U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO EDIFÍCIO SOLAR XXI UTILIZANDO A METODOLOGIA SBTOOL^{PT}

JOANA BONIFÁCIO ANDRADE

Dissertação submetida à Faculdade Engenharia da Universidade do Porto para obtenção do grau

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE – RAMO PROJECTO

Orientação: Professor Armando Oliveira do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e do Professor Luís Bragança do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho

Julho de 2009

O presidente do júri:

_____

Professor António Fiúza

Women have a vital role in environmental management and development. Their full participation is therefore essential to achieve sustainable development.

Conferência Rio, art. 20º; 1992

Aos pilares da minha vida: Pai. Mãe. Irmã.

AGRADECIMENTOS

Termino, com a realização deste trabalho, uma fase que é, sem dúvida, uma das mais importantes da minha vida. Deste modo, deixo aqui o meu sincero agradecimento a todos aqueles que de forma directa ou indirecta contribuíram para a concretização deste trabalho, mas que especialmente contribuíram para todo o meu percurso ao longo dos últimos cinco anos.

- Ao Dr. Hélder Gonçalves que tornou possível todo este trabalho, o meu muito obrigado pela prontidão e disponibilidade demonstradas desde o início e por me ter aberto esta porta; sem a sua intervenção e colaboração nada disto seria possível.

- Ao meu orientador Prof. Armando Oliveira, que aceitou acompanhar o meu trabalho, que me ajudou a torna-lo possível e que sempre sugeriu caminhos a seguir para contornar obstáculos.

- Um agradecimento especial ao meu orientador Prof. Luís Bragança, pela forma como me recebeu, pela boa-disposição, incentivo e dedicação demonstradas e por ter acreditado em mim deste o início.

- Não poderia deixar de agradecer ao Eng. Alves Pereira, Rui Gonçalves, Daniel Ferreira, Dr.ª Laura Aelenei, Eng. Farinha Mendes do LNEG, ao Arq. Pedro Cabrito, ao Eng. Ricardo Mateus e a todo o grupo de trabalho do Laboratório de Física e Tecnologia das Construções da Universidade do Minho, pela paciência e prontidão demonstradas ao fornecerem-me toda a informação técnica e ajuda que necessitei para a execução do meu trabalho.

- A todos aqueles que estiveram presentes nestes cinco anos, sendo impossível referir um a um, aqui fica um agradecimento especial a: António Meireles ('*Tobé*') e Ana Luísa Teixeira ('*Lu*'), amigos e colegas de curso com quem dividi momentos de pura *galhofa* e de desespero, com quem passei horas de conversa, sobre tudo e sobre nada ('*obrigada pela companhia e amizade!*'); Isabel Guerra, pela *doce* amizade e carinho ('*um dia ganhamos juízo!*'); a todos os que acompanharam os cinco meses mais incríveis desta etapa e que os tornaram, sem dúvida, inesquecíveis ('*vi voglio bene!*') e Bruno Silva, pela forma "*irritante"* de ser, mas acima de tudo pela amizade e apoio.

- Às minhas amigas de sempre, sem as quais todos os contratempos teriam sido mais difíceis de ultrapassar e os momentos felizes não teriam sido tão bons, Susana Nunes, Lígia Soares e Marta Silva, que me conhecem, que estão sempre presentes mesmo quando a distância física aumenta e o tempo fica escasso. ('*Nós. Ontem. Hoje. Sempre. Obrigada simplesmente por serem vocês'*).

- À minha família deixo um obrigada muito especial, em particular aos meus avós, Zé e Florinda, e ao meu irmão Nuno, pelo carinho incondicional, pelo exemplo de vida e por tudo o que representam para mim; à minha irmã Elva, por ser mais do que irmã, ser amiga e companheira, por tudo o que dividimos,

por acreditar em mim, por ser um dos pilares da minha vida, pelo carinho com que me recebeu na sua vida (*'Ai que lindeza tamanha!'*).

- Por último… aos meus pais. O meu porto seguro. A minha força. Tudo o que aqui está, todo o empenho que dediquei a este trabalho e a todos os outros, todas as minhas conquistas, todos os meus sorrisos, todas as minhas vitórias, são deles, são fruto da sua dedicação, sacrifício e amor incondicionais. '*O que sou hoje e o que serei daqui em diante devo-o a vocês. Obrigada… por serem meus pais.*'

RESUMO

O sector da construção é em todo o mundo, um dos mais poderosos sectores de actividade. Este apresenta uma forte influência na economia mundial, quer pela grande quantidade de emprego gerado, quer pela contribuição para o produto interno bruto e formação de capital fixo; no bem-estar das populações, já que este proporciona todo o tipo de infra-estruturas e edifícios e, por último, mas não menos importante, tem um grande impacte sobre o ambiente, desde logo associado à ocupação e uso do solo, consumo de recursos (matérias-primas, água e energia) e à larga produção de resíduos. Como tal, a sua integração no conceito de desenvolvimento Sustentável ganha cada vez mais peso. Desta forma, o presente trabalho pretende focar o tema da construção sustentável a nível do meio edificado.

O presente trabalho apresenta uma metodologia de avaliação de sustentabilidade de edifícios, SBTool^{PT} (Sustainable Building Tool – Portugal), desenvolvida na Universidade do Minho, tendo por base a metodologia internacional do IISBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment), com o mesmo nome. Esta assenta na avaliação de desempenho do edifício ao nível das três dimensões do desenvolvimento sustentável (ambiente, sociedade e economia), através de um processo de avaliação relativo, i.e., o desempenho do edifício sobre estudo é comparado, ao nível de cada parâmetro da análise, com a solução construtiva correntemente usada no local. A possibilidade de ajuste dos parâmetros avaliados em cada dimensão, em função da tipologia do edifício e do local de implementação, e o seu sentido prático, conferem à metodologia flexibilidade e reduzem a subjectividade, dando-lhe vantagens em relação a outras mais rígidas e extensas. Sendo o seu objectivo final a emissão de um certificado, atestando a sustentabilidade do edifício avaliado, de forma idêntica à Certificação de Eficiência energética. Embora o procedimento da SBTool^{PT}, tenha sido especialmente desenvolvido para aplicação a edifícios residenciais, o presente estudo aplicou-a a um edifício de serviços, comprovando assim a sua flexibilidade e capacidade de adaptação às exigências particulares de cada caso de estudo.

O estudo apresenta assim uma avaliação preliminar da sustentabilidade do Edifício Solar XXI, que aloja o departamento de Energias Renováveis do LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia). Este apresenta-se como exemplo da eficiência e auto-sustentação energéticas, integrando conceitos da arquitectura bioclimática com soluções solares activas, procurando diminuir as necessidades de aquecimento e arrefecimento interiores.

No decorrer da avaliação alguns parâmetros da avaliação necessitaram de alterações sendo que, em alguns casos, foram de todo excluídos. No entanto, o resultado final mostrou-se bastante positivo, tendo-se verificado que para além de energeticamente eficiente, o Solar XXI apresenta-se como um exemplo a seguir no que respeita à sustentabilidade da construção.

Por fim, apresentaram-se ainda práticas possíveis de serem implementadas ao longo de todo o ciclo de vida dos edifícios, visando a redução do impacte ambiental, sem descurar a qualidade e durabilidade da construção, o seu custo bem como o conforto e saúde dos seus ocupantes.

ABSTRACT

The construction industry is one of the most powerful activities in the world, with a strong influence on its economy, as it is one of the biggest employers and has a large contribution on the GNP (gross national product). Moreover, it has an important impact on the wellbeing of the population, as it offers all kind of infrastructures, playing a role on the environmental degradation, starting in the soil use and occupation, passing through the high consumptions of natural resources and ending on the amount of waste produced. Its integration on the Sustainable Development concept is therefore essential, and it is gaining more and more attention. As so, this thesis focuses the construction sustainability in the building sector.

This work presents a methodology for sustainability assessment, SBTool^{PT} (Sustainable Building Tool-Portugal) developed by the University of Minho in Portugal, base on the international methodology, of IISBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment). This methodology approaches the three dimensions of the sustainable concept: environment, society and economy. In SBTool^{PT} the evaluation is accomplished relatively to the most applied solution in a certain place. The possibility of adjusting the number of parameters analyzed in each dimension, depending on the specific characteristics of each construction solution and its reduced level of uncertainty, provides flexibility and decreases the subjectivity to the methodology. Thus, SBTool^{PT} is shown as more advantageous than the rigid and extensive ones. Although SBTool^{PT} has been specifically developed to residential buildings, in this study it was applied on a service building, testing and proving its flexibility and capability of adapting itself to the particular features of the building under study.

With this in mind a preliminary assessment was performed, having the Solar XXI building as case-study, which lodges the Renewable Energy Department of LNEG (National Laboratory of Energy and Geology). Solar XXI is an example of energy efficiency and auto-energy support, as it integrates the solar passive concepts of the bioclimatic design with active ones, looking forward to reduce its on need of heating and cooling.

During this evaluation there was a need to readjust some of the parameters and in certain cases some were completely excluded from this assessment. However, the final result was pretty much positive, as it was verified that beyond being energetically efficient, the Solar XXI represents a good example to follow to achieve the sustainability in the construction sector.

Finally, this work also highlights some technical and practical issues that can be applied on the whole building's life cycle to reduce the environmental impact, without neglecting the construction's quality, durability and cost, and the comfort and health of its own inhabitants.

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO **25**

1. INTRODUÇÃO **27**

1.1. OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO 27

1.2. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO 28

CAPÍTULO 2 – CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL **31**

2. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL **33**

2.1. INTRODUÇÃO 33

2.2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 34

2.2.1. Percurso histórico 34

2.2.2. Europa e Portugal 36

2.2.3. Construção sustentável – o início 37

2.3. PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL 40

2.3.1. Selecção do local e integração 41

2.3.2. Projecto do edifício 42

2.3.2.1. Forma e Orientação 42

2.3.3. Construção do Edifício 43

2.3.3.1. Materiais 43

Energia incorporada no material 44

Impacte ecológico incorporado no material 44

Potencial de reutilização e reciclagem 45

Toxicidade de materiais 46

2.3.3.2. Conforto Visual e Áreas Envidraçadas 47

Sombreamento 47

Vidros duplos 48

Caixilharia 49

2.3.3.3. Conforto Térmico e Qualidade do ar interior 50

Permeabilidade de superfícies 50

Isolamento térmico 50

Inércia Térmica 52

Ventilação e Arrefecimento 53

Parede de Trombe 54
Qualidade do ar 56
2.3.3.4. Conforto Acústico 56
2.3.3.5. Ilha de Calor 58
2.3.4. Equipamentos 61
2.3.5. Água 62
2.3.6. Resíduos 65
2.3.7. Energia 66

2.4. TECNOLOGIAS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS 69
2.4.1. Sistemas construtivos 69
2.4.1.1. Terra crua 69
Taipa 70
Adobe 71
BTC 72
Limitações à sua aplicabilidade como solução construtiva 72
2.4.1.2. Estruturas metálicas leves - LGSF 73
2.4.1.3. Betão celular autoclavado 75

2.5. METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE 76

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA ADOPTADA – SBTOOL^{PT} 79

3. METODOLOGIA ADOPTADA – SBTOOL^{PT} 81

3.1. INTRODUÇÃO 81

3.2. DESCRIÇÃO GERAL 82
3.2.1. Definição das fronteiras do sistema 82
3.2.2. Definição dos parâmetros 82
3.2.2.1. Parâmetros ambientais 83
3.2.2.2. Parâmetros sociais 83
3.2.2.3. Parâmetros económicos 83
3.2.3. Quantificação dos parâmetros 83
3.2.4. Normalização dos parâmetros 84
3.2.5. Agregação dos parâmetros 85
3.2.6. Determinação e avaliação da nota sustentável 86

3.3. CONTEXTUALIZAÇÃO E DISCUSSÃO DE PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DOS EDIFÍCIOS 87
3.3.1. Dimensão ambiental 88
C. 1. *Alterações Climáticas e Qualidade do Ar Exterior* 88

C. 2. *Biodiversidade e uso do solo* 90
C. 3. *Energia* 94
C. 4. *Materiais e resíduos sólidos* 95
C. 5. *Água* 98
3.3.2. Dimensão social 100
C. 6. *Conforto e saúde dos utilizadores* 100
C. 7. *Acessibilidade* 104
C. 8. *Sensibilização e educação para a sustentabilidade* 106
3.3.3. Dimensão económica 107
C. 9. *Custos de ciclo de via* 107
3.3.4. Avaliação Global 108

CAPÍTULO 4 – CASO PRÁTICO: EDIFÍCIO SOLAR XXI **111**

4. CASO PRÁTICO: EDIFÍCIO SOLAR XXI **113**

4.1. INTRODUÇÃO 113
4.1.1. Edifício Solar XXI 113
4.1.1.1. Condições Técnicas 113
4.1.1.2. Condições Estruturais 119
4.1.2. Cidade de Lisboa, na envolvência do Solar XXI 120

