; Verificação de segurança.

A presente dissertação tem como base o trabalho desenvolvido na unidade curricular de DIPRE, que é integrante do 2º ano curricular do mestrado de Engenharia Civil, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

O trabalho desenvolvido consiste na análise de um projeto de estruturas metálicas de um edifício de restauração, situado em Bragança, uma das diversas obras da empresa Ferrumplus. O principal objetivo desta análise é identificar as principais diferenças em termos de dimensionamento e custos, entre o mesmo tipo de edifício, localizados em zonas diferentes presentes na NP EN 1991-1-3, tendo em consideração o impacto possível da ação da neve.

Serão abordados temas relacionados com o projeto de estruturas metálicas como propriedades do aço estrutural, ações constituintes e combinações, modelação da estrutura recorrendo a um programa automático (Robot Structural Analysis), pré-dimensionamento, verificações de segurança e dimensionamento dos elementos constituintes, tendo como base de estudo as normas em vigor em Portugal.

## ABSTRACT

**Keywords:** Structural design; Steel structures; Robot Structural Analysis; Snow Load; Safety inspection.

This dissertation aims to present the work developed in the curricular unit of DIPRE, which is part of the 2<sup>nd</sup> curricular year of the master's degree in Civil Engineering of the Instituto Superior de Engenharia do Porto.

The work developed consists of an analysis of a steel structural project of a catering industry building, located in Bragança, which is one of several works of the company Ferrumplus. The main purpose of this analysis is to underline the differences in terms of design and costs between the same catering buildings, based on different locations present on NP EN 1991-1-3, taking into account the impact that the snow load could potentially have.

During this analysis, several aspects related to the design of steel structures will be addressed, such as: structural steel properties, loads and loads combinations, structural modeling using an automatic calculation software (Robot Structural Analysis), pre-design, design and safety inspection of the constituent elements, all of these in accordance with the current Portuguese regulations.

# ACOMPANHAMENTO DE PROJETOS DE ESTRUTURAS: MODELAÇÃO, CÁLCULO E PEÇAS DESENHADAS

FOLLOW-UP OF STRUCTURAL PROJECTS: MODELING, CALCULATION AND DRAWINGS

**LUÍS MANUEL MOREIRA MAGALHÃES**

122 páginas • 2 anexos  
122 pages • 2 annexes

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • José Carlos de Almeida Gouveia Lello  
**Supervisor (Company supervisor)** • João Filipe Pires Esteves (CCAD – Serviços de Engenharia, Lda)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Estrutura, Projeto, Edifícios, Estágio.

O presente relatório foi escrito com o principal objetivo de descrever os trabalhos desenvolvidos durante o período do estágio curricular enquadrado no plano de estudos do 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil, do Instituto Superior de Engenharia do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. O estágio decorreu, ao longo de seis meses, na empresa CCAD – Serviço de Engenharia, Lda. O estudante integrou numa equipa de projetos com o intuito de desenvolver competências ao nível da modelação e cálculo, através do acompanhamento de projetos de estruturas de betão armado e estruturas metálicas. Finalmente, este relatório caracteriza alguns dos trabalhos realizados durante o estágio, sustentados pela aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico do estudante.

## ABSTRACT

**Keywords:** Structures, Projects, Buildings, Internship.

This report was written with the main objective of describing the work developed during the curricular internship framed in the study plan of the 2<sup>nd</sup> year of the Master's degree in Civil Engineering of the Instituto Superior de Engenharia do Porto to obtain the degree of Master in Civil Engineering. The internship took place over six months at the company CCAD – Serviço de Engenharia, Lda. The student was part of a project team with the aim of developing skills in modeling and calculation, through the monitoring of projects of reinforced concrete structures and metallic structures. Finally, this report characterizes some of the work carried out during the internship, supported by the application of the knowledge acquired during the student's academic career.

# CONSTRUÇÃO MODULAR: CONTROLO DE PRAZOS E ESTUDO DE RENTABILIDADE

MODULAR CONSTRUCTION: SCHEDULING CONTROL AND PROFITABILITY STUDY

**CLÁUDIO DANIEL MIRANDA MARTINS**

90 páginas • 10 anexos  
90 pages • 10 annexes

**Orientador ISEP** (ISEP supervisor) • Jaime António Pires Gabriel Silva  
**Supervisor** (Company supervisor) • José Manuel Nogueira da Costa (DST, S.A.)  
• Catarina Magalhães Mendes (DST, S.A.)

**dstgroup**  
building culture

## RESUMO

**Palavras-chave:** Casas de banho modulares, monoblocos, controlo de prazos, rendimentos.

O presente trabalho realizou-se no âmbito da unidade curricular de DIPRE, para satisfação integral dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil, no ramo de Gestão da Construção. A tese foi desenvolvida através de um estágio em ambiente empresarial, com o tema “Construção Modular: Controlo de Prazos e Estudo de Rentabilidade”, na empresa DST, s.a., onde foi possível acompanhar a obra Smart Studios Asprela. O estágio teve como objetivo principal as diversas atividades associadas à Direção de Obra, e em particular o acompanhamento e estudo da construção modular utilizada na obra em comparação com a construção tradicional. Para o edifício em questão recorreu-se à construção pré-fabricada de casas de banho, também denominados por monoblocos, procurando beneficiar dos expectáveis melhores prazos e rendimentos desta metodologia construtiva e verificar se são rentáveis comparativamente com as casas de banho construídas recorrendo à metodologia tradicional. Assim sendo, ao longo do estágio foram acompanhadas e cronometradas as atividades de descargas e de pós-descarga dos monoblocos, bem como foram controladas e registadas as anomalias existentes em cada monobloco que chegava à obra. Da mesma forma foi feito um controlo diário da execução das atividades sequenciais para as casas de banho construídas em obra e, partindo dos resultados registados, foram calculados os elementos de estudo do presente trabalho. Por fim, pretende-se com este trabalho apresentar a experiência e conhecimentos adquiridos durante o estágio curricular.

## ABSTRACT

**Keywords:** Modular bathrooms, monoblocs, scheduling control, work efficiency.

The present work was carried out within the scope of the DIPRE curricular unit, to fully satisfy the requirements of the Master's degree in Civil Engineering, in the field of Construction Management. The thesis was developed in a business environment, with the theme “Modular Construction: Deadline Control and Study of Work Efficiency”, at the company DST, s.a., where it was possible to follow the construction of Smart Studios Asprela. The internship had, as main goal, the different activities related to managing project and with the monitoring and study of the modular construction used in the construction compared to the traditional methodology. For the building in question was used the prefabricated construction of bathrooms, also known as monoblocs, seeking to benefit from the expected better scheduling and work efficiency of this constructive methodology and to verify if they are profitable compared to the bathrooms built under the traditional methodology. Therefore, throughout the internship, the unloading and post-unloading activities of the monoblocs were monitored and timed, as well as the anomalies existing in each one that arrived at the construction site. In the same way, a daily control was carried out on the execution of the activities for the ones built on site and based on the recorded results, the study elements of this work were calculated. Finally, this work intends to present the experience and knowledge acquired during the curricular internship.