4.2. APLICAÇÃO PRÁTICA 121
4.2.1. Definição das fronteiras do sistema 121
4.2.2. Avaliação de desempenho 121
4.2.2.1. Desempenho Ambiental 121
C. 1. *Alterações Climáticas e Qualidade do Ar Exterior* 121
C. 2. *Biodiversidade e uso do solo* 123
C. 3. *Energia* 125
C. 4. *Materiais e resíduos sólidos* 127
C. 5. *Água* 129
4.2.2.2. Desempenho Social 130
C. 6. *Conforto e saúde dos utilizadores* 130
C. 7. *Acessibilidade* 132
C. 8. *Sensibilização e educação para a sustentabilidade* 133
4.2.2.3. Desempenho Económico 133
C. 9. *Custos de ciclo de via* 133
4.2.3. Determinação e avaliação da nota sustentável 134
4.2.4. Certificado de Sustentabilidade 135

CAPÍTULO 5 – SOLUÇÕES DE MELHORIA **137**

5. SOLUÇÕES DE MELHORIA **139**

5.1. SOLAR XXI E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL EM GERAL 139

5.2. METODOLOGIA SBTOOL^{PT} 141

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS **143**

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS **145**

6.1. CONCLUSÕES DO ESTUDO 145

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS 147

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **149**

ANEXOS **157**

A. CONSTRUÇÃO TÍPICA PORTUGUESA – SOLUÇÃO DE REFERÊNCIA **159**

B. CATEGORIAS, INDICADORES E PARÂMETROS AVALIADOS PELA SBTOOL^{PT} **161**

C. PLANTAS DE LOCALIZAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E ENQUADRAMENTO NO SOLAR XXI **163**

D. SISTEMA DE PRINCIPIO DE AVAC DO SOLAR XXI **179**

E. DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DO SOLAR XXI **183**

F. CÁLCULOS E RESULTADOS INTERMÉDIOS DA APLICAÇÃO DA SBTOOL^{PT} AO SOLAR XXI **185**

F.1. DIMENSÃO AMBIENTAL 185

F.2. DIMENSÃO SOCIAL 194

F.3. DIMENSÃO ECONÓMICA 198

G. LINHAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS QUE SERVEM O SOLAR XXI **201**

H. CERTIFICADO DE SUSTENTABILIDADE **209**

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 2.1. Base do desenvolvimento sustentável 35

Ilustração 2.2. Ciclo de vida da utilização de energia (adaptado de (WBCSD Portugal)). 38

Ilustração 2.3. Evolução das preocupações da indústria da construção adaptado de (Pinheiro 2006) e de (Mateus and Bragança 2006). 39

Ilustração 2.4. Representação esquemática da orientação solar ao longo do ano. 42

Ilustração 2.5. Radiação solar ao longo do ano, por orientações, na cidade de Lisboa. 43

Ilustração 2.6. Representação esquemática de um vidro duplo. 48

Ilustração 2.7. Exemplos de caixilharia exterior. 49

Ilustração 2.8. Representação esquemática da redução de pontes térmicas por recurso ao isolamento exterior. (a) Isolamento da caixa-de-ar – perda térmica; (b) Isolamento exterior – sem perdas térmicas, (maxit - Tecnologias de Construção e Renovação Lda 2002). 51

Ilustração 2.9. Comparação entre os gradientes de temperatura a que estão sujeitas três paredes com revestimento de cor clara. (a) Parede dupla de alvenaria sem isolamento térmico (não recomendado); (b) Parede dupla de alvenaria com isolamento térmico na caixa-de-ar; (c) Parede simples de alvenaria isolada termicamente pelo exterior, (maxit - Tecnologias de Construção e Renovação Lda 2002). 51

Ilustração 2.10. Representações esquemáticas de isolamento térmico pelo exterior. (a) Sistema Hotskin (Louripereiras - Serviços de Pintura Lda 2007); (b) Sistema Dryvit (Representações Esferovite S.A. 2007). 52

Ilustração 2.11. Representação esquemática de ventilação natural (Ecoarkitekt 2009). 53

Ilustração 2.12. Representação esquemática de uma parede de Trombe, (Mateus 2004). 54

Ilustração 2.13. Representação esquemática do funcionamento da parede de Trombe (a) Inverno - dia; (b) Inverno – noite; (c) estação amena (Primavera/Outono); (d) Verão; (Mateus 2004). 55

Ilustração 2.14. Isolantes acústicos. (a) lã mineral; (b) espuma flexível; (c) ressoadores. 58

Ilustração 2.15. Solução de pavimento com isolamento acústico, (Forgo 2009). 58

Ilustração 2.16. Representação hipotética da distribuição temporal e espacial das ilhas de calor com condições meteorologicas "ideais" (céu limpo, sem vento). (a) na camada urbana coberta (UCL), (a.1) temperatura do ar; (a.2) racio aquecimento/arrefecimento; (a.3) intensidade da ilha de calor. (Oke 1982). (b) superfíce das infra-

estruturas e temperatura do ar (EPA 2009a). As unidades da escala vertical são: ºC para (a.1), (a.3) e (b) e ºC/h para (a.2). 59

Ilustração 2.17. Balanço energético das superfícies urbanas (EPA 2009b). 60

Ilustração 2.18. Representação gráfica do consumo de água numa habitação. 63

Ilustração 2.19. Representação esquemática do sistema de reaproveitamento e reciclagem de águas cinzentas,(Commonwealth of Australia 2008) 64

Ilustração 2.20. Representação gráfica do consumo energético nas habitações, (Commonwealth of Australia 2008). 66

Ilustração 2.21. Painel fotovoltaico. 67

Ilustração 2.22. Construção em adobe, em Taos pueblo New Mexico, Estados Unidos da América (Taggart). 71

Ilustração 2.23. Representação esquemática de uma possível solução construtiva para as paredes exteriores no sistema LGSF, (Mateus 2004). 74

Ilustração 3.1. Fontes de impactes ambientais em cada fase do ciclo de vida dos edifícios (adaptado de (WBCSD Portugal). 88

Ilustração 3.2. Aspecto do certificado de sustentabilidade, (Bragança 2008). 108

Ilustração 4.1 Edifício Solar XXI. (a) Fachada Sul - Poente; (b) Fachada Norte - Poente; (c) Fachada Nascente; (d) Fachadas Nascente – Norte, (Departamento de Energias Renováveis 2005) e (Gonçalves and Cabrito 2006). 114

Ilustração 4.2 Edifício Solar XXI. (a) Iluminação do piso de cave através de luz zenital; (b) Iluminação natural no bloco de escadas principal; (c) Corredor de distribuição e vãos interiores translúcidos de lâminas reguláveis; (d) Vazio central para iluminação e ventilação; (Departamento de Energias Renováveis 2005). 115

Ilustração 4.3. Sistema de Ventilação por tubos enterrados. (a) Traçado da tubagem entre o poço de admissão do ar e o interior do edifício (b) Poço de admissão de ar; (c) Esquema de distribuição de ar arrefecido e saída de ar quente; (Departamento de Energias Renováveis 2005). 117

Ilustração 4.4. Sistema Fotovoltaico. (a) Painel Fotovoltaico da fachada Sul; (b) Orifícios de ventilação no interior dos gabinetes voltados a Sul; (c) Esquema de funcionamento do sistema Fotovoltaico com aproveitamento térmico; (Departamento de Energias Renováveis 2005). 118

Ilustração 4.5. Esquematização da quantificação dos pisos elevados e das paredes exteriores. 122

Ilustração F.1. Relatório de simulação do software Solterm para cálculo do parâmetro *P8 Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis.* 189

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1. Potencial de Aquecimento Global, (Berge 2001). 45

Quadro 2.2. Concentrações máximas de poluentes do ar interior segundo RSECE. 56

Quadro 2.3. Volume de água consumido por kg de material vulgarmente utilizado na construção, (Berge 2001) 63

Quadro 2.4. Principais características da construção em taipa. 71

Quadro 2.5. Principais características da construção em adobe. 72

Quadro 2.6. Principais características da construção por sistemas LGSF. 74

Quadro 2.7. Principais características do betão celular autoclavado. 75

Quadro 3.1. Peso de cada parâmetro na avaliação do desempenho ambiental. 85

Quadro 3.2. Peso de cada indicador na aplicação da SBTool^{PT}, (Departamento de Engenharia Civil 2009). 86

Quadro 3.3. Níveis e condições para a avaliação das categorias dos desempenhos ambiental, social e económico, e NS, (Departamento de Engenharia Civil 2009). 87

Quadro 3.4. Condições a ter em conta no cálculo da $A_{IMP.}$ 92

Quadro 3.5. Condições utilizadas na definição da área previamente contaminada e edificada. 92

Quadro 3.6. Caracterização da zona urbana e respectivos *benchmarkings*. 105

Quadro 3.7. Condicionantes para elegibilidade de transportes públicos. 105

Quadro 3.8. Subdivisão das amenidades por classes. 106

Quadro 3.9. Créditos a atribuir a cada amenidade em função da sua classe e distância à entrada do edifício. 106

Quadro 3.10. Ponderações de parâmetros, categorias e dimensões, inicial. 109

Quadro 4.1. Características climáticas da cidade de Lisboa segundo RCCTE. 120

Quadro 4.2. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria *C1*. Impactes de ciclo de vida (por m^2 de área útil de pavimento e ano). 123

Quadro 4.3. Valores considerados na avaliação do desempenho da categoria *C2*. 123

Quadro 4.4. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria *C2*. 125

Quadro 4.5. Valores dos Indicadores de Eficiência Energética considerados no cálculo de *P7 - consumo de energia primária não renovável na fase de utilização* e *P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis.* 126

Quadro 4.6. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria *C3*..... 126

Quadro 4.7. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria *C4*..... 129

Quadro 4.8. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria *C5*..... 130

Quadro 4.9. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria *C6*..... 132

Quadro 4.10. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria *C7*..... 133

Quadro 4.11. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria *C9*..... 134

Quadro 4.12. Agregação de Categorias e obtenção da Nota Sustentável do Solar XXI. 135

Quadro A.1. Descrição das soluções construtivas de referência 159

Quadro A.2. Valores de parâmetros para os benchmarks, utilizados no estudo. 160

Quadro B.1. Categorias, indicadores e parâmetros avaliados..... 161

Quadro E.1. Descrição das soluções construtivas utilizadas e respectiva quantidade. 183

Quadro F.1. Impacto ambiental de alguns materiais utilizados na construção e respectiva massa superficial. (Fonte: base de dados do software *SimaPro*,(Mateus and Bragança 2006)..... 185

Quadro F.2. Quantificação das categorias de impacte para as soluções construtivas do Solar XXI. *P1- Alterações Climáticas e Qualidade do Ar Exterior.* 186

Quadro F.3. Valores de referência dos impactes ambientais das soluções construtivas – unitários. (Departamento de Engenharia Civil 2009). 187

Quadro F.4. Valores de referência dos impactes ambientais das soluções construtivas – totais. Têm em consideração a área útil de pavimento do edifício em estudo. 187

Quadro F.5. Cálculos auxiliares para verificação do parâmetro *P10 – Percentagem em peso de conteúdo reciclado do edifício.*..... 188

Quadro F.6. Cálculos auxiliares para verificação do parâmetro *P14 – Volume anual de água consumido per capita no interior do edifício.*..... 188

Quadro F.7. Cálculos auxiliares para verificação do parâmetro *P16 – Potencial de ventilação natural*..... 194

Quadro F.8. Cálculos auxiliares para verificação do parâmetro *P19 – Média do Factor de Luz do Dia Médio*..... 195

Quadro F.9. Factores tidos em conta na quantificação do parâmetro *P21 - índice de acessibilidade a transportes públicos.* 197

Quadro F.10. Distâncias e respectivos créditos atribuídos a cada amenidade em função da sua classe, para quantificação do parâmetro *P22 - índice de acessibilidade a amenidades em função da classe e distância.* ... 197

Quadro F.11. Valores necessários ao cálculo do parâmetro *P25 - Custo de Utilização.* 198

Quadro F.12. Cálculos auxiliares para verificação do parâmetro *P25 - Custo de Utilização.* 199

ABREVIATURAS

SÍMBOLOS ALGÉBRICOS

ACC	=	Betão celular autoclavado *Autoclaved Cellular Concrete*
A_{EA}	=	Área destinada a espécies autóctones
A_{EV}	=	Área destinada a espaços verdes
A_i	=	Área do compartimento *i*
A_{IMP}	=	Área de superfície do terreno impermeabilizado em projecto horizontal
A_{INT}	=	Área total de intervenção
AP	=	Potencial de Acidificação. *Acidification Potential*
A_p	=	Área útil de pavimento
A_{PCO}	=	Somatório das áreas previamente edificadas e contaminadas incluídas na A_{TOT}
AQS	=	Águas quentes sanitárias
A_{TOT}	=	Área total do terreno em projecto horizontal
AVAC	=	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BREEAM	=	Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
$C_{\#}$	=	Categoria, # ϵ [1;9]
C_{AQS}	=	Consumo nominal estimado de energia primária para a preparação de AQS
CE	=	Comissão Europeia
C_{CER}	=	Custo total de produtos em madeira ou de base orgânica certificados
$C_{CER\ prev}$	=	Custo total de produtos em madeira ou de base orgânica certificados previstos
CFC	=	Clorofluocarbonetos
CO	=	Monóxido de carbono
CO_2	=	Dióxido de carbono
COV	=	Composto Orgânico Volátil
C_{TOT}	=	Custo total dos artigos de construção
$C_{TOT\ e}$	=	Consumo nominal total de energia primária
ENDS	=	Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável
EP	=	Potencial de Eutrofização. *Eutrophication Potential*

EPA	=	Environmental Protection Agency (Estados Unidos da América)
E_{ren}	=	Contribuição de várias formas de energia renovável (solar fotovoltaica, eólica, biomassa, etc.)
E_{solar}	=	Contribuição de sistemas colectores solares para aquecimento de AQS
FFDP	=	Potencial de Esgotamento das Reservas de combustíveis fósseis.
FLDM	=	Factor de luz do dia médio
GEE	=	Gases com Efeito de Estufa
GWP	=	Potencial de Aquecimento Global. Global *Worming Potential*
I_{at}	=	Índice de acessibilidade de cada transporte público
IEE	=	Indicador de Eficiência Energética
IEE_{nom}	=	Indicador de Eficiência Energética nominal
IEE_{ref}	=	Indicador de Eficiência Energética de referência
$IEE_{ref\,A+}$	=	Indicador de Eficiência Energética correspondente ao limite inferior da classe A^+
INE	=	Instituto Nacional de Estatística
INETI	=	Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Investigação
ISO	=	International Standard Organisation
IUL	=	Índice de utilização líquido de um edifício
LBNL	=	Lawrence Berkeley National Laboratory
LCA	=	Avaliação de Ciclo de Vida *Life Cycle Assessment*
LEED	=	Leadership in Energy and Environmental design
LGSF	=	Estruturas Metálicas Leves *Light Gauge Steel Framing*
LNEG	=	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
M_{MAt}	=	Massa total dos materiais de acabamento
M_{COV}	=	Massa dos materiais de acabamento com baixo teor de COVs
N	=	Norte
NE	=	Nordeste
NO_x	=	Óxidos de azoto
NW	=	Noroeste
O_3	=	Ozono
OCDE	=	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
ODP	=	Potencial de depleção da camada de ozono estratosférico. *Ozone Depletion Potential*

ONU	=	Organização das Nações Unidas
$P_{\#}$	=	Parâmetro, # ϵ [1;25]
P_{AA}	=	Índice de acessibilidade a amenidades
P_{ACE}	=	Percentagem de área previamente contaminada ou edificada
P_{ATP}	=	Índice de acessibilidade a transportes públicos
P_{CA}	=	Previsão do volume anual de água consumido *per capita* no interior de um edifício
P_{CER}	=	Percentagem em custo de materiais de madeira ou de base orgânica com certificado ambiental
P_{CI}	=	Custo de Investimento
P_{COV}	=	Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV
P_{CRE}	=	Percentagem de conteúdo reciclado do edifício
P_{CREU}	=	Percentagem em custo de materiais e produtos utilizados em obra que não reutilizados
P_{CT}	=	Nível de conforto térmico médio anual
P_{CTI}	=	Nível de conforto térmico médio da estação de aquecimento
P_{CTV}	=	Nível de conforto térmico médio da estação de arrefecimento
P_{CU}	=	Custo de utilização
PEC	=	Energia Primária Incorporada *Primary Energy Consumption*
PDM	=	Plano Director Municipal
P_{ENR}	=	Consumo de energia primária não renovável
P_{ER}	=	Energia produzida por fontes renováveis, no edifício
PERSU	=	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos
PIB	=	Produto Interno Bruto
P_{IMP}	=	Índice de impermeabilização
$\overline{P_{LCA}}$	=	Desempenho ambiental da solução estudada
PM_{10}	=	Partículas em suspensão na atmosfera com diâmetro inferior a 10µm
P_{MU}	=	Disponibilidade do Manual do Utilizador
PNEA	=	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
PNUA	=	Programa das Nações Unidas para o Ambiente
POCP	=	Formação de Ozono Troposférico. *Photochemical Ozone Creation Potential*
P_{RCA}	=	Percentagem de redução do consumo de água potável
P_{RFL}	=	Percentagem de área em planta com reflectância maior ou igual a 60%

P_{VN}	=	Potencial de ventilação natural
QAI	=	Qualidade do Ar Interior
RCCTE	=	Regulamento das Características de Comportamento Térmico em Edifícios
RCD	=	Resíduos de Construção e Demolição
RGR	=	Regulamento Geral do Ruído
RSECE	=	Regulamento dos Sistemas Energéticos e Climatização em Edifícios
RRAE	=	Regulamento dos Requisitos Acústicos em Edifícios
RSU	=	Resíduos Sólidos Urbanos
S	=	Sul
SBTool	=	Sustainable Building Tool
SCE	=	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios
SE	=	Sudeste
SO_2	=	Dióxido de enxofre
SW	=	Sudoeste
U	=	Coeficiente de transmissão térmica
UBL	=	Camada de fronteira urbana. *Urban boudary layer*
ULC	=	Camada urbana coberta. *Urban canopy layer*
UHI	=	Ilha de calor. *Urban Heat Islands*
W	=	Oeste

SÍMBOLOS GREGOS

$\Theta_{o_{min95}}$	=	Temperatura mínima operativa na estação de aquecimento
Θ_{opt}	=	Temperatura operativa óptima na estação de arrefecimento
Θ_{rm}	=	Temperatura média cumulativa da estação de aquecimento

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

1.1. OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO

O crescimento desmedido do consumo de produtos à base de carbono, as políticas económicas e o exponencial crescimento da população têm posto em risco a subsistência dos recursos naturais, bem como da própria vida à superfície do Planeta. É urgente alterar hábitos de consumo, e de desenvolvimento; não há que impedi-los, mas sim alterar os seus princípios. Surge assim o conceito de Desenvolvimento Sustentável, visando o desenvolvimento interdependente e cuidado das três dimensões: ambiente, sociedade e economia.

Constituindo a indústria da construção um dos mais poderosos sectores em todo o mundo, possui um grande impacte no ambiente e já que, para além do elevado consumo de energia e matérias-primas, é também uma grande fonte de resíduos. Para além disso, como é sabido, possui também um grande impacte a nível social e económico. Torna-se então, fulcral inseri-la nos princípios do "Desenvolvimento Sustentável".

Neste trabalho pretende-se avaliar a aplicabilidade de uma metodologia de avaliação relativa da sustentabilidade de edifícios ($SBTool^{PT}$) que considera os desempenhos, ambiental, social e económico, durante fases de construção, utilização e desmantelamento de edifícios. É objectivo final apresentar um certificado de sustentabilidade, de forma similar ao que acontece com a já obrigatória Certificação Energética de Edifícios, neste caso ao Edifício Solar XXI. A aplicação ao Solar XXI prende-se com o facto de este ser um exemplo da conjugação da eficiência e auto-sustentação energéticas. Possui uma concepção formal de integração de soluções passivas e activas de desempenho térmico, procurando diminuir as suas necessidades de aquecimento e arrefecimento. Os objectivos traçados para este trabalho podem então ser divididos em três pontos principais:

(i) Contribuir e melhorar o conhecimento acerca do que tem vindo a ser feito ao nível do sector da construção, das tecnologias e sistemas construtivos existentes e seus impactes sobre o ambiente. Para tal recorreu-se a uma pesquisa bibliográfica, que não sendo exaustiva permitiu adquirir os conhecimentos necessários ao desenvolvimento da presente dissertação.

(ii) Estudar a sustentabilidade de um edifício de serviços, já edificado e em fase de utilização – Solar XXI, aplicando a metodologia de avaliação relativa da sustentabilidade, desenvolvida na Universidade do Minho. Analisando ainda as potencialidades da adaptação a um edifício de serviços, de uma metodologia desenvolvida para edifícios residenciais.

(iii) Identificar possíveis soluções de melhoria, quer ao nível da indústria construtiva, para melhor se adaptar aos conceitos actuais de uma construção sustentável, quer ao nível da própria metodologia utilizada, para fomentar a sua adequabilidade a qualquer tipo de edifício, alargando assim, o seu campo de acção.

1.2. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da presente dissertação é um espelho dos objectivos definidos. Assim, o presente trabalho encontra-se dividido em seis capítulos, cujo conteúdo é de seguida descrito, de forma breve.

No presente capítulo, Capítulo 1 são citados os objectivos traçados para a dissertação e descritos os capítulos ulteriores.

O Capítulo 2 expõe o estado da arte e o enquadramento do presente trabalho ao nível da construção sustentável. Encontra-se dividido em quatro secções principais:

1) Contextualização histórica concisa de como tem sido encarada a questão da sustentabilidade, quer a nível mundial, quer a nível nacional; Origem do conceito de construção sustentável;

2) Exposição dos princípios base da construção sustentável, desde a enumeração de orientações base a seguir até aspectos conceptuais a realizar em obra para garantir a redução do impacte ambiental e o bem-estar dos ocupantes do edifício;

3) Caracterização das tecnologias e sistemas construtivos existentes. Começa por referir quais os critérios a seguir para a escolha da tecnologia a utilizar, seguindo depois para a apresentação das tecnologias em si. São referidas tecnologias convencionais, como as construções em terra, em betão e estruturas metálicas leves;

4) Metodologias de avaliação existentes. Esta última secção relata de forma breve a utilização de indicadores de sustentabilidade como base das avaliações, e os procedimentos que têm vindo a ser desenvolvidos, em todo o mundo, para tal.

No Capítulo 3 é descrita a metodologia utilizada na análise do caso de estudo. Primeiro é efectuada uma breve descrição do seu funcionamento e numa segunda parte esta é apresentada de forma mais detalhada contextualizando-a e mostrando os seus parâmetros de aplicação e procedimentos de execução.

No capítulo seguinte, Capítulo 4, faz-se a apresentação do caso prático, estando este dividido em duas secções:

1) Introdução, onde se começa por fazer uma breve descrição do edifício sob estudo, Solar XXI, apresentando as suas principais características: orientação, estrutura e funcionalidade, sistemas

solares implementados, entre outros. É também efectuado um enquadramento do edifício à região onde se encontra, a cidade de Lisboa.

2) Aplicação prática. Aqui é exposta e descrita toda a análise realizada; incluem-se os resultados das avaliações de desempenhos ambiental, social e económico, bem como a sua representação num indicador único de sustentabilidade. Termina com a apresentação do certificado de Sustentabilidade.

O Capítulo 5 menciona as soluções de melhoria passíveis de serem executadas quer ao nível do Solar XXI quer ao nível da SBTool^{PT}, encontrando-se assim dividido em duas partes. Na primeira, ilustram-se possíveis operações a efectuar no edifício para beneficiar os seus desempenhos ambiental e social. Já na segunda parte, expõem-se alterações exequíveis na SBTool^{PT} para melhorar o seu desempenho a nível de edifícios de serviços.

Por último, o Capítulo 6 é composto por duas partes; numa primeira, são instituídas as conclusões finais do trabalho, resumindo-se de forma sucinta os aspectos mais relevantes que o caracterizam; na segunda, expõem-se linhas de caminho a seguir em futuros desenvolvimentos deste ou de outros trabalhos de âmbito semelhante.

CAPÍTULO 2 – CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

CAPÍTULO 2

2. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

2.1. INTRODUÇÃO

As actividades humanas têm acompanhado o exponencial crescimento da população mundial que, em 2005 atingia os 6.464 milhões de pessoas, sendo a indústria da construção um bom exemplo destas. Constituindo um dos maiores sectores na Europa, representa 28,1% e 7,5% do emprego, na indústria e em toda a economia europeia, respectivamente. Além disso são ainda responsáveis pelo consumo de 3000 Mt/ano de matérias-primas (Torgal and Jalali 2007) gerando, consequentemente 40% dos resíduos totais produzidos pela indústria (Pinheiro 2006).

O sector da construção visa fornecer ao dono de obra um edifício que corresponda às suas necessidades funcionais, não descurando o orçamento disponível e a estética do edifício. Na fase de construção, deve ter em conta condições de segurança, a nível dos trabalhadores e a nível do ambiental minimizando o seu impacte. A construção deverá ser durável, reduzindo a deterioração dos seus materiais ao longo do seu ciclo de vida.

As actuais pressões no sector quer para construir mais, quer em termos ambientais (minimizar consumos e maximizar eficiências), levam a que seja necessário adoptar novas formas de construir. Recorrer a novos materiais e tecnologias, para compatibilizar o sector e os objectivos impostos pelo desenvolvimento sustentável, é então essencial.

O presente capítulo encontra-se dividido em quatro partes principais. A primeira retende, de forma sucinta, abordar o percurso histórico do desenvolvimento sustentável no mundo e em particular em Portugal, numa visão voltada para o sector da construção. Na segunda focam-se os principais impactes ambientais causados pela indústria construtiva, desde a produção dos materiais até à demolição das construções edificadas. A terceira parte pretende ser um reflexo conciso do que são as tecnologias e sistemas construtivos existentes, desde os mais comuns até aos menos utilizados mas, não por isso menos sustentáveis. Na última e quarta parte, referem-se os vários tipos de metodologias disponíveis em todo o mundo para a avaliação da sustentabilidade dos edifícios.