# DIREÇÃO E GESTÃO DE OBRA: CONTROLO DE PRODUÇÃO DE SUBEMPREENHEIROS

CONSTRUCTION WORKS MANAGEMENT: PRODUCTION CONTROL OF SUBCONTRACTORS

JÚLIO ANDRÉ DA SILVA TAVARES

72 páginas • 9 anexos  
72 pages • 9 annexes

**Orientador ISEP** (ISEP supervisor)

• Jaime António Pires Gabriel Silva

**Supervisor** (Company supervisor)

• José Manuel Nogueira da Costa (DST, S.A.)  
• Catarina Magalhães Mendes (DST, S.A.)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Direção de Obra; Gestão; Controlo; Produção; Subempreiteiros; Excel.

O presente relatório resulta do estágio curricular realizado na empresa Domingos da Silva Teixeira, S.A., que decorreu no âmbito da unidade curricular de DIPRE, e tem como principal objetivo relatar as atividades realizadas e os conhecimentos adquiridos com este trabalho. Durante o período de estágio foi possível acompanhar os trabalhos de execução do empreendimento Smart Studios Asprela, edifício residencial de *coliving*, e compreender quais as atividades de controlo e gestão de obra desenvolvidas, quotidianamente, pela equipa de direção de obra.

O setor da construção civil é um meio sujeito a uma competitividade elevada e que se encontra em constante evolução, quer a nível de métodos construtivos como a nível de metodologias que visam apurar a precisão com que é feita a gestão e controlo de um empreendimento. As empresas procuram continuamente a melhoria dos seus processos de gestão e controlo com o objetivo de minimizar desperdícios de custos e tempo que representam menores valias para as mesmas. No contexto da obra atrás referida, foram efetuados balizamentos semanais dos trabalhos executados pelos subempreiteiros envolvidos na construção dos quartos dos diferentes pisos da residência estudantil. A informação recolhida em obra é, posteriormente, transferida para uma folha de cálculo, no software Excel, que fornece dados que permitem à direção de obra avaliar o desempenho dos subempreiteiros a nível de produção e rendimento semanal, comparando a quantidade de trabalho realmente concretizado com o que estava previsto no planeamento inicial e fazendo projeções sobre o desenvolvimento futuro das atividades. Com o auxílio desta ferramenta a direção de obra consegue elevar o rigor do controlo das suas subempreitadas, tomando medidas corretivas de forma atempada, quando necessário.

## ABSTRACT

**Keywords:** Construction Management; Management; Control; Production; Subcontractors; Excel.

This report is a result of the curricular internship carried out at Domingos da Silva Teixeira, S.A., under the DIPRE curricular unit program. Its main goal is to report the activities executed and the knowledge acquired with this work. During the internship, it was possible to follow the execution works of the Smart Studios Asprela development, a residential coliving building, and to understand the construction control and management activities developed daily by the construction management team. The construction sector is highly competitive and constantly evolves, both in terms of construction methods and in terms of methodologies that aim to improve the accuracy with which the management and control of a project are carried out. Companies are continuously seeking to improve their management and control processes to minimize cost and time waste that represent less value to them. In the context, weekly checks of the work done by the subcontractors involved in the construction of the rooms on the different floors of the student residence were carried out. The information collected on site is then transferred to a spreadsheet, in Excel software, which provides data that allows the site management to evaluate the performance of subcontractors in terms of production and weekly output. This is performed by comparing the amount of work completed with what was planned in the initial planning and making projections about the future development of activities. With the help of this tool, the site management can increase the accuracy of its subcontractors' control, taking corrective measures promptly, when necessary.

# APLICAÇÃO DA METODOLOGIA EARNED VALUE MANAGEMENT (EVM). CASO PRÁTICO: VIADUTO DE SANTO OVÍDIO

APPLICATION OF THE EARNED VALUE MANAGEMENT (EVM) METHODOLOGY. CASE STUDY: SANTO OVÍDIO VIADUCT

JOSÉ FILIPE BARBOSA PESSOA ALEIXO

93 páginas  
93 pages

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • José Carlos Castro Pinto de Faria  
**Co-Orientador (Co-supervisor)** • Manuel Luís Vila-Cova Tender (ISEP)  
**Supervisor (Company supervisor)** • Percy Alberto do Nascimento Hilário (FERROVIAL Construction)

**ferrovial**  
construction

## RESUMO

**Palavras-chave:** EVM, PMI, Gestão de Projetos, Gestão de Tempo, Gestão de Custos.

A Gestão de Projetos é uma ciência em desenvolvimento desde os primórdios da civilização e a sua correta aplicação determina o sucesso ou fracasso de um Projeto. Numa era onde a competitividade do setor da construção civil é cada vez maior, e os requisitos dos clientes aumentam exponencialmente derivado de uma expectativa que está intrinsecamente ligada ao desenvolvimento das técnicas de construção e do estado económico do país, cabe às organizações implementar técnicas e ferramentas que permitam acompanhar este desenvolvimento. O Earned Value Management (EVM) é uma das ferramentas que permite às organizações atingir o sucesso de um empreendimento, que é expectável por qualquer cliente desde a data de adjudicação até ao término do mesmo. Esta metodologia considerada pelo Project Management Institute (PMI) como uma mais-valia nos processos de monitorização e controlo, particularmente na Gestão de Tempo e Custos, é o objeto de foco do presente Relatório. Neste Relatório aborda-se o EVM, as suas métricas e os indicadores que esta ferramenta permite obter. Através destes indicadores é possível que as organizações avaliem a performance do Projeto e tomem medidas sempre que esta se encontre abaixo do desejável. Com o recurso a esta ferramenta foi feita a avaliação do Projeto do Viaduto de Santo Ovídio, obra inserida no empreendimento da Linha Amarela do Metro do Porto. Este empreendimento adjudicado ao Agrupamento Complementar de Empresas (ACE) constituído pela Ferrovial e pela Alberto Couto Alves foi onde se desenvolveu o estágio curricular que está na génese do Relatório. Como em qualquer obra, é imperativa a necessidade da organização efetuar um controlo de custo e tempo que permita identificar atempadamente qualquer desvio e aplicar as medidas necessárias para os mitigar. Os resultados apresentados são de teor académico e não poderão ser considerados como estado real do Projeto, no entanto, a sua análise demonstra a importância do uso do EVM num empreendimento desta envergadura.

## ABSTRACT

**Keywords:** EVM, PMI, Project Management, Time Management, Cost Management.

Project Management has been a developing science since the beginning of civilization and its correct application dictates the success or failure of a project. In an age where the competitiveness of the construction industry grows by the day and the requirements of clients increase exponentially due to the expectations that are directly connected to the development of new construction techniques and the economic state of the country. Therefore, it is up to organizations to implement techniques and tools that allow them to keep up with this development. The Earned Value Management (EVM) is a tool that allows organizations to achieve the success of a project, which is expected by any client since the bidding process to the Project delivery. This methodology considered by the Project Management Institute (PMI) has an added value in the monitoring and control processes, particularly in time and cost management, is the subject of study of this report. Throughout this Report, the Earned Value Management, its metrics, and indexes will be explained. Through the obtained indexes it is possible for organizations to evaluate the performance of the project and define strategies to improve its behavior. This tool will also be used to evaluate the Viaduto de Santo Ovídio which is part of the Project Linha Amarela from Metro do Porto. This Project has been allocated to the Joint-Venture Ferrovial and Alberto Couto Alves where the author of this report undertook his internship. Moreover, as in any other project, it is noted the added need of an effective time and cost control by the organization to identify as earlier as possible any deviation and implement corrective measures. Any result presented in this Report is purely academic and cannot be interpreted as the actual state of the project, however, its analysis will show the importance of the use of EVM in a project of this scale.

# PROPOSTA DE METODOLOGIA ORIENTADA PARA A GESTÃO DA INFORMAÇÃO DIGITAL COM RECURSO AO BIM

PROPOSAL FOR A METHODOLOGY ORIENTED TO THE MANAGEMENT OF DIGITAL INFORMATION  
USING BIM

**LUIZA MACIEL DE ASSUNÇÃO**

115 páginas • 5 anexos  
115 pages • 5 annexes

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • José Carlos Castro Pinto de Faria  
• Fernando da Costa de Sousa (ISEPBIM)  
**Supervisor (Company supervisor)** • José Manuel Martins Ferreira dos Santos  
(Garcia, Garcia)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Building Information Modeling, Gestão da Informação, Sistemas de Classificação, Automação, Setor AECO.

O setor da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) é uma das bases da economia global, no entanto apresenta um baixo crescimento de produtividade e, por isso, é necessária a implementação de soluções digitais para o seu desenvolvimento, para a melhoria da sua produtividade e para a otimização dos Projetos da construção. Na última década, este setor passou por mudanças substanciais impulsionadas pela digitalização, em que a metodologia BIM tem um papel central. O acrónimo BIM significa Building Information Modeling, mas para alguns autores, significa Building Information Management. Esta segunda definição enfatiza a importância da gestão da informação no setor AECO, uma vez que esta metodologia, para além de permitir simulações virtuais com modelos inteligentes, integra ferramentas e dados, que ao serem estruturados, organizados e analisados podem trazer diversos benefícios. O presente Relatório foi desenvolvido durante o Estágio Curricular na empresa Garcia, Garcia S.A. e pretende apresentar os principais conceitos e a importância da metodologia BIM, com ênfase na gestão da informação, bem como dos sistemas de classificação da informação da construção (CICS) e do uso de ferramentas de Business Intelligence (BI) no ambiente de Projeto. É proposta uma metodologia para a gestão da informação no âmbito do planeamento e da orçamentação de um Projeto, recorrendo a processos automatizados. A proposta é fundamentada na parametrização de objetos BIM e na utilização de dois métodos, como um conjunto de parâmetros e um CICS, para organizar a informação dos modelos BIM, e recorre à uma ferramenta BI para a apresentação e a análise da informação. A aplicação da metodologia a um caso de estudo permitiu a extração das quantidades de trabalho dos modelos, a conceção do Plano de Trabalhos da obra e a elaboração de relatórios interativos, que foram complementados com a visualização dos modelos tridimensionais através de um software baseado na metodologia BIM.

## ABSTRACT

**Keywords:** Building Information Modelling, Information Management, Classification Systems, AECO Industry.

The Architecture, Engineering, Construction, and Operation (AECO) industry is one of the bases of the global economy. However, it presents a low productivity growth and, therefore, the implementation of digital solutions is necessary for its development, for the improvement of its productivity and for the optimization of construction projects. In the last decade, this sector has undergone substantial changes driven by digitalization, in which BIM methodology plays a central role. The acronym BIM stands for Building Information Modeling, but, for some authors, it stands for Building Information Management. This second definition emphasizes the importance of information management in the AECO industry, since this methodology, in addition to allowing virtual simulations with intelligent models, integrates software and data, which, when structured, organized, and analyzed, can bring several benefits. This thesis was developed during the internship at Garcia, Garcia S.A. and aims to present BIM methodology's main concepts and importance, with emphasis on information management, as well as construction information classification systems (CICS) and the use of Business Intelligence (BI) tools in the project environment. In the context of scheduling and budgeting, it proposes a methodology for the information management of a project, using automated processes. The proposal is based on the parametric objects and the use of two methods, such as a set of parameters and a CICS, to organize the information of BIM models, using a BI tool for the presentation and analysis of information. The application of the methodology to a case study allowed for the extraction of the models' work quantities, the elaboration of the construction work schedule and the elaboration of interactive dashboards, which were complemented with the visualization of the 3D models through a software based on BIM methodology.

# CONTROLO DE QUANTIDADES, RENDIMENTOS, PRODUTIVIDADE E CONSUMOS NO ÂMBITO DA DIREÇÃO DE OBRA

CONTROL OF QUANTITIES, EFFICIENCY, PRODUCTIVITY AND CONSUMPTION WITHIN THE CONSTRUCTION WORKS MANAGEMENT

**AIRES ANTÓNIO PEREIRA FERREIRA DOS SANTOS**

76 páginas • 8 anexos  
76 pages • 8 annexes

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • José Carlos Casto Pinto de Faria  
**Supervisor (Company supervisor)** • Luís Alberto Melo Martins de Sousa  
(Telhabel Construções S.A)



## RESUMO

**Palavras-chave:** Direção de Obra, Produtividade, Rendimentos, Consumos e Perdas.

Portugal, bem como todos os países do mundo, desenvolvidos ou em desenvolvimento, requer e necessita de bons resultados no setor da construção, e para isso é fulcral uma boa gestão de cada obra. Esta gestão não é mais do que o estudo e implementação de estratégias, por parte da entidade executante, que permitam a execução dos trabalhos em obra da forma mais eficaz e, que permitam o maior ganho possível, quer em termos financeiros, quer em termos de prazo e qualidade dos trabalhos, gerindo com este propósito os recursos humanos, materiais e equipamentos, parte integrante de cada trabalho. Deste modo, o papel da Direção de Obra, enquanto membro integrador entre todas as entidades/fatores/elementos externos e a obra, torna-se crucial para que tudo esteja alinhado para um mesmo fim, que é a maximização da produtividade e rendimento dos trabalhos, a redução de custos e a entrega final da empreitada, objeto de um contrato, com a qualidade devida e dentro dos parâmetros dos projetos pretendidos. A Direção de Obra tem, também, a incumbência do acompanhamento do trabalho realizado, permitindo a análise da realização de diferentes tarefas em tempo real, observando as mesmas e recolhendo dados que possibilitem retirar as conclusões relativamente aos rendimentos dos trabalhos, consumos e perdas existentes, bem como a produtividade que se obtém ao longo do desenvolvimento da empreitada e de que maneira os resultados a influenciam, por forma a promover uma melhoria contínua dentro da empresa e melhorar os resultados nas próximas tarefas e de próximas empreitadas.

## ABSTRACT

**Keywords:** Site Management, Productivity, Efficiency, Consumption, Wastes.

Portugal, as well as all the countries of the world, developed or under developing, require and need good results in the construction sector, and for this, a good management of each work is essential. This management is nothing more than the study and implementation of strategies, by the executing entity, that allow the execution of the work on construction site in the most effective way, and that allow the greatest possible gain, whether, in financial terms or in terms of the time and quality of the work. For this purpose, it is necessary to manage human resources, materials, and equipment, which are an integral part of each job. Thus, the role of the Construction Management, as an integrating member between all entities/factors/external elements and the construction site, becomes crucial so that everything is aligned for the same purposes. These purposes are related to the maximization of productivity and efficiency of the work, the reduction of costs and the final delivery of the project, with the quality due and within the parameters of the projects as well as deadlines. It is also extremely important the task of monitoring the work carried out, allowing the analysis of the performance of different tasks in real time, observing them and collecting data. That make possible to draw conclusions regarding the efficiency of work and workers, consumption and wastes that exist, as well as the productivity that is obtained throughout the development of the project and how the results influence it. This will allow to promote continuous improvement within the company and improve results in upcoming tasks and upcoming projects.