2.2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2.2.1. Percurso histórico

Desde o início da sua existência o Homem procura satisfazer as suas necessidades e bem-estar. Se em épocas ancestrais lutava apenas pela sua subsistência com tecnologias rudimentares, desenvolvimento das suas capacidades intelectuais e físicas, foi aprimorando os engenhos e, progressivamente, alterando as suas carências imediatas. Deixou a caça e a pesca para passar a criar animais domésticos e a dedicar-se à agricultura. Ao abandonar o estilo de vida nómada, começaram a desenvolver-se pequenas civilizações que, por sua vez, foram evoluindo e dando lugar às cidades que se transformaram consoante as suas necessidades.

A revolução industrial, fim do século XVIII início do século XIX, veio alterar profundamente os paradigmas da produção e impulsionar o consumo em massa, sem "olhar a meios para obter fins". Foi nesta altura, por volta de 1798, que Robert Thomas Malthus fez a publicação do livro *Ensaio sobre o Principio da População e o seu Efeito no Desenvolvimento Futuro das Sociedades* (Malthus 1798). Este surge como a primeira publicação que demonstra o aumento exponencial da população em oposição aos recursos da Terra. Segundo o autor, o resultado seria o número de habitantes superar a quantidade de alimento, levando assim parte da humanidade à miséria.

Foram necessários 174 anos para que a problemática ambiental fosse alvo de discussão mundial; ocorre em 1972 a *Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente*, vulgarmente conhecida como *Conferência de Estocolmo*, devendo este nome à cidade que a acolheu (United Nations Environment Programme). Com a representação de 113 países, promoveu a elaboração de um plano de contenção e prevenção da poluição industrial, não descurando o equilíbrio entre o desenvolvimento económico e a protecção do ambiente. Foi assim fundado o Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUA) que se dedica exclusivamente a questões de gestão ambiental, (Santos 2005).

No entanto, só 15 anos depois, em 1987, esta questão adquiriu uma perspectiva mais incisiva, através do encontro da Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento, presidido pela primeira-ministra Norueguesa de então, Gro Herlem Bruntland, do qual resultou o Relatório de Brundtland - *Our Common Future - (United Nations 2009b).* Consistiu num princípio orientador para futuras estratégias de crescimento económico e desenvolvimento humano. Sendo no entanto, mediatizado por ter definido pela primeira vez o conceito de desenvolvimento sustentável, constituindo ainda hoje a mais famosa das definições existentes: "*Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*" (Ilustração 2.1). Apesar de vaga, esta definição promoveu a consciencialização da urgência na alteração de padrões de consumo, visando o equilíbrio entre ambiente, sociedade e economia, caso contrário a capacidade de assimilação da Terra irá esgotar-se, assim como os seus recursos, levando a uma redução acentuada da população.

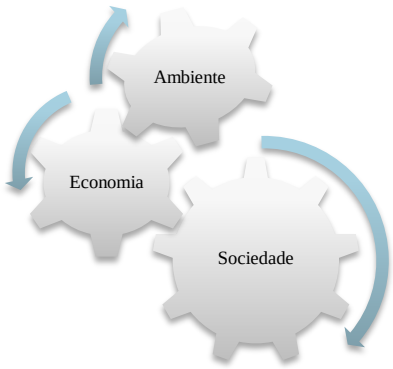


Ilustração 2.1. Base do desenvolvimento sustentável

Em 1992 a Organização das Nações Unidas (ONU) realiza no Rio de Janeiro a *Conferência Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano* que, envolve a participação de 176 países e 102 chefes de Estado e de Governo, (Torgal and Jalali 2007). Representou um acontecimento sem precedentes na consciencialização internacional para a necessidade do estabelecimento de uma verdadeira política de desenvolvimento sustentável a nível global. Resultaram da realização desta cimeira a Declaração do Rio sobre o Ambiente e Desenvolvimento (United Nations 1992), a Declaração de Princípios sobre as Florestas (United Nations - Department of Economic and social Affairs (DESA) 2000), a Convenção sobre as Alterações Climáticas (United Nations Framework Convention on Climate Change), a Convenção sobre a Diversidade Biológica (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2006) e a Agenda 21 (United Nations Environment Programme 2005). Esta última, considerada a mais importante das resoluções atingidas, continha recomendações e estratégias a seguir, tendo em vista um desenvolvimento sustentável até ao inicio do século XXI, pelos Governos, Agências de Desenvolvimento e Grupos Maioritários, em cada uma das áreas em que a actividade humana interage com o meio ambiente. O documento deveria ser aplicado tendo em consideração o tempo e espaço de implementação em cada país. Ao mesmo tempo que reprovava o modelo de desenvolvimento vigente, promovia uma sociedade onde a equidade entre as populações era notória e o sentido de responsabilidade ecológico era uma realidade.

A Agenda 21 levou a que o conceito de desenvolvimento sustentável deixasse de ser apenas visto como uma protecção ao ambiente, mas também a incluir a qualidade de vida das populações, a equidade entre estas no presente e no futuro, englobando preocupações éticas, sanitárias e de bem-estar, (Mateus 2004).

Apesar do compromisso incumbido aos signatários da Agenda 21, em 1997 a 19ª sessão especial da Assembleia Geral das Nações Unidas formulou o programa "*Futura Implementação da Agenda 21*" (United Nations 2009a), que estabeleceu o papel da Comissão para o Desenvolvimento Sustentável e instituiu quais as metas a atingir e em que sectores, entre 1998 e 2002, (Santos 2005). No mesmo ano, no Japão, ocorre a *Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas*, (United Nations Framework Convention on Climate Change) de onde resultou o Protocolo de Quioto. Este estabelece limites às emissões de gases com efeito de estufa (GEE), sendo que os países industrializados, conhecidos como Anexo 1, seriam obrigados a reduzir as suas emissões de GEE em, pelo menos 5% do que

emitiam em 1990 até 2008-2012. Este estabeleceu ainda o mercado de emissões, sendo que um país poderia comparar direitos de emissão a outro país, caso não cumprisse o seu valor imposto (Langston and Ding 2001).

O ano de 2002 foi palco da *Cimeira Mundial para o Desenvolvimento Sustentável*, em Joanesburgo. Esta reconheceu a existência de falhas na implementação da estratégia mundial para o desenvolvimento sustentável, como a sua aproximação fragmentada: a não alteração dos padrões de consumo e produção, colocando em risco as reservas de recursos naturais ainda existentes, a incoerência entre as políticas de investimento, comércio, tecnologia, etc., e o funcionamento insatisfatório do financiamento para a implementação da Agenda 21 (Hens and Nath 2003). A Cimeira assumiu ainda, o compromisso de responsabilidade social promovendo desafios à erradicação da pobreza, assegurando uma distribuição justa de custos e benefícios da globalização social e económica em curso, promovendo as relações entre as populações mais carenciadas e os seus representantes.

2.2.2.Europa e Portugal

Consequente à Conferência do Rio, a Comissão das Comunidades Europeias promoveu, em 1994 em Aalborg, Dinamarca, a *Conferência Europeia sobre Cidades Sustentáveis*, tendo como objectivo a definição de bases para a aplicação à escala local da Agenda 21 (Carvalho 2006). Da conferência resultou a *Carta das Cidades Europeias* que forneceu às mesmas recomendações e princípios para um planeamento urbano sustentável, instituindo-as como sujeitos activos no estabelecimento de políticas e práticas para o desenvolvimento sustentável; "*Esforçamo-nos para alcançar a justiça social, economias sustentáveis e sustentabilidade ambiental"* (Comissão das Comunidades Europeias 1994).

Ainda no âmbito da Agenda 21 e da 19ª Sessão Especial da Assembleia Geral das Nações Unidas, o Concelho Europeu elaborou, em 2001, um documento intitulado "*Uma Estratégia da União Europeia para o Desenvolvimento Sustentável*" aprovado pelo Conselho europeu de Gotemburgo, que pretendeu traduzir, como indica o próprio nome, a estratégia europeia para o desenvolvimento sustentável.

No ano anterior, durante a presidência portuguesa da Comissão Europeia (CE) realizou-se em Lisboa a *Cimeira de Lisboa*, na qual a Comissão pretendeu alargar a visão do desenvolvimento sustentável, por articulação do crescimento económico, com a coesão social e a protecção do ambiente, tornando-o numa perspectiva a longo prazo (Santos 2005). A estratégia proposta centrava-se na resolução de: (i) aquecimento global, (ii) desafios à saúde pública, (iii) envelhecimento da população, (iv) redução da biodiversidade e (v) saturação dos transportes públicos, através de:

- Acção urgente para corrigir impactes negativos;
- Articulação e integração de políticas económicas, sociais e ambientais;
- Promoção do bem-estar das sociedades como um todo;
- Consciencialização civil e intervenção de cidadãos e organizações privadas;
- Acções globais na concretização de parcerias internacionais.

No ano seguinte é publicado o *Livro Verde*, elaborado pela CE, cujo objectivo era a impulsionar o debate do conceito "Responsabilidade social das empresas" e incentivar a procura de práticas inovadoras através de parcerias entre diversas organizações.

Em 2004 a CE realiza uma comunicação ao Conselho e ao Parlamento Europeus – *Building Our Common Future* – que traçava três objectivos a atingir entre 2007 e 2013:

- Desenvolvimento sustentável nas suas três vertentes;
- Cidadania europeia, enquanto liberdade justiça, segurança e acesso a bens públicos elementares;
- Projectar a Europa como parceiro global.

No que respeita ao caso particular de Portugal, desde a sua entrada para a União Europeia passou a transpor para a legislação nacional, legislação comunitária existente na área. Na sequência da ratificação da Agenda 21, Portugal publica em 2002 a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (ENDS) (Portugal 2007a), que foi recentemente actualizado, em 2005 com aplicação até 2015. Como referem (Torgal and Jalali 2007), este "*consiste num conjunto coordenado de actuações nas dimensões Económica, Social e Ambiental permitindo assegurar um crescimento económico célere e vigoroso, uma coesão social e um elevado e crescente nível de protecção e valorização do ambiente*". Com o objectivo de "*Fazer de Portugal, no horizonte 2015, um dos países mais competitivos da União Europeia, num quadro de qualidade ambiental e de coesão e responsabilidade social*", como é referido no próprio documento (Portugal 2007a) traçaram-se seis objectivos:

1. Qualificar a população portuguesa ambicionando uma sociedade do conhecimento;
2. Economia sustentável, competitiva e orientada para actividades do futuro;
3. Gestão eficiente e preventiva dos recursos e património ambientais;
4. Planeamento urbano e do território, valorizando a qualidade de vida dos residentes e visitantes;
5. Coesão social e responsabilidade civil;
6. Promover o papel de Portugal na cooperação global.

2.2.3. Construção sustentável – o início

A construção tem acompanhado a evolução do Homem e das suas civilizações. Se em Eras mais anciãs não era tão expressiva, na sociedade moderna acontece o contrário. Edifícios, estradas, pontes, aquedutos, são todos exemplos do que o Homem foi capaz de criar ao longo dos séculos.

Actualmente a indústria construtiva revela-se como um dos sectores com maior impacte, não só na economia mundial, mas também na sociedade e no ambiente. Segundo a (OECD 2003) representava em 2003, 9,7% do produto interno bruto (PIB) na Europa, e 7,9% em Portugal. Já Pinheiro em (Pinheiro 2006) refere que a indústria da construção é responsável por 7% dos postos de trabalho em todo o mundo, sendo que, nos países em desenvolvimento pode atingir os 23%. No que respeita ao ambiente, o sector da construção é um dos maiores consumidores de energia e matérias-primas e um dos maiores geradores de

resíduos, consumindo cerca de 40% da energia primária em todo o mundo (Energy Efficiency in Buildings 2009). O (WBCSD Portugal) aponta que destes 40%, 84% ocorrem na fase operacional do edifício, principalmente em operações de aquecimento e arrefecimento do ar interior e preparação de águas quentes sanitárias (AQS), Ilustração 2.2. O sector é responsável pela produção 180 milhões de toneladas/ano de resíduos na Europa (OECD 2003) e consome, conforme indicam (Roodman and Lenssen 1995) 55% das madeiras extraídas para fins não-combustíveis e 40% de pedra bruta, gravilha e areia, por ano.

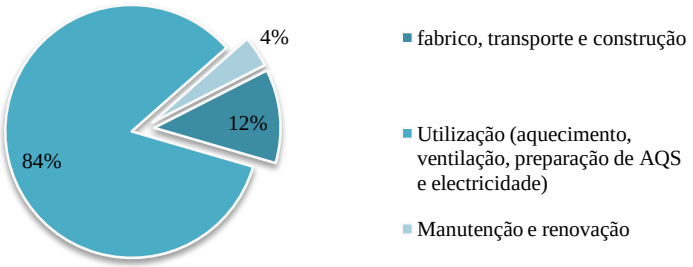


Ilustração 2.2. Ciclo de vida da utilização de energia (adaptado de (WBCSD Portugal)).

Pela exposição feita acima percebe-se a necessidade de conciliar a construção com o desenvolvimento sustentável – Construção Sustentável. Este conceito, utilizado pela primeira vez na Primeira Conferência Internacional de CIB TC 16, na Florida em 1994 por Charles Kibert, como referem (Mateus and Bragança 2006; Pinheiro 2006), consiste "*na criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos (para evitar danos ambientais) e a utilização eficiente dos recursos*". Considerando todo ciclo de vida do edifício, Kibert definiu cinco princípios base para a construção sustentável:

- Reduzir o consumo de recursos (água, solo, energia e materiais);
- Reutilizar os recursos sempre que viável;
- Reciclar materiais em fim de vida e utilizar recursos recicláveis;
- Proteger os recursos naturais e a sua função em todas as actividades a eles associadas;
- Eliminar todos os produtos tóxicos e sub-produtos.