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

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

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





# CIDADES INTELIGENTES E O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL: Impacto da tecnologia no Progresso dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

SMART CITIES AND SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT: Impact of technology on Progress towards the Sustainable Development Goals

JOSÉ DIOGO ALBUQUERQUE TRIGUEIROS SAMPAIO PIMENTEL

64 páginas • 1 anexo  
64 pages • 1 annex

Orientador ISEP (ISEP supervisor) • José Manuel Martins Soares de Sousa

## RESUMO

**Palavras-chave:** Cidade Inteligente; Tecnologia; Sustentabilidade Urbana; Objetivos do Desenvolvimento

As cidades, enquanto espaço agregador da humanidade, têm uma ponderação enorme no futuro da humanidade, do ponto de vista social, económico e ambiental. Nelas habita mais de metade da população mundial, são elas que consomem mais de dois terços dos recursos mundiais e da energia produzida, e são elas responsáveis pela grande percentagem das emissões de CO<sub>2</sub> deste planeta. Ao mesmo tempo, são também espaços de desenvolvimento económico e comércio, desenvolvimento tecnológico, inovação e conhecimento, cultura e decisão política. Considerando a relevância das cidades para a sustentabilidade do ambiente e da população, é então pertinente que se avalie que passos podem e devem ser tomados no sentido de progredir rumo a essa sustentabilidade. A aplicação de tecnologia e informação existente no ambiente urbano tem-se tornado uma ferramenta essencial para que as áreas urbanas possam entender e combater as suas dificuldades e problemas, ainda para mais à luz do que é globalmente reconhecido como prioritário para alcançar a sustentabilidade económica, social e ambiental. Dos sensores e equipamentos que recolhem informação e a analisam, passando pelas soluções de comunicação que aumentam a proximidade entre decisores políticos e cidadãos, até às aplicações que aumentam a independência dos cidadãos mais vulneráveis no seu dia a dia, todas as formas de tecnologia têm o potencial de apoiar e contribuir para um futuro urbano mais sustentável. Este uso de tecnologia torna as cidades mais inteligentes, criando uma cultura de decisão baseada em conhecimento e promovendo uma inovação focada no presente, sem comprometer o futuro. Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível estudar e conhecer as soluções tecnológicas existentes, a situações em que cada uma pode ser aplicada e os impactos que têm nos indicadores de sustentabilidade dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Percebe-se que, ainda que não sejam o único factor que influencia o progresso dos ODS num ambiente urbano, a transformação de uma cidade numa cidade inteligente é impulsionadora de resultados nesse âmbito, e que a tecnologia e a sustentabilidade se reforçam mutuamente.

## ABSTRACT

**Keywords:** Smart City; Technology; Urban Sustainability; Sustainable Development Goals.

Cities, as an aggregating space for humanity, have an enormous weight in the future of humanity, from a social, economic, and environmental point of view. More than half of the world's population lives in them, they consume more than two thirds of the world's resources and energy produced, and they are responsible for a large percentage of this planet's CO<sub>2</sub> emissions. At the same time, they are also spaces for economic development and trade, technological development, innovation and knowledge, culture, and political decision-making. Considering the importance of cities for the sustainability of the environment and the population, it is therefore pertinent to assess what steps can and should be taken to progress towards this sustainability. The application of existing technology and information in the urban environment has become an essential tool for urban areas to understand and address their difficulties and problems, even more considering what is globally recognized as a priority to achieve economic, social and environmental sustainability. From sensors and equipment that collect information and analyze it, through communication solutions that increase proximity between policy makers and citizens, to applications that increase the independence of the most vulnerable citizens in their daily lives, all forms of technology have the potential to support and contribute to a more sustainable urban future. This use of technology makes cities smarter, creating a culture of decision-making based on knowledge and promoting innovation focused on the present, without compromising the future. With the development of this work, it was possible to study and learn about the existing technological solutions, the situations in which each can be applied and the impacts they have on the sustainability indicators of the Sustainable Development Goals (SDGs). Although they are not the only factor that influences the progress of the SDGs in an urban environment, the transformation of a city into a smart city is a driver of results in this area, and that technology and sustainability are mutually reinforcing.

# REUTILIZAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA A FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO

REUSE OF SLUDGE FROM SEWAGE TREATMENT STATION FOR THE MANUFACTURE OF CONCRETE  
BLOCKS

THÉO FERREIRA REIS

83 páginas  
83 pages

**Orientador ISEP (ISEP  
supervisor)**

• Maria do Rosário Oliveira

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

• Maria da Luz Garcia (ISEP);  
• Liliane Frosini Armelin (UPM)

## RESUMO

**Palavras-chave:** Concreto; lodo; esgoto.

O setor da Engenharia Civil abrange diversas frentes de trabalho, principalmente a área da Construção Civil. Essa linha de trabalho apresenta com frequência aplicações inovadoras voltadas para diferentes disciplinas. Frente a isso, o presente estudo pretende avaliar a incorporação da matéria orgânica na produção do concreto convencional. Não apenas a inovação técnica, mas o trabalho apresenta objetivos ambientais, voltados ao reaproveitamento de lodo originado em Estações de Tratamento de Esgoto, que teriam como destino o aterro sanitário. O concreto convencional é composto por cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, água e, ocasionalmente, aditivos. O trabalho é destinado para a substituição parcial do agregado miúdo pelo lodo de esgoto. São abordadas as etapas de coleta do material, de sua preparação, da avaliação física de todas as substâncias e de ensaios de resistência e absorção aos produtos finais. Foram produzidos inicialmente corpos de prova cilíndricos para avaliar a qualidade do traço do concreto de acordo com os resultados de resistência a tração, resistência a compressão e absorção de água. Feito isso, foram elaborados os produtos finais: os blocos de concreto para pavimentação. Neles foram feitos os ensaios de resistência a compressão e absorção de água. As normas utilizadas para a orientação da preparação dos agregados e da realização dos ensaios foram normas brasileiras. Todavia, foram feitas comparações com as normas técnicas europeias para verificar se havia grandes discrepâncias entre as metodologias. Os resultados permitiram avaliar o impacto do lodo na mistura de concreto. Não apenas teve repercussões na trabalhabilidade da mistura, mas também nos valores de resistência. Como conclusão, os blocos produzidos não foram aprovados por conta da resistência exigida pela norma técnica.