Citou ainda que, como primeira prioridade para se atingirem os objectivos da sustentabilidade, deveria analisar-se as características da construção tradicional e compara-las com os novos critérios, ao nível dos materiais, produtos e processos de produção.

Assim, os três termos que descreviam a construção: qualidade, tempo e custo - fazer bem, barato e no mínimo tempo possível - começaram a ser alterados. Com a consciencialização de que a construção provoca inúmeros impactes sobre o ambiente, tornou-se indispensável passar a considerar também parâmetros de qualidade ambiental. Surge assim a construção eco-eficiente. A integração das preocupações ambientais

com as condicionantes económicas, a equidade social e o legado cultural geram as três dimensões do desenvolvimento sustentável, Ilustração 2.3.

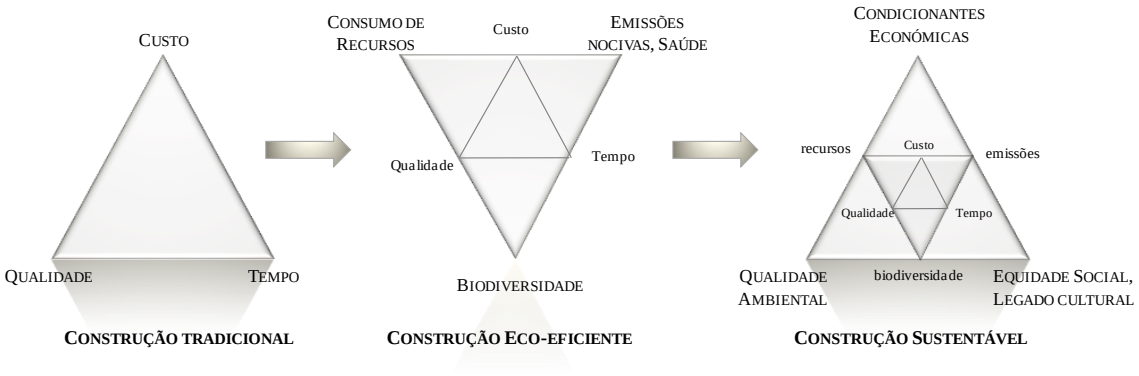


Ilustração 2.3. Evolução das preocupações da indústria da construção adaptado de (Pinheiro 2006) e de (Mateus and Bragança 2006).

Consequentemente, a construção deverá ter por base os seguintes princípios:

- **Reduzir consumo de água e energia**; quer durante a fase de construção quer na de utilização. No primeiro caso, os sistemas de construção devem ser simples e alvo de uma gestão rigorosa, evitando desperdícios. Na fase de utilização deve recorrer-se a fontes de energia renováveis, sistemas de minimização de consumo para aquecimento e arrefecimento do ar interior, ventilação e iluminação naturais e ainda, incluir equipamentos de baixo consumo, quer de água quer de energia.
- **Garantir salubridade do edifício**; recorrer a sistemas de construção que garantam boa ventilação e iluminação naturais, evitando compartimentos sem contacto directo com o exterior.
- **Aumentar durabilidade e flexibilidade do edifício**; utilizar materiais e tecnologias que garantam maior período de utilização. As construções devem ainda ser flexíveis não se cingindo a uma única função, permitindo adaptarem-se a diversas funcionalidades nem modificações extremas.
- **Planear manutenção**. Para garantir o bom estado e bom funcionamento de um edifício são necessárias intervenções de manutenção, que devem ser planeadas desde a fase de construção. Se ao ser construído, o edifício for dotado de pontos de acessos a determinados elementos constituintes da sua estrutura, como canalizações, cabos eléctricos, etc., os impactes causados na fase de manutenção serão muito menores. No entanto, a utilização de materiais de melhor qualidade, garantem, por si só uma maior durabilidade, evitando por conseguinte um número alargado de fases de manutenção. Este aspecto não só aumenta o ciclo de vida do edifício como também diminui o consumo de energia e redução de resíduos.
- **Utilizar materiais eco-eficientes**. Representam matérias que durante o seu ciclo de vida possuem baixo impacte ambiental. Para tal, não devem possuir produtos tóxicos (para o ambiente e para os seres humanos), devem ser duráveis, incorporar baixa energia primária, estarem disponíveis nas

proximidades do local de implementação do edifício, serem recicláveis e reutilizáveis, incluírem na sua constituição materiais reciclados, possuírem baixa massa de construção, serem económicos e por fim, devem garantir boas condições de higiene e segurança a quem os manusear.

- **Implementação do edifício**. Para que um edifício possa ser englobado num conceito sustentável, deve encontrar-se num local "estratégico", encontrar-se próximo de redes de transportes públicos e de amenidades e, num local que, ao mesmo tempo proteja os ocupantes do edifício do ruído urbano. Ao estar próximo das redes de transportes públicos e dos serviços, torna o recurso ao transporte particular menos apetecível, minimizando custos e gastos de energia. Ao evitar o ruído, está-se a aumentar a qualidade de vida dos ocupantes.

2.3. PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

A execução de edifícios sustentáveis vai para além da construção eco-eficiente já que, como já evidenciado, não tem apenas em conta os factores ambientais, mas sim ambientais, sociais e económicos. Apesar disso, no que respeita a estratégias construtivas demonstram-se idênticas; a construção eco-eficiente traduz-se na construção que, provocando o mínimo impacte ambiental possível, tem preocupações como:

- Configuração o edifício em função do meio ambiente envolvente;
- Orientação do edifício;
- Posicionamento de janelas e fachadas dependendo do meio ambiente;
- Fontes de energia: gerada, ambiente e local;
- Controlo do ambiente interno de forma natural e electromecânica;
- Consumo quantidades de energia reduzidas;
- Fontes de matérias-primas têm impacto ambiental mínimo;
- Utilização de materiais reciclados, reutilizáveis/recicláveis.

Aspectos relacionados com a implementação dos edifícios considerados na construção eco-eficiente, baseiam-se em princípios da *Arquitectura Bioclimática* ou *Arquitectura Solar Passiva*. Esta pode ser definida como a arquitectura que, na fase de projecto, tem em consideração as condições climáticas locais, tirando proveito destas para melhorar o desempenho do edifício ao longo do seu ciclo de vida, reduzindo o seu impacte no ambiente, (Gonçalves and Graça 2004). Tem como princípio básico dimensionar, orientar e instalar os elementos arquitectónicos de forma a tirar o maior proveito possível do tipo de clima e condições da área envolvente para que o condicionamento do ar interior seja executado naturalmente. Nestes sistemas a captação da energia solar é realizada através de um elemento construtivo que actua como acumulador de calor; o calor é cedido ao interior, a partir desse elemento, por processos de convecção e condução, o que, devido à sua inércia térmica, retarda e amortece a oscilação das temperaturas interiores, (Mateus and Bragança 2006).

Das diversas variáveis climáticas as que provocam maior influência nos edifícios, ao nível das transferências de calor, são a temperatura do ar exterior e a radiação solar. A diferença entre as temperaturas

interior e exterior gera fluxos energéticos entre os dois lados dos paramentos envolventes do edifício; durante o período de Inverno, as trocas de calor dão-se do interior para o exterior – perdas térmicas, enquanto no Verão o sentido do fluxo é invertido – ganhos térmicos. A redução de ambos os fluxos torna-se então fundamental para melhorar as condições de conforto térmico interior, sem que seja necessário recorrer a elevados consumos energéticos adicionais. A radiação solar no Inverno mostra-se um contributo fulcral para o aumento da temperatura interior, já no Verão representa uma fonte de calor a evitar. Posicionar o edifício em função do Sol torna-se então bastante relevante, para aproveitar todas as potencialidades deste e evitar inconvenientes.

Desta forma, a concepção de um edifício sustentável deverá contemplar diversas medidas, quer activas quer passivas, melhorando a adaptabilidade aos requisitos impostos pela sociedade, não descurando ambiente e economia. De seguida serão expostas medidas a considerar durante as fases de ante-projecto, projecto, construção e utilização.

2.3.1. Selecção do local e integração

Antes de se partir para o desenho e construção do edifício, a escolha do local de implementação é decisiva já que, é a partir dela que surgirão soluções para as fases seguintes. No entanto, da escolha do local não depende só a forma como o edifício será construído, mas também a forma este se insere na sociedade. A Estratégia Temática sobre o Ambiente Urbano, desenvolvida pela Comissão Europeia no âmbito do programa *6th Environment Action Programme* promove cidades compactas e multifuncionais; cidades compactas reduzem consumos energéticos e emissão de poluentes com transportes privados, valorizando os transportes públicos e o andar a pé que, para além de beneficiar o ambiente beneficia a saúde da população. Assim, a selecção de um local próximo do local de trabalho, para edifícios residenciais, ou do local de residência de funcionários e utilizadores, para edifícios de serviços, próximo de outros serviços e com bons acessos a redes de transportes públicos, favorece a sustentabilidade não só do edifício mas também da cidade.

Preferir locais pouco expostos ao vento, como encostas ou conjuntos de árvores, pode revelar-se uma mais-valia, principalmente na estação de aquecimento, já que, pode minimizar gastos com a climatização, graças à redução da perda de calor para o exterior. Evitar o sombreamento por outros edifícios é também relevante na climatização interior, uma vez que, sendo o Sol a principal fonte natural de calor deve ter-se acesso livre a este.

Segundo os Censos de 2001, Portugal apresentava-se como o país da Europa que mais edifícios novos construía, esquecendo conceitos como a reabilitação e reutilização do parque edificado pré-existente. (Pinho and Aguiar 2005) referem que entre 1970 e 2000 o número de alojamentos duplicou nas cidades portuguesas, sem haver correspondência demográfica que o justificasse e que, no mesmo período foram abandonados quase 750.000 fogos anteriores a 1919, utilizando em 2001 um quarto dos fogos utilizados em 1970. Aliado a esta informação, através de valores do INE (INE 2009), em 2007, Portugal contava com

1628 obras de demolição concluídas para 37.383 novas edificações. Além disto, parte do solo português encontra-se contaminado devido a actividades antropogénicas pré-existentes. Desta forma, a reabilitação destes locais, pré-edificados ou contaminados torna-se mais sustentável do que construir em solo "virgem".

Após a escolha acertada do local é importante enquadrar e minimizar o impacte da construção no local. Assim, deve recorrer-se a pavimentos permeáveis, para permitir a drenagem da água das chuvas, manter espaços verdes, já que para além dos benefícios estéticos contribuem para qualidade do ar exterior, minorando o efeito de ilha de calor (UHI), e preferir vegetação nativa.

2.3.2. Projecto do edifício

2.3.2.1. Forma e Orientação

Vários estudos comprovam a importância da orientação e forma dos edifícios no consumo de energia. (Aksoy and Inalli 2006) entre outros, referem que a orientação a Sul é a orientação ideal, quer para ganhos solares de Inverno, quer para o controlo do aquecimento no Verão. Expõem ainda que, a forma geométrica é discutível mas estudos apontam para que a forma rectangular seja a melhor para controlar a incidência solar, e que esta influencia o consumo energético.

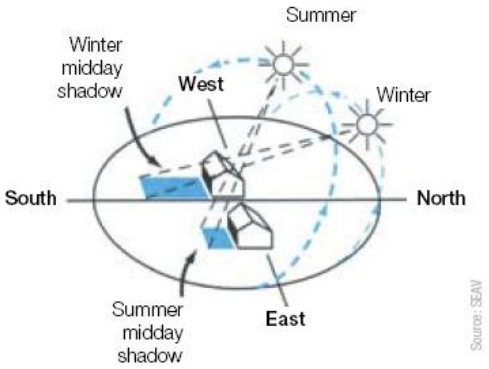


Ilustração 2.4. Representação esquemática da orientação solar ao longo do ano.

É sabido que a posição do sol é variável ao longo do dia e do ano; conhecer-se o seu posicionamento mostra-se assim fundamental na definição da orientação das fachadas, dimensão dos vãos envidraçados e tipologia de vidro a utilizar. A Ilustração 2.4 e Ilustração 2.5 ilustram esta variação e auxiliam a constatação de que, adaptado à latitude de Portugal, a melhor medida será orientar um edifício a Sul, indo de acordo com o já referenciado. Como de Inverno é necessário adoptar sistemas que permitam aquecer o ar interior, sem recorrer a outras formas de aquecimento, o facto de orientar um edifício a Sul, uma vez que se trata de uma orientação que permite obter maior exposição solar e consequentemente maiores ganhos térmicos, é por si só uma medida eficiente. Estes ganhos estão relacionados com o percurso do Sol durante esta estação que se faz para azimutes muito próximos do Sul geográfico. Já durante o Verão, pretende-se proteger o

interior do edifício da radiação solar; a orientação a Sul auxiliada por palas de sombreamento sobre os vãos envidraçados mostra-se, mais uma vez, vantajosa. Nesta estação, o Sol apresenta um ângulo de incidência com a normal mais elevado do que durante na estação fria, sendo próxima do zénite; consequentemente todas as orientações do edifício são afectadas pela sua radiação, sendo a horizontal (cobertura) a que maior incidência solar sofre, daí a necessidade de palas para a formação de sombra, (Gonçalves and Graça 2004).