## ABSTRACT

**Keywords:** Concrete; sludge; sewage.

The Civil Engineering sector encompasses several work fronts, mainly the Civil Construction area. This line of work often presents innovative applications aimed at different disciplines. In view of this, the present study intends to evaluate the incorporation of organic matter in the production of conventional concrete. Not only the technical innovation, but the work presents environmental objectives, aimed at the reuse of sludge originated in Sewage Treatment Stations, which would have as destination the sanitary landfill. Conventional concrete is composed of cement, fine aggregate, coarse aggregate, water, and occasionally additives. The work is intended for the partial replacement of the fine aggregate by sewage sludge. The stages of material collection, preparation, physical evaluation of all substances, and resistance and absorption tests of the final products are discussed. Cylindrical specimens were initially produced to evaluate the quality of the concrete trace according to the results of tensile strength, compressive strength, and water absorption. After that, the final products were prepared: the concrete blocks for paving. They were tested for compressive strength and water absorption. The standards used to guide the preparation of the aggregates and the performance of the tests were Brazilian standards. However, comparisons were made with European technical standards to verify if there were major discrepancies between the methodologies. The results made it possible to evaluate the impact of sludge on the concrete mixture. It not only had repercussions on the workability of the mixture, but also on the strength values. As a conclusion, the blocks produced were not approved due to the resistance required by the technical standard.

# EXPANSÃO DA LINHA AMARELA DO METRO DO PORTO: DIMENSIONAMENTO E OBSERVAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE TERRAS

EXPANSION OF THE YELLOW LINE OF THE PORTO METRO: DESIGN AND OBSERVATION OF EARTH  
RETAINING STRUCTURES

JOÃO CARLOS RIBEIRO MARTINS

113 páginas • 5 anexos  
113 pages • 5 annexes

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • José Filinto Castro Trigo

**Co-Orientador (ISEP Co-supervisor)** • José Cândido Gonçalves Freitas

## RESUMO

**Palavras-chave** Estruturas de contenção de terras; Expansão Linha Amarela Metro do Porto; RS2 – RocScience; Modelação numérica; Elementos finitos.

A Engenharia Civil, atualmente, atravessa uma fase de revolução tecnológica, onde a experiência e os métodos construtivos do passado aliam-se à inovação do presente, criando soluções com o objetivo de diminuir o custo e o tempo associado à execução de projetos e empreitadas. O presente trabalho debruça-se sobre estruturas do foro Geotécnico, cujo tema consiste no acompanhamento e análise da execução de uma estrutura de contenção de terras, inserida na Obra de Expansão da Linha Amarela do Metro do Porto, ao cargo do consórcio formado pelas empresas Ferroviária e ACA. Esta nova secção parte de Santo Ovídio em direção a Vila D'Este, alargando a rede de transportes públicos da cidade de Vila Nova de Gaia. O caso de estudo consiste numa cortina de estacas espaçadas, apoiada por ancoragens provisórias pré-esforçadas, com o propósito de permitir a execução de módulos de betão armado a céu aberto, que serão parte do acesso pedonal ao interior da nova Estação Manuel Leão – uma estrutura subterrânea, localizada no segmento de linha construído em túnel mineiro. Tendo em conta o projeto de execução deste caso de estudo, bem como as características geotécnicas aferidas durante os trabalhos de execução da cortina, foi possível modelar a estrutura, utilizando o programa de cálculo automático de elementos finitos da RocScience (RS2), permitindo analisar os dados obtidos e compará-los com os valores lidos a partir dos aparelhos de monitorização, instalados ao longo da área de intervenção da estrutura. O principal objetivo deste trabalho é comparar o comportamento da estrutura de contenção de terras, evidenciado no modelo numérico, com o seu comportamento real, registado na instrumentação instalada, procurando identificar as causas associadas às diferenças entre estes dois conjuntos de valores e calibrar este modelo numérico, ainda em fase de construção, aumentando a fiabilidade dos resultados fornecidos relativos a momentos de construção mais avançados.

## ABSTRACT

**Keywords:** Earth retaining walls; Yellow Line Expansion Metro do Porto; RS2 – RocScience; Numerical Modeling; Finite elements.

Civil Engineering is an area that is currently undergoing a phase of technological revolution, where the experience and construction methods of the past combine with the innovation of the present, creating new solutions with the aim of reducing the cost and time associated with projects and construction works. The present document focuses on Geotechnical structures, whose case study consists of the monitoring and analysis of a retaining wall execution, at the construction of the Yellow Line Expansion, whose owner is Metro do Porto and in charge of the construction is Ferroviária and ACA companies. This new section departs from Santo Ovídio towards Vila D'Este, expanding the public transport network in the city of Vila Nova de Gaia. The retaining wall is a curtain of spaced piles, supported by pre-stressed temporary anchors, with the purpose of allowing the execution of open-air reinforced concrete modules, which will be part of the pedestrian access to the interior of the new station Manuel Leão – an underground structure located on the line segment built by mining tunnel. Considering the execution project of this case study, as well as the geotechnical characteristics measured during the execution of the curtain, it was possible to modulate the structure using the automatic finite element calculation program - RS2, from RocScience, allowing the analysis of the data obtained and comparing them with the values read from the monitoring devices installed along the area of intervention of the construction. The main objective of this work is to compare the behavior of the earth retaining wall, shown in the numerical model, with its real behavior, registered in the installed instrumentation at the construction site, in order to identify the causes associated with the differences between these two sets of values and calibrate this numerical model, that is still under construction, increasing the reliability of the results provided for more further construction stages.

MODELOS DIGITAIS DE PONTES FERROVIÁRIAS: TECNOLOGIAS DE  
REALITY CAPTURE E MODELAÇÃO BIM

DIGITAL MODELS OF RAILWAY BRIDGES: REALITY CAPTURE TECHNOLOGIES AND BIM MODELING

ROGÉRIO LOPES OLIVEIRA

100 páginas • 4 anexos  
100 pages • 4 annexes

---

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Diogo Rodrigo Ferreira Ribeiro  
**Co-Orientador (Co-supervisor)** • Miguel Ângelo Dias Azenha (UM)  
• Ricardo Manuel Pereira Santos (ISEP)

---

## RESUMO

**Palavras-chave:** Infraestruturas de Transporte, Modelos Digitais, Reality Capture, Building Information Modelling.

Os transportes ferroviários são meios de locomoção altamente eficientes para transporte intraurbano e suburbano em países desenvolvidos ou em vias de desenvolvimento.

Milhões de pessoas em todo o mundo utilizam transportes ferroviários para viajar, seja na sua deslocação diária de trabalho, deslocação excepcional ou sazonal, por exemplo por lazer. O transporte de mercadorias pode também ser realizado por meio ferroviário, tendo inúmeras vantagens face a outros transportes terrestres, nomeadamente o transporte rodoviário. Por isso a importância da ferrovia no desenvolvimento económico e social das sociedades é clara, sendo fundamental manter a sua segurança.

Para manter os padrões de segurança ferroviária, entidades responsáveis fazem inspeções regulares para evitar possíveis acidentes devido à fadiga ou avarias das linhas ferroviárias, manter a normal conservação do estado da linha e corrigir o desgaste devido à exploração do serviço. Uma das ferramentas mais importantes e úteis para esta finalidade e que tem recebido muita atenção nos últimos anos, é a utilização de metodologias de sensores óticos associadas ao uso de veículos aéreos não tripulados. Assim, com a modelação da informação obtida com estas metodologias, é possível produzir modelos tridimensionais, com informação geométrica e semântica do corredor ferroviário, nomeadamente os elementos constituintes das linhas férreas (carris, travessas, laje de fundação da via, entre outros) e restantes infraestruturas associadas (catenária, guardas-corpos, sinalização, entre outros).