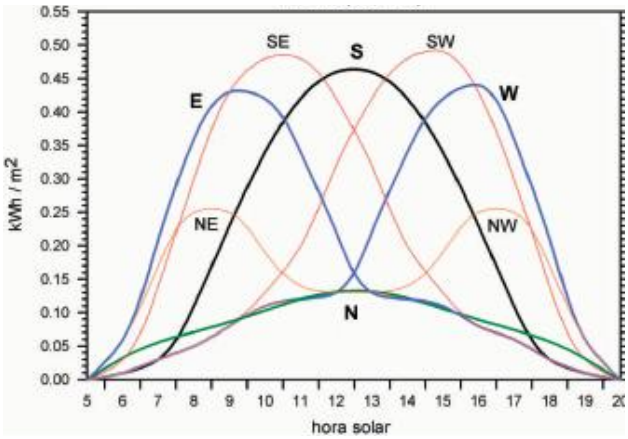


Ilustração 2.5. Radiação solar ao longo do ano, por orientações, na cidade de Lisboa.

Fachadas orientadas a Este e a Oeste, apresentam grande exposição solar durante o Verão e exposições diminutas durante o Inverno, pelo que é conveniente evitar grandes áreas envidraçadas destas fachadas e, sempre que possível recorrer a palas de sombreamento de forma a protege-las durante o Verão.

A Norte, quer de Inverno quer de Verão a radiação incidente é mínima, sendo no entanto ligeiramente superior no primeiro caso, embora por via indirecta devido à abóbada celeste. Assim tal como para fachadas a Este e Oeste, quer a dimensão da fachada quer dos seus vãos envidraçados devem ser reduzidas, (Construção Sustentável 2009).

2.3.3.Construção do Edifício

2.3.3.1. Materiais

O sector da construção é em todo o mundo, um dos maiores consumidores de matérias-primas, exemplo disso é o consumo de madeira (55%) e de agregados como sejam a pedra, brita ou a areia (40%) (Mateus and Bragança 2006). Além deste elevado consumo de recursos, estes necessitam de ser extraídos, transformados e transportados até ao local de aplicação, o que produz vários gastos energéticos. No entanto, não só os gastos energéticos devem condicionar a escolha dos materiais a utilizar e, para além do óbvio conceito de estética, há que ter em conta impactes ecológicos, toxicidade e potenciais de reutilização e reciclagem.

Os materiais mais largamente utilizados pela indústria construtiva, como é sabido, são o betão e os metais. Segundo refere (Camões 2005) a produção de uma tonelada de cimento Portland é responsável pela emissão de cerca de uma tonelada de CO_2, consumindo aproximadamente 4 GJ, sendo este apenas ultrapassado pela produção de alumínio e aço, já que estes consomem 32 GJ e 17,28 GJ. Desta forma, todos os materiais a usar devem ser alvo de ponderação durante a fase de projecto, procurando minorar os impactes produzidos pela sua utilização.

Energia incorporada no material

Esta pode representar aproximadamente 6 a 20% da quantidade total de energia consumida ao longo do ciclo de vida de um edifício, correspondendo à quantidade de energia dispendida na produção, transporte, aplicação, manutenção e desmantelamento dos materiais. Desta fracção 80% representa a Energia Primária Incorporada (PEC) nos materiais, i.e., a energia necessária para a extracção, transporte e transformação; 20% representam a energia consumida durante o transporte para o local de aplicação, aplicação (elevação, montagem, etc.), manutenção/reabilitação e desmantelamento/demolição no fim do ciclo de vida do edifício. Consequentemente, a melhor forma de reduzir a energia incorporada é através de:

- Optar por materiais locais, já que implicam menores gastos no transporte;
- Privilegiar materiais reutilizáveis e recicláveis, pois possuem maior ciclo de vida permitindo amortecer a energia incorporada;
- Recorrer a materiais de baixa massa, já que, geralmente quanto menor a massa do edifício menor será a energia incorporada.

Impacte ecológico incorporado no material

Este critério quantifica o impacte dos materiais sobre o ambiente sendo, na maioria das vezes, indicado através do Potencial de Aquecimento Global (GWP), usando como unidade de medida gramas equivalentes de CO_2. Recorre-se a este composto, uma vez que é um dos gases com maior responsabilidade nas alterações climáticas, e dentro destes é o emitido em maiores quantidades pelas actividades antropogénicas. No sector da construção, a emissão de CO_2 está essencialmente associada aos processos de produção e transporte dos materiais, sendo a produção de cimento a maior responsável pela sua emissão, (Lomite and Kare 2009). No Quadro 2.1 são apresentados os GWP de alguns materiais utilizados na construção.

Quadro 2.1. Potencial de Aquecimento Global, (Berge 2001).

MATERIAL	GWP (gCO_2 eq. /kg)
Aço (reciclado)	557
Alumínio (reciclado)	11.102
Argamassa de cimento	98
Argila (telhas cerâmicas)	190
Argila (tijolo cerâmico)	190
Betão	65
Gesso	265
Lã mineral	1.076
Madeira laminada	277
Poliestireno extrudido (XPS)	1.650
Tela asfáltica	751
Vidro	569

É sabido que as alterações climáticas não são a única consequência a nível ambiental, do sector da construção; este também provoca, por exemplo, contaminação de cursos de água e depleção de recursos naturais. Torna-se então fundamental optar por materiais que consumam pouca água e que, durante o seu processo de produção recorram a sistemas pouco poluentes, para além de ser essencial optar por materiais com conteúdo reciclado e recicláveis, para evitar a rápida depleção dos recursos naturais.

Potencial de reutilização e reciclagem

Pelas já várias razões enumeradas, a selecção dos materiais a utilizar deve passar pelo seu potencial de reutilização e reciclagem. Ambos os processos permitem aumentar o ciclo de vida dos materiais o que amortece potenciais impactes a estes associados. No entanto, é necessário ter em conta que também a reciclagem implica custos energéticos, de recursos e económicos que não devem ser descurados.

Embora quase todos os materiais pela indústria de construção utilizados, possam ser reutilizados e reciclados, há que ter em consideração que isso só poderá acontecer consoante o seu estado de conservação e se forem devidamente separados;

- Aço e alumínio são amplamente recicláveis. É possível a produção de peças com material 100% reciclado, reduzindo, no caso do aço, entre 50 a 70% o consumo energético e a emissão de gases durante o processo e, no caso do alumínio, esta redução atinge os 90%, como referem (Mateus and Bragança 2006);
- Plásticos de elevada densidade, quando devidamente separados podem ser reciclados para produção de novos produtos poliméricos ou valorizados energeticamente;
- Vidro, quando separado, pode ser reaproveitado na produção de novo vidro ou ser incorporado na produção de betão, reduzindo-lhe a energia incorporada em 20%;

- Madeira, para além da valorização energética, pode ser reutilizada directamente, caso esteja em bom estado e possua dimensões standard (janelas, portas…), em outras obras locais;
- Betão e produtos cerâmicos possuem maior grau de dificuldade na sua reutilização. No entanto após um processo de britagem podem ser introduzidos no processo de fabrico de novo betão, caixas de pavimento ou bases de estradas.

Toxicidade de materiais

É importante considerar a toxicidade dos materiais não só na fase de produção e aplicação, mas também na fase de utilização, já que é esta a maior fase do ciclo de vida. A presença de substâncias como os COV (composto orgânicos voláteis), compostos aromáticos, fibras, poeiras, microrganismos e outros poluentes, nos materiais utilizados quer na estrutura dos edifícios, quer na manutenção da mesma, levam não só à degradação da qualidade do ar interior, que potencia problemas de saúde aos ocupantes do edifício, mas também, à poluição do ar exterior, já que estes compostos também podem ser emitidos durante a fase de produção dos materiais. A Directiva comunitária 2004/42/CE (Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia 2004) que veio alterar a Directiva 1999/13/CE tem como objectivo limitar o teor total de COV em determinadas tintas e vernizes e em produtos de retoque de veículos, apresentando duas datas a partir das quais o teor de COV não pode exceder os valores impostos, 1 de Janeiro de 2007 (fase I) e 1 de Janeiro de 2010 (fase II). Já a Norma Europeia 13986 de 2004, entre outras características físico-mecânicas, avalia o teor de formaldeído contido nos derivados de madeira (incluído contraplacados) utilizados na construção, sendo a aquisição da designação "classe E1" o melhor resultado possível nesta categoria.

Consequentemente, a fase de projecto deve considerar a utilização de materiais como:

- Tintas aquosas, com baixo de COV, aromáticos e chumbo;
- Madeiras naturais em detrimento de aglomerados com formaldeído;
- Materiais livres de clorofluocaebonetos (CFC);
- Não utilizar de todo produtos com amianto.

É de elevada importância referir ainda que, a selecção dos materiais deve passar por uma análise do seu custo, não só de aquisição, mas sim de todo o ciclo de vida; considerar que os materiais necessitam de manutenção e posteriormente acabam por ser desfeitos e que, caso possam ser reciclados/reutilizados aumentam o seu valor residual. Muitas vezes optar por um material mais caro na aquisição não representa que na totalidade do seu ciclo de vida assim o seja, além do que, na generalidade das vezes um material é mais caro devido ao seu melhor comportamento ambiental.

2.3.3.2. Conforto Visual e Áreas Envidraçadas

Os vãos envidraçados são a estrutura dos edifícios que mais dinâmica tem com o clima interior e exterior do edifício. Tal como referido anteriormente (secção 2.3.2.1) o dimensionamento dos vãos envidraçados deve ter em conta a orientação solar da fachada em que se encontram e os cálculos térmicos executados na fase de projecto, devem maximizar os benefícios destes e a minimizar os inconvenientes. Para além de permitirem o aquecimento e arrefecimento do ar interior, são a principal fonte de luz natural nos edifícios e, quando com a possibilidade de abertura, são também responsáveis pelos processos de ventilação e renovação do ar. Assim sendo, o seu planeamento deve ser cuidado, para que ao beneficiar um aspecto, não se prejudique outro.

A qualidade e desempenho das áreas envidraçadas são fundamentais para o cumprimento dos novos requisitos legais e determinantes para a obtenção de um bom resultado na Certificação Energética, agora obrigatória, (Portugal 2006c). Assim, a melhor forma de assegurar tais aspectos, durante a fase de projecto devem ser tidos em conta parâmetros como: sombreamento, qualidade dos vidros e da caixilharia.

Sombreamento

Se, durante a estação de aquecimento os ganhos solares são bem-vindos, o mesmo já não acontece na estação de arrefecimento. Já foi dito anteriormente que a maior área envidraçada de um edifício deve localizar-se na fachada Sul, devido ao movimento e posicionamento do Sol, durante todo o ano. Assim sendo, de Inverno convém ter os vãos livres de qualquer obstrução à captação da radiação solar mas de Verão é conveniente recorrer-se a artefactos que minimizem dos ganhos térmicos, através, por exemplo do sombreamento. Este pode ser proporcionado de várias formas, quer através de árvores (de folha caduca, para não causar obstrução durante o Inverno), quer através de palas de sombreamento colocadas acima do vão. Obviamente que, o recurso a estores laminados exteriores também apresenta vantagens nesta área, já que permitem ao utilizador controlar a luminosidade captada, ao mesmo tempo que minimizam ganhos térmicos.

As orientações Poente e Nascente apresentam grande exposição solar durante o Verão ao contrário do que acontece de Inverno, pelo que deverão possuir dispositivos de controlo dos ganhos solares, tal como os vãos orientados a Sul. É ainda importante referir que vãos a Poente são fonte de calor ao fim do dia, quando toda a estrutura do edifício já sofreu aquecimento, pelo que a sua área deve ser pequena, (Construção Sustentável 2009).

Vãos envidraçados a Norte, são fonte de perdas térmicas, não de ganhos. No entanto, para além de permitirem uma boa ventilação natural dos espaços interiores, garantem uma excelente iluminação natural difusa, ao tirarem proveito da luz proveniente da abóbada celeste, evitando por isso o excesso de luz solar directa que é característica das outras orientações.

No caso de existirem clarabóias, no contexto do clima português, estas devem ser bem estudas, evitando o sobreaquecimento das áreas interiores. Quando bem geridas e dimensionadas são uma mais-valia na iluminação natural interior.

Vidros duplos

Se até, sensivelmente, uma década e meia atrás se utilizava apenas um painel de vidro nos vãos envidraçados, hoje em dia isso seria impensável. Actualmente é regra a utilização de vidros duplos (Ilustração 2.6), e em situações específicas, vidros triplos. A escolha do tipo de vidro varia consoante as necessidades: fácil limpeza, exposição solar, ruído exterior, etc. Assim na fase de projecto é importante ter em conta aspectos como:

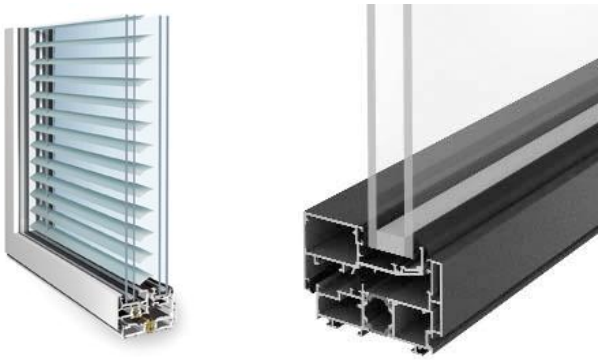
- Coeficiente de transmissão térmico (U) do vão; tem em conta não só as características do vidro mas também da caixilharia. A legislação portuguesa através do novo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), publicado pelo Decreto – Lei n. 80/2006, (Portugal 2006a), propõe valores de referência deste parâmetro consoante a zona climática de inverno do local de implementação;
- Factor solar, i.e., o quociente entre a energia transmitida através do vidro para o interior e a energia nele incidente, (Portugal 2006a). Estes valores encontram-se também legislados pelo RCCTE, Anexo IX;
- Coeficiente de transmissão luminosa; deve ter-se em conta a finalidade do compartimento afectado pelo vão em projecto;
- Propriedades de segurança e de resistência mecânica; o vidro deve resistir a ventos fortes, bem como a impactos mecânicos e, no caso de quebra, manter o máximo de segurança possível;
- Grau de resistência à sujidade; quanto mais resistente for, menor será a necessidade de manutenção. No entanto esta é sempre necessária pelo que ambos os painéis do vidro devem ter fácil acesso.

Ilustração 2.6. Representação esquemática de um vidro duplo.

Caixilharia

A caixilharia, o elemento construtivo que promove a ligação entre os paramentos opacos e o vidro, deve assegurar a estanquicidade e a operacionalidade dos vãos (abrir/fechar, resistência ao vento e a impactos mecânicos) contribuindo para a eficiência energética e ambiental do edifício, (Construção Sustentável 2009), Ilustração 2.7.

De forma a evitar quer perdas de calor para o exterior, quer ganhos térmicos no interior, os materiais da caixilharia assumem um papel fulcral; as caixilharias em madeira, PVC ou alumínio com corte térmico apresentam as melhores propriedades térmicas, enquanto as de alumínio, que não possuam corte térmico só deverão ser utilizadas quando existir uma barreira à transferência de calor. Caso seja possível, a eficiência do vão pode ainda ser melhorada pela introdução de material isolante na caixa dos estores.



(a) (b)

Ilustração 2.7. Exemplos de caixilharia exterior.

Os vãos exteriores são também responsáveis pela manutenção da qualidade do ar interior, não só pelo controle das perdas e ganhos térmicos, mas também pelo controle da ventilação e eliminação de substâncias indesejáveis no ar. A necessidade de renovação do ar interior, por razões de higiene e conforto dos ocupantes (manter níveis de oxigénio, humidade, etc.), deve ser garantida pela ventilação permanente do interior dos edifícios, assegurada por um caudal mínimo de circulação; taxas de renovação de ar e caudais mínimos de circulação de ar são regulamentados quer pelo RCCTE quer pelo RSECE, consoante o âmbito de aplicação pretendido e consoante o tipo de ventilação existente no edifício, natural e/ou mecânica, sendo o valor mínimo da taxa de renovação necessária 0,6 h^{-1}. O grau de estanquicidade da caixilharia e a possibilidade de abertura de pelo menos um vão por compartimento, permitem que estes requisitos sejam garantidos, conservando assim a qualidade do ar interior. No caso de abertura, a caixilharia deverá ainda possibilitar que esta aconteça mesmo quando os ocupantes se encontram ausentes e que mesmo na sua presença permita regular, até certo ponto, a circulação do ar; esta funcionalidade é garantida pela incorporação de ferragens oscilo-batentes – permitindo alternadamente que o respectivo vão abra ou bascule.

Tal como já referido na secção 2.3.3.1 os matérias constituintes da caixilharia deverão ser, se possível, 100% recicláveis e conter também material já reciclado.

2.3.3.3. Conforto Térmico e Qualidade do ar interior

Para garantir a qualidade do ar imposta legalmente, aliado a um bom isolamento e inércia térmicas, devem garantir-se a permeabilidade das superfícies em contacto com o ar interior, ventilação adequada e evitar a emissão de substâncias poluentes por parte das soluções construtivas.

A legislação portuguesa, através do RCCTE e do RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios) (Portugal 2006b) regulamenta parâmetros que asseguraram a qualidade do ar interior e os níveis de conforto térmico de edifícios quer residenciais quer de serviços, como os já mencionados e como que se seguirão, sempre que oportunos.

Permeabilidade de superfícies

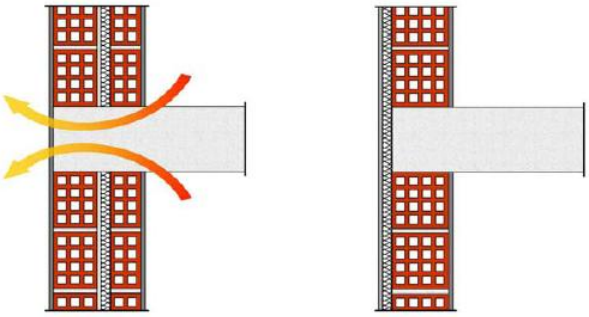
A garantia da qualidade do ar interior passa pela escolha de soluções construtivas que, obviamente impedindo a entrada de água pluvial, permita a saída de vapor para o exterior. Para além da permeabilidade ao vapor por parte dos vários sistemas construtivos, também a qualidade das tintas utilizadas se demonstra fulcral; o recurso a tintas impermeáveis, em tectos e paredes, impedirá que a humidade do ar seja absorvida, levando à sua condensação junto de superfícies frias. Ora, como o processo inverso – evaporação – dificilmente ocorre, a água condensada, irá acumular-se podendo levar à formação de fungos, cujos esporos ao serem libertados para a atmosfera interior podem conduzir alergias e problemas respiratórios aos ocupantes do edifício em causa, (Construção Sustentável 2009).

Isolamento térmico

O isolamento térmico é utilizado em Portugal deste a década de 50, sendo obrigatório desde a entrada em vigor do primeiro RCCTE em 1991. Podendo ser aplicado de diversas formas, interior, exterior ou na caixa-de-ar, demonstra-se mais eficiente quando aplicado pelo exterior, (Construção Sustentável 2009). Visando a satisfação das exigências de conforto dos ocupantes e das preocupações ambientais, das várias soluções existentes, a colocação de isolamento pelo exterior é a que possui uma resposta mais efectiva, apresentando, segundo (Primo 2008) vantagens como:

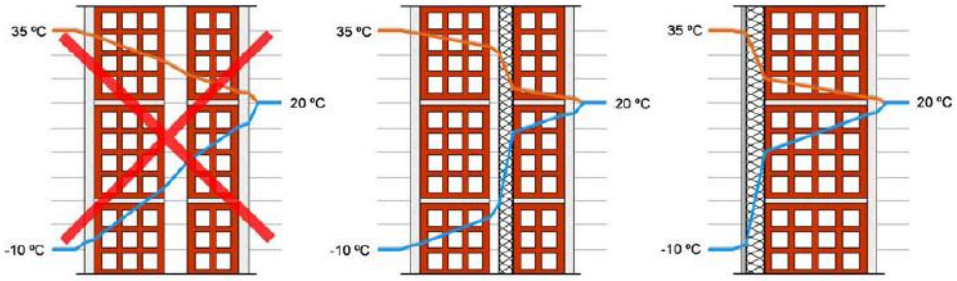
- Eliminação de pontes térmicas, (Ilustração 2.8);
- Aumento da durabilidade das fachadas;
- Aumento da inércia térmica;
- Manutenção da temperatura interior,
- Diminuição do risco de condensações;
- Redução do consumo energético para climatização;
- Ganho de área habitável por redução da espessura das paredes;
- Diminuição do peso das paredes;

- Diminuição do gradiente térmico entre o exterior e o interior (Ilustração 2.9);
- Protecção ao fogo;
- Redução de ruído e vibração;
- Adequação a processos de reabilitação.



(a) (b)

Ilustração 2.8. Representação esquemática da redução de pontes térmicas por recurso ao isolamento exterior. **(a)** Isolamento da caixa-de-ar – perda térmica; **(b)** Isolamento exterior – sem perdas térmicas, (maxit - Tecnologias de Construção e Renovação Lda 2002).



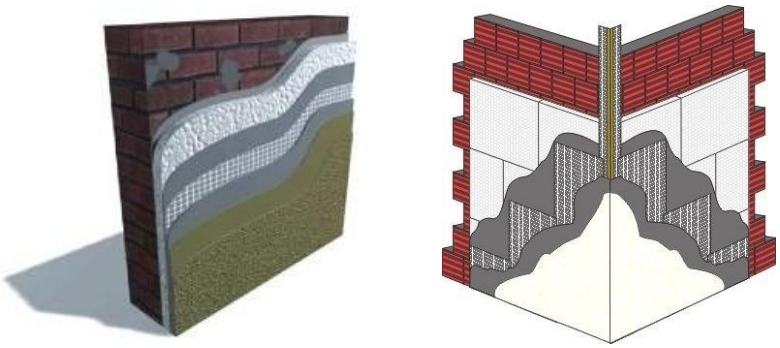
(a) (b) (c)

Ilustração 2.9. Comparação entre os gradientes de temperatura a que estão sujeitas três paredes com revestimento de cor clara. **(a)** Parede dupla de alvenaria sem isolamento térmico (não recomendado); **(b)** Parede dupla de alvenaria com isolamento térmico na caixa-de-ar; **(c)** Parede simples de alvenaria isolada termicamente pelo exterior, (maxit - Tecnologias de Construção e Renovação Lda 2002).

Os níveis de isolamento térmico encontram-se regulamentados pelo RCCTE, sendo necessário para o mínimo de conforto, uma resistência térmica mínima de 0,77 $m^2 \cdot °C/W$ [1]. O sistema de implementação deste tipo de isolamento é constituído, de dentro para fora, segundo a empresa especializada (Representações Esferovite S.A. 2007) (Ilustração 2.10), por:

[1] Inverso do coeficiente de transmissão térmica máximo para elementos interiores de zona corrente, para a zona climática I_2.

- Suporte (alvenaria, betão, etc.);
- Esferovite M1 (EPS) – não inflamável e com densidade de 15 kg/m^3;
- Primário - argamassa aderente para pontos de fixação e cobertura em duplo leito contínuo (5,5 kg/m^2);
- Tela tecida de vidro - para armação integral do isolamento com 150 g/m^2 e tratamento anti-alcalino;
- Primário – idêntico ao anterior, em camada de 1-4mm;
- Revestimento – duplo que impede a formação de fendas, impermeável mas vapo-transpirável. Este pode ser variável e não forçosamente aplicado, podendo optar-se por outro tipo de revestimento.



(a) (b)

Ilustração 2.10. Representações esquemáticas de isolamento térmico pelo exterior. **(a)** Sistema Hotskin (Louripereiras - Serviços de Pintura Lda 2007); **(b)** Sistema Dryvit (Representações Esferovite S.A. 2007).

Inércia Térmica

Hoje em dia a inércia térmica é proposta como um método passivo para a redução dos consumos de energia com a climatização interior, sendo a presença ou não de massa de armazenando um factor a ter em conta, já que esta é responsável pelo atraso entre o fornecimento de calor proveniente do exterior e o aumento da temperatura interior, (Lobão 2004). Em Portugal, dado à grande exposição solar e clima quente, este fenómeno deve ser bastante explorado. Se se olhar para a construção portuguesa verifica-se que sistemas como a taipa e o adobe, usados na construção tradicional, possuem elevada inércia térmica dada a elevada massa das paredes, (Mateus and Bragança 2006). Uma massa térmica elevada, quando associada a isolamento térmico, preferencialmente externo e a sistemas de ventilação natural, podem por si só garantir a estabilidade térmica do interior do edifício sem que seja necessário recorrer a sistemas de climatização auxiliares. Enquanto o isolamento protege o interior dos edifícios das consequências das grandes amplitudes térmicas características do nosso país (Verão e Inverno), a ventilação natural é um processo essencialmente importante durante as noites de Verão, uma vez que, auxilia a dissipação do calor armazenado nos materiais durante este período. Esta libertação irá deixar "espaço livre" para que o calor recebido no dia seguinte seja armazenado e não transferido ao interior, (Construção Sustentável 2009).

Este parâmetro pode ser quantificado segundo o RCCTE, com base na consideração das massas superficiais úteis (Mi) dos vários elementos que constituem a construção (paredes exteriores, pavimentos e coberturas).

Ventilação e Arrefecimento

A necessidade de ventilação encontra-se directamente relacionada com o conforto higrotérmico, já que a qualidade do ar interior é degrada através do metabolismo dos ocupantes, das actividades desenvolvidas e dos equipamentos instalados, levando ao desconforto dos ocupantes e à degradação precoce dos materiais. A ventilação pode ser assegurada por sistemas como:

- Infiltração;
- Aberturas Instaladas nas fachadas;
- Cruzada assistida por torres de vento;
- Cruzada assistida por tubagens;
- Tiragem térmica assistida por tubagens;
- Tiragem térmica assistida por chaminé solar;
- Tiragem térmica assistida por fachada dupla;
- Tiragem térmica assistida por zonas de transição.