Esses modelos podem ser usados como base para fins de execução, planeamento, inspeção e monitorização. Para estudos, projetos de execução e planeamento um modelo realizado com recurso a metodologias baseadas em Building Information Modelling, pode oferecer uma melhoria económica em termos de prazos, erros e omissões e uma melhoria qualitativa em termos de produção de projeto e entrega de informação. As vantagens da utilização de modelos 3D para inspeção e monitorização assente na utilização de metodologias de Reality Capture incluem a identificação de distorções e deformações de trilhos, medição de folgas de gabaritos por simulação de trânsito de vários veículos ao longo da rota, resposta rápida a problemas com a via e a criação de um histórico de dados atualizado para manutenção e registo de ocorrências em ferrovias.

## ABSTRACT

**Keywords:** Transport Infrastructures, Digital Models, Reality Capture, Building Information Modelling.

Rail transport is a highly efficient means of transportation for intra-urban and suburban transport in developed and under developing countries. Millions of people all over the world use rail transport to travel, whether on their daily commute for work, exceptional or seasonal travel, for example for leisure. The transport of goods can also be carried out by rail transport, having numerous advantages compared to other land transport, namely road transport. Therefore, the importance of the railway infrastructure in the economic and social development of societies is clear, and it is essential to maintain its safety. To maintain railway safety standards, stakeholders carry out regular inspections to avoid possible accidents due to fatigue or damage to railway lines, maintain the normal condition of the line and correct wear and tear due to operating of the service. One of the most important and useful tools for this purpose, which has received a lot of attention in recent years, is the application of optical sensor methodologies associated with the use of unmanned aerial vehicles. Thus, with the modelling of the information obtained from these methodologies, it is possible to produce three-dimensional models, with geometric and semantic information of the railway corridor, namely the railway lines (rails, sleepers, track foundation slab, among others) and other associated infrastructures (catenary, guardrails, signaling, among others). These models can be used as a basis for execution, planning, inspection, and monitoring purposes. For studies, execution and planning projects, a model made using methodologies based on Building Information Modelling, can offer an economic improvement in terms of deadline abidance or reduction, errors and omissions and a qualitative improvement in terms of project production and information delivery. The advantages of using 3D models for inspection and monitoring based on the use of Reality Capture methodologies include the identification of distortions and deformations of tracks, measurement of clearances of templates by simulating the traffic of several vehicles along the route, quick response to problems on the track and creating an up-to-date data history for infrastructure maintenance and even recording.

# MEMBRANAS TENSIONADAS LEVES: PROJETO DA ESTRUTURA DE MEMBRANA TENSIONADA NO ANFITEATRO DO JARDIM MUNICIPAL DE FERREIRA DO ALENTEJO

LIGHT TENSIONED MEMBRANES: PROJECT OF THE TENSIONED MEMBRANE STRUCTURE IN THE AMPHITHEATER OF THE MUNICIPAL GARDEN OF FERREIRA DO ALENTEJO

MICAEL JOSÉ CORREIA COSTA

138 páginas • 1 anexo  
138 pages • 1 annex

Orientador ISEP (ISEP supervisor)

• Rodrigo Esmeriz Falcão Moreira

## RESUMO

**Palavras-chave:** Estruturas em membrana tensionada, Form-finding, Análise Não-Linear, Computational Fluid Dynamics (CFD).

As estruturas de membrana tensionada são o conceito estrutural mais antigo da humanidade. De facto, é possível encontrar estruturas tensionadas em quase tudo no dia-a-dia. Apesar da reduzida informação e falta de regulamentação disponível, têm vindo a acontecer vários avanços no conhecimento desta técnica. Estas estruturas, quando comparadas com as estruturas tradicionais, manifestam um elevado interesse natural ecológico dado que a membrana é 100% reciclável, são energeticamente mais eficientes, apresentam maior mobilidade e menor necessidade de material para vencer grandes vãos, para além de ser uma técnica que deriva essencialmente de fenómenos físicos presentes na natureza. Por exigirem técnicas e tecnologias de construção complexas, assim como regulamentação que conduza o seu dimensionamento, o conhecimento sobre como projetar estas estruturas está limitado a um número relativamente pequeno de especialistas e fabricantes. O alargamento do conhecimento no âmbito das estruturas tensionadas permitirá maior acessibilidade aos projetistas e um aumento do número de aplicações desta técnica construtiva. Através da aplicação de um caso prático, onde serão indicados os passos chave no dimensionamento de uma estrutura de membrana tensionada, o presente trabalho tem como objetivo sintetizar a informação atual no conhecimento desta técnica, em particular sobre o método CFD para quantificação da ação do vento, permitindo assim orientar trabalhos futuros. Como base introdutória, são apresentados os enquadramentos legal e histórico da técnica, desde a sua origem até à atualidade, assim como os conceitos envolvidos de Arquitetura e Engenharia. São também abordados os critérios de segurança aplicáveis, ações de projeto, e ensaios de caracterização dos materiais.

## ABSTRACT

**Keywords:** Tensioned membrane structures, Form-finding, Non-linear Analysis, Computational Fluid Dynamics (CFD).

Tensioned membrane structures are mankind's oldest structural concept. In fact, tensioned structures can be found in almost everything in everyday life. Despite the limited information and lack of available regulations, there have been several advances in the knowledge of this technique. These structures, when compared to traditional structures, manifest a high natural ecological interest since the membrane is 100% recyclable, they are more energy efficient, have greater mobility and less need for material to overcome large spans, besides being a technique that derives mainly from physical phenomena present in nature. Because they require complex construction techniques and technologies, as well as regulations governing their design, knowledge about how to design these structures is limited to a relatively small number of specialists and manufacturers. The broadening of knowledge in the field of tensioned structures will allow greater accessibility for designers and an increase in the number of applications of this construction technique. Through the application of a practical case, where the key steps in the design of a tensioned membrane structure will be indicated, this paper aims to synthesize the current information in the knowledge of this technique, in particular about the CFD method for quantification of the wind action, thus allowing to guide future works. As an introductory basis, the legal and historical frameworks of the technique are presented, since its origin until today, as well as the concepts involved from Architecture and Engineering. The applicable safety criteria, design actions, and material characterization tests are also addressed.

# PROJETO DE ESTABILIDADE DE UM EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

## STABILITY PROJECT FOR A SINGLE-FAMILY BUILDING

MALO MAIA GOMES

103 páginas • 1 anexo  
103 pages • 1 annex

Orientador ISEP (ISEP supervisor) • Isabel Maria Alvim Teles

### RESUMO

**Palavras-chave:** projeto de estabilidade, Robot Structural Analysis, Eurocódigos.

O presente documento é referente à realização de um projeto de estabilidade estrutural em betão armado, no âmbito da disciplina DIPRE. A escolha deste tema teve como objetivo aplicar conhecimentos adquiridos ao longo da licenciatura de engenharia civil, especialmente os obtidos nas unidades curriculares referentes ao ramo de estruturas. Para além disso, pretendeu-se o estudo e a utilização de programas informáticos de cálculo de estruturas que permitissem a aquisição de competências que se esperam úteis no desenvolvimento da atividade profissional. O projeto desenvolvido refere-se a um projeto de estabilidade de um edifício de dois andares elevados e um piso térreo situada em Felgueiras no distrito do Porto. Foi efetuado recorrendo às funcionalidades do programa de cálculo Robot Structural Analysis Professional, a folhas de cálculo automáticas e sob orientação da Engenheira Isabel Maria Alvim Teles. Com este projeto pretendeu-se seguir todas as fases de execução de um projeto de estabilidade, desde a análise da arquitetura até à elaboração das peças desenhadas, utilizando os regulamentos nacionais e europeus, nomeadamente os Eurocódigos.

### ABSTRACT

**Keywords:** stability project, Robot Structural Analysis, Eurocodes.

The present document refers to the realization of a reinforced concrete structural design, in the subject of DIPRE. The choice of this theme had the purpose of applying knowledge acquired during the academic degree of civil engineering, especially those obtained in the curricular units regarding structural stability. In addition, it's intended the study and use of software for structure calculations that will allow the acquisition of skills expected to be useful during the professional activity. The project refers to a structural stability project of a two stories building with a basement located in Felgueiras, Porto district. It was achieved by using software such as Robot Structural Analysis, to automatic spreadsheets and under the guidance of Engineer Isabel Maria Alvim Teles. The aim of this project was to follow all the stages of execution of a stability project, since the architecture analysis to the elaboration of the final drawings, using national and European regulations, as Eurocodes.

# PROJETO DE ESTABILIDADE DE UM EDIFÍCIO

## STABILITY PROJECT OF A BUILDING

**ARTUR DANIEL MONTEIRO MAGALHÃES**

100 páginas • 5 anexos  
100 pages • 5 annexes

---

**Orientador ISEP (ISEP supervisor)** • Isabel Maria Alvim Teles

---

### RESUMO

**Palavras-chave:** Projeto de Estabilidade, Robot Sctrutural Analysis, REBAP, Eurocódigos.

O presente documento é referente à realização de um projeto de estabilidade estrutural em betão armado, no âmbito da disciplina DIPRE (Dissertação/ Projeto / Estágio). O trabalho desenvolvido refere-se a um projeto de estabilidade destinado às futuras instalações da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras do Instituto Politécnico do Porto, localizados em Felgueiras, distrito do Porto, com acessos principais pela Rua Júlio Dinis, pela Rua do Curral e pela Rua Dr. Miguel Bacelar. A escolha deste tema teve como objetivo a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico do curso de Engenharia Civil, particularmente os obtidos nas unidades curriculares referentes ao ramo de estruturas. Para complementar esses conhecimentos, e mesmo alargá-los adquirindo novas competências, recorreu-se ao programa de cálculo de elementos finitos Robot Structural Analysis Professional e folhas de excel pertencentes ao gabinete de projetos Adão da Fonseca – Engenheiros Consultores, LDA., sob orientação da Engenheira Isabel Maria Alvim Teles. Com este projeto pretendeu-se encaixar todas as fases de execução de um projeto de estabilidade, desde a análise da arquitetura até à elaboração das peças desenhadas, utilizando os regulamentos nacionais e europeus, nomeadamente o REBAP e os Eurocódigo associados à elaboração de um projeto de estruturas. As peças desenhadas constituintes do projeto de estabilidade estão apresentadas na secção Anexos.

### ABSTRACT

**Keywords:** Stability project, Robot Structural Analysis, REBAP, Eurocodes.

This document refers to the development of a structural stability project in reinforced concrete, as part of the discipline DIPRE (Dissertation / Project / Internship). The work developed refers to a stability project for the future facilities of the Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Felgueiras of the Instituto Politécnico do Porto, located in Felgueiras, Porto, with main accesses by Rua Júlio Dinis, Rua do Curral and Rua Dr. Miguel Bacelar. The choice of this subject had as objective the application of the knowledge acquired throughout the academic path of the Civil Engineering course, particularly those obtained in the curricular units referring to the structures branch. To complement this knowledge, and even to extend it by acquiring new skills, it was used the Robot Structural Analysis Professional software and excel sheets which belong to the project office Adão da Fonseca - Engenheiros Consultores, LDA., under the orientation of the Engineer Isabel Maria Alvim Teles. This project aimed to cover all the stages of the execution of a stability project, from architectural analysis to the execution of the drawings, using the national and European regulations, namely the REBAP and the Eurocode associated with the development of a structural project. The drawings of the stability project are presented in the Annexes section.

# DETEÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE DANO EM RODAS DE VEÍCULOS FERROVIÁRIOS BASEADA NA RESPOSTA DINÂMICA INDUZIDA PELO VEÍCULO NA VIA

DETECTION AND IDENTIFICATION OF DAMAGE IN RAILWAY VEHICLE WHEELS BASED ON THE DYNAMIC RESPONSE INDUCED BY THE VEHICLE ON THE TRACK

**ANTÓNIO MIGUEL CARVALHO GUEDES**

114 páginas  
114 pages

---

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

**Co-orientador** (Co-supervisor) • Pedro Aires Moreira Montenegro (FEUP)  
• Andreia Gomes Meixedo (FEUP)

---

## RESUMO

**Palavras-chave:** Detecção e Identificação de danos; veículo ferroviário; Laagrss; respostas dinâmicas; sensores; sistema de monitorização Wayside; poligonização nas rodas.

A presente dissertação foca-se no desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de deteção e identificação de danos nas rodas de um veículo ferroviário de mercadorias do tipo Laagrss, baseada em respostas dinâmicas induzidas por este na via. Foi adotado o sistema de monitorização Wayside composto por um conjunto de sensores instalados nos carris da via-férrea, em que a identificação do dano nas rodas estabelece-se por um processo indireto. Foi dado especial ênfase à deteção e identificação de anomalias relacionadas com imperfeições na circularidade das rodas, denominadas de poligonização. O conjunto de dados representativo das condições das rodas foi adquirido com o recurso a modelos numéricos de interação entre o veículo e a via considerando diferentes cenários. Assente num método não supervisionado e remoto, foi aplicado neste trabalho uma metodologia de monitorização da condição das rodas do veículo ferroviário, com recurso a técnicas de análise e tratamento de dados multivariados baseadas em inteligência artificial. Foi realizada a extração de indicadores sensíveis ao efeito da poligonização nas rodas com recurso a modelos autorregressivos (AR) e autorregressivos com entradas exógenas (ARX), análises de componentes principais (PCA) e transformadas wavelet (CWT). Posteriormente, foram utilizadas técnicas de normalização de dados em relação a fatores ambientais e operacionais (baseados em PCA). Finalmente, foram desenvolvidas e aplicado técnicas de classificação de dados capazes de distinguir estados com e sem dano baseadas em análises Outliers e análise de Clusters para identificação da severidade do dano. A metodologia prova ser eficaz na deteção do dano com resultados bastante satisfatórios, relativamente à identificação da severidade são verificadas algumas falhas.

## ABSTRACT

**Keywords:** Damage detection and identification; railway vehicle; Laagrss; dynamic responses; sensors; Wayside monitoring system; wheel polygonization.

This dissertation focuses on the development and application of a methodology for wheel damage detection and identification of a Laagrss type rail freight vehicle, based on dynamic responses induced on the track. A Wayside monitoring system was adopted, consisting of a set of sensors installed on the track rails, where wheel damage identification is established by an indirect process. Special emphasis was given to the detection and identification of anomalies related to imperfections in the circularity of the wheels, called polygonization. The data set representative of the wheel conditions was acquired using numerical models of interaction between the vehicle and the track considering different scenarios. Based on an unsupervised and remote method, a methodology for monitoring the condition of the railway vehicle wheels was applied in this work, using multivariate data analysis and processing techniques based on artificial intelligence. The extraction of features sensitive to the effect of wheel polygonization was performed using autoregressive (AR) and autoregressive models with exogenous inputs (ARX), principal component analysis (PCA) and wavelet transforms (CWT). Subsequently, data normalization techniques were used in relation to environmental and operational factors (based on PCA). Finally, data classification techniques capable of distinguishing states with and without damage based on Outlier analysis and Cluster analysis were developed and applied to identify damage severity. The methodology proves to be effective in detecting the damage with very satisfactory results. Regarding the identification of the severity, some flaws are verified.

# MOBILIDADE AÉREA AVANÇADA: Proposta para a Região Metropolitana de São Paulo- RMSP

ADVANCED AIR MOBILITY: Proposal for the Metropolitan Region of São Paulo - RMSP

**MANUELLA ANGÉLICA DE PAULA SILVA**

99 páginas  
99 pages

**Orientador ISEP** (ISEP supervisor)

• Ângelo Manuel Jacob

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

• Oswaldo Sansone Rodrigues Filho (UPM)

## RESUMO

**Palavras-chave:** eVTOL, Mobilidade Aérea, Infraestrutura Aeroportuária

A presente dissertação encontra-se inserida no âmbito da unidade curricular DIPRE – dissertação/projeto/estágio, relativo ao Mestrado em Engenharia Civil, ramo de gestão da construção, do Instituto Superior de Engenharia do Porto. A dissertação foi desenvolvida ao longo do ano letivo 2021/2022, no âmbito da preparação dos aeroportos para a mobilidade aérea avançada. Propõe-se nesta dissertação primeiramente os conceitos iniciais da mobilidade aérea avançada, bem como a preparação já existente e os desafios que ainda estão por vir do recebimento aeroportuário para esta mobilidade. Sugere-se a definição dos conceitos do eVTOL; as diferenças do eVTOL com outros modais; o atual tráfego aéreo, a infraestrutura aeroportuária, bem como a finalidade do eVTOL no âmbito de impacto ambiental; os desafios futuros; as empresas envolvidas na projeção de protótipos e fabricação de eVTOLs, e ainda os diferentes modelos de negócios. A dissertação apresenta ainda um estudo de caso, no qual aborda primeiramente o contexto em que a cidade de São Paulo está caracterizada no aspecto socioeconômico, seguido pela realização do levantamento quantitativo da possível operação do eVTOL na cidade de São Paulo, além da identificação dos centros geradores de tráfego na região metropolitana, horário de pico de voos internacionais, identificação dos sítios candidatos e, por fim, uma conclusão proposta deste estudo, sugerindo, assim, um modelo de configuração para um pátio de aeronaves no contexto da cidade de São Paulo. Desta forma, a pesquisa apresenta o interesse na UAM - mobilidade aérea urbana, que cresce, exponencialmente, nos últimos cinco anos, mas ainda permanecem questões significativas e desenvolvimentos futuros que devem ser explorados. Questões que exemplificam o quão inovador e desafiador é este tema da implementação da mobilidade aérea avançada. Por fim, conclui-se a dissertação atendendo aos objetivos propostos, com o intuito de oferecer informações para futuros progressos e acompanhamentos dos avanços tecnológicos, além de ressaltar a importância dos órgãos públicos que devem concentrar em aumentar a conscientização pública e máxima aceitação social.

## ABSTRACT

**Keywords:** eVTOL, Air Mobility, Airport Infrastructure.

This dissertation is part of the curricular unit DIPRE – dissertation/project/internship related to the master's in civil engineering, branch of construction management, of the Instituto Superior de Engenharia do Porto. The dissertation was developed during the academic year 2021/2022, within the scope of preparing airports for advanced air mobility. It is proposed in this introduction the initial concepts of advanced air mobility, such as the already existing preparation and the challenges that are yet to come from the airport reception. The definition of eVTOL concepts is suggested; the differences between eVTOL and other modes; the air, the airport infrastructure, as well as the purpose of eVTOL without reaching environmental impact; future challenges; Projected and planned business OL companies such as eVTOL construction companies still the business models. The dissertation also presents a case study entitled as a “realization proposal for the choice of site for the eVTOL in the city”, where the realization of the city of São Paulo is performed in the context of the socioecological aspect operation, followed by the realization of the peak load in the region and end of the conclusion of the operation of the possible study OL in the city of São Paulo. Also, the identification of the region of the international flights agenda, identification of the candidate sites of the proposal of this study, thus suggesting a Configuration of an aircraft apron in the context of the city of São Paulo. This way the research presents interest in UAM that has grown exponentially over the last five years, but there are still significant questions and future developments that should be explored. Questions that exemplify how advanced and challenging this topic of implementing advanced air mobility is. Finally, the follow-up dissertation is concluded and the proposed objectives, to provide information for future objectives and in addition to technological advances, address the importance of public bodies that must focus on increasing public awareness and maximum social importance.

# ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA

## WATER TANK ANALYSIS AND DESIGN

TIAGO ANDRÉ PEREIRA SANTOS

53 páginas • 4 anexos  
53 pages • 4 annexes

Orientador ISEP (ISEP supervisor) • Tiago Sarmento Sabino Domingues

### RESUMO

**Palavras-chave:** Dimensionamento estrutural; Robot Structural Analysis.

O presente relatório insere-se num projeto de dimensionamento de um reservatório de água, cuja empreitada é designada por “Ampliação da Bombagem, parte da Estação de Tratamento de Água e parte da Rede de Distribuição de Água da Vila do Songo”. A intervenção a realizar no designado Reservatório de Pousada – Gove consta, basicamente, num reservatório de 2 células retangulares em Betão Armado, com funcionamento hidráulico independente, cada uma com dimensões interiores de 9.0x6.85m<sup>2</sup> e pé-direito de 4.30m, e na sua continuação, um pequeno edifício com funções de câmara de manobras. Este documento descreve geometricamente a intervenção a realizar, os critérios de cálculo, os dimensionamentos dos principais elementos estruturais, os materiais a serem usados na construção e as normas seguidas. Apresentam-se, nas peças desenhadas, plantas com a implantação dos 2 reservatórios e câmara de Manobras, assim como cortes exemplificativos, com a definição geométrica de todos os elementos estruturais e toda a informação necessária para a construção.

### ABSTRACT

**Keywords:** Structural design; Robot Structural Analysis.

This report is part of a project for the design of a water reservoir, whose contract is called “Pumping Expansion, part of the Water Treatment Station and part of the Vila do Songo Water Distribution Network”. The intervention to be carried out in the so-called Pousada Reservoir – Gove basically consists of a reservoir of 2 rectangular cells in reinforced concrete, with independent hydraulic operation, each with interior dimensions of 9.0x6.85m<sup>2</sup> and a ceiling height of 4.30m, and in its continuation, a small building with the functions of a maneuvering chamber. This document geometrically describes the intervention to be carried out, the calculation criteria, the design of the main structural elements, the materials to be used in the construction and the standards followed. The drawings show plans with the implantation of the 2 reservoirs and the Maneuvers chamber, as well as exemplary cuts, with the geometric definition of all the structural elements and all the information necessary for the construction.