A ventilação natural ocorre essencialmente devido variações de pressão do ar que resultam, quer do gradiente de temperaturas gerado entre o interior e exterior do edifício, quer por variações de densidade do ar (ar quente menos denso que ar frio), ou ainda causadas pelo vento, (Verdelho 2008).

Durante a estação de arrefecimento (Verão) o recurso à ventilação pode ser uma medida eficiente para arrefecer o ar interior, quando promovida durante os períodos em que a temperatura exterior é mais baixa – noite e inicio da manhã, Ilustração 2.11. No entanto se se recorrer a sistemas como a tiragem térmica assistida por tubagens, em que estas se encontram enterradas no solo, o arrefecimento pode ser promovido durante o período diurno, já que amplitude térmica entre o solo e o ar é bastante elevada – 14 a 18°C no solo e 30-35°C no ar exterior.

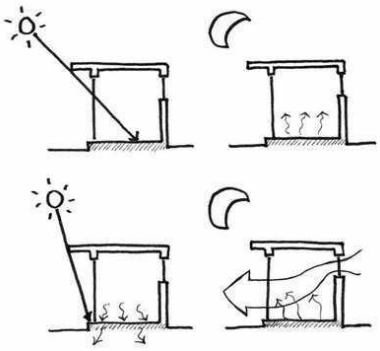


Ilustração 2.11. Representação esquemática de ventilação natural (Ecoarkitekt 2009).

Tal como já mencionado, a ventilação natural associada à elevada inércia térmica permite controlar os ganhos térmicos excessivos e os picos de calor. A Legislação portuguesa impõe a taxa mínima de renovação do ar e a velocidade máxima deste, como referido na secção 2.3.3.3, do presente Capítulo.

Parede de Trombe

Seguindo mais uma vez os conceitos da arquitectura solar passiva, a parede de Trombe representa um sistema de ganhos energéticos indirecto já que, permite manutenção da temperatura interior, é conseguida através da retenção de calor durante as horas de sol e libertação deste durante o período nocturno.

A parede de trombe convencional, referem (Chel et al. 2008; Mateus and Bragança 2006; Yilmaz and Kundakci 2008) consiste em cobrir as paredes voltadas a Sul, com um paramento exterior de cor escura e com um pano simples, ou duplo, de material transparente, geralmente vidro, deixando uma câmara-de-ar entre ambos, como representado na Ilustração 2.12.

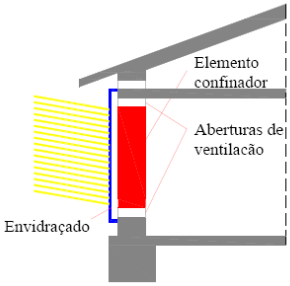


Ilustração 2.12. Representação esquemática de uma parede de Trombe, (Mateus 2004).

A massa do elemento confinador – parede, normalmente constituída em betão armado, pedra ou adobe, possui uma espessura na gama dos 200 a 400 mm, de forma a impedir que o calor absorvido por estas não atinja o interior do edifício durante as horas de sol. Este elemento pode ou não conter aberturas de ventilação, quer na parte inferior quer na superior, definindo assim, consoante a sua existência, se a parede é ventilada ou não. Estas aberturas permitem ao utlizador, controlar os fluxos de ar, controlando consequentemente a temperatura interior. O paramento transparente – vidro – é colocado de forma a garantir uma caixa-de-ar ente os 20 a 150 mm de espessura. Assim o calor recebido pelo vidro, é absorvido pela superfície escura da parede e acumulado nesta, sendo lentamente transmitido à face interior da parede. A colocação do paramento envidraçado prende-se com o facto de, permitir a retenção do calor radiante da face exterior da parede, na caixa-de-ar.

Se a parede não possuir as aberturas de ventilação, a radiação solar que incide no vidro é armazenada no interior da parede durante o dia, sob a forma de energia térmica, sendo transferida por condução para a superfície interior da parede e por convecção para o ar interior, durante a noite, minimizando consequentemente os gastos energéticos com a climatização. Caso o vidro seja permeável aos raios solares,

mas não as ondas da radiação térmica, este irá impedir perdas de calor para o exterior aumentando a eficiência da parede, como indicam (Yilmaz and Kundakci 2008).

Já nas paredes ventiladas, há que discriminar dois tipos de funcionamento, o de dia e o da noite. Durante o dia, o ar da caixa-de-ar é aquecido através da radiação solar incidente no vidro; por convecção natural o ar quente ascende e atravessa a abertura superior da parede atingindo o interior, onde por condução irá aquecer o ar aí existente. A abertura inferior, permite gerar um fluxo de ar – efeito termo-sifão – através da qual o ar frio do interior regressa à câmara-de-ar, para ser reaquecido, Ilustração 2.13 (a). Durante o período nocturno, a inexistência de radiação solar leva a que seja necessário fechar as aberturas de forma impedir perdas térmicas para o exterior. Assim, a inércia térmica do elemento confinador revela-se de grande importância, já que a partir deste momento, o calor por este acumulado começa a ser transferido para o interior do compartimento, Ilustração 2.13 (b). Desta forma, o bom dimensionamento da parede revela-se fundamental para que o período de transferência de calor ao interior, esteja coordenado com a duração do período nocturno, podendo o ganho energético satisfazer 15% das necessidades de climatização.

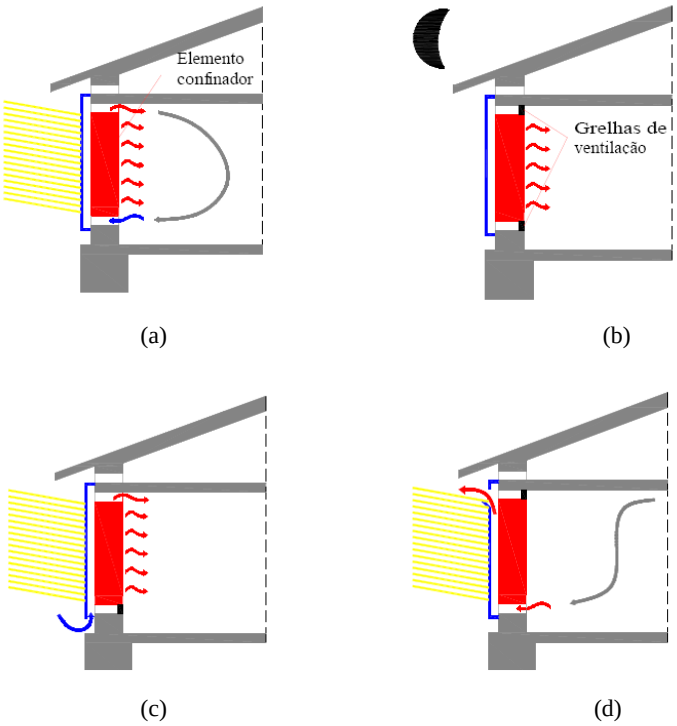


Ilustração 2.13. Representação esquemática do funcionamento da parede de Trombe **(a)** Inverno - dia; **(b)** Inverno – noite; **(c)** estação amena (Primavera/Outono); **(d)** Verão; (Mateus 2004).

Para melhor aproveitar a eficiência destes sistemas, tal como já referido, as aberturas de ventilação deverão poder ser controladas pelo utilizador (na Primavera e Outono), e o paramento envidraçado deverá ter a possibilidade de ser aberto, evitando o sobreaquecimento no Verão, como apresenta a Ilustração 2.13 (c) e (d). No entanto, a incidência da radiação solar nesta estação não é muito acentuada, dado o ângulo a que a o Sol se move ser demasiado íngreme, resultando na reflexão da maior parte da radiação.

Qualidade do ar

No que respeita à qualidade do ar interior, para além de ser necessário assegurar o conforto térmico, de humidade e ventilação, é necessário garantir a qualidade a nível das substâncias químicas e microbiológicas aí existentes.

A manutenção da quantidade adequada destes parâmetros pode ser proporcionada por soluções já apresentadas, como o tipo de materiais utilizados na construção (baixo teor de COV e outros poluentes), superfícies permeáveis e ventilação natural (diminuição do desenvolvimento de fungos e outros microrganismos e garantia de níveis de humidade ideias).

Para edifícios de serviços com área superior a 1000 m^2 e/ou sistema de climatização centralizado, o RSECE apresenta no seu Anexo VII os limites máximos permitidos para a concentração de poluentes no interior de edifícios, como apresentado no Quadro 2.2.

Quadro 2.2. Concentrações máximas de poluentes do ar interior segundo RSECE.

PARÂMETRO	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA (mg/m^3)
PM_{10}	0,15
CO_2	1.800
CO	12,5
O_3	0,2
Formaldeído	0,1
COV	0,6

2.3.3.4. Conforto Acústico

Com o desenvolvimento das zonas urbanas e consecutivo aumento do tráfego rodoviário, houve um aumento significativo do ruído, que se tornou num dos principais factores da degradação da qualidade de vida das populações; o ruído representa um estímulo sem conteúdo informativo que podendo ser só incomodativo também pode levar a sérios problemas de saúde. Desta forma, em Portugal desde os anos 50 que a área da acústica está ligada ao sector da edificação urbana em especial aos requisitos de qualidade da construção, com a publicação do Regulamento Geral das Edificações Urbanas, em 1951. Uns anos depois, em 1987 é publicado o primeiro Regulamento Geral do Ruído cujo objectivo era estabelecer um conjunto de políticas de prevenção e combate ao ruído. Porém, este regulamento veio revelar-se pouco eficiente, sendo actualizado pelo Decreto-Lei n.º 292/2000, sendo criadas condições para a integração da prevenção do ruído na política de ordenamento do território. Desta forma foram definidas áreas sensíveis e áreas mistas consoante a vocação do meio edificado aí localizado, que passaram a possuir diferentes limites máximos de exposição ao ruído e dois períodos de referência, diurno e nocturno. Este documento foi também ele actualizado pelo Decreto-Lei 09/2007 (Portugal 2007b), que introduziu um novo período de

referência – entardecer. Actualizou os limites para as zonas sensíveis e mistas, regulamenta o período de obras dentro de edifícios, etc. No que respeita à regulamentação específica para edifícios, Portugal rege-se pelo Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, instituído pelo Decreto-Lei n.º129/2002 e recentemente actualizado pelo Decreto-Lei n.º 96/2008 (Portugal 2008). Este estabelece os requisitos acústicos dos edifícios - isolamento sonoro a ruídos de condução aérea, isolamento sonoro a ruídos de percussão, tempo de reverberação e ruídos particulares de equipamentos – com as seguintes funções e usos: habitacionais e mistos; comerciais, industriais ou de serviços, escolares e de investigação; hospitalares; recintos desportivos e estações de transporte de passageiros. Com a publicação dos documentos mencionados, Portugal possui uma das melhores legislações na Europa no que diz respeito à regulamentação do ruído.

Relativamente à acústica de edifícios existem duas perspectivas de análise: correcção acústica e o isolamento sonoro. Dado o âmbito de aplicação da presente dissertação apenas será mencionado o isolamento acústico. O isolamento acústico dos edifícios deve ser assegurado pelas soluções construtivas de pavimentos e paredes, pelo que o estudo do comportamento destes deve ser levado a cabo de forma a proporcionar soluções mais eficientes. Desta forma analisam-se o isolamento a ruídos de condução aérea, caracterizado pelo índice de isolamento a sons aéreos ($D_{n,w}$) e o isolamento a ruídos de percussão pelo índice de isolamento a sons de percussão ($L'_{n,w}$). O primeiro é essencialmente importante os paramentos verticais, e depende de factores como a frequência do som incidente, a massa e porosidade do elemento e o ângulo de incidência. O ruído de condução área, sendo transmitido unicamente pela vibração do ar, pode ser travado através do aumento da massa dos elementos construtivos, pela sua duplicação e pela introdução de materiais absorventes (EPS, Lã mineral, etc.). Paramentos constituídos por tijolo de 11 com 2cm de argamassa podem ter uma redução sonora normalizada de 39 dB, enquanto um paramento de alvenaria dupla com lã mineral na caixa-de-ar atinge os 49 dB de redução, já vidros duplos podem possuir uma redução de 33 dB enquanto vidros simples podem ficar pelos 29 dB, (Carvalho 2007).O isolamento a sons de percussão, resultam da solicitação mecânica dos elementos e têm especial efeito em paramentos horizontais. Resultando essencialmente de vibrações de estruturas sólidas, as soluções que aumentam o isolamento a sons de condução aérea não são eficazes neste caso. O isolamento a este tipo de solicitações pode ser melhorado pela aplicação de revestimentos flexíveis (risilientes) como alcatifa, tectos falsos com lã mineral no tardoz da caixa-de-ar, Ilustração 2.14, a aplicação de apoios anti-vibráteis na fonte do ruído e provocar cortes na laje de forma a contrariar a propagação da onda vibratória. Existem, em Portugal empresas que produzem soluções de pavimento, como vinílio e linóleo que na sua constituição possuem materiais que os tornam tanto isolantes a ruídos de percussão tanto pela sua elevada resiliência, como pela sua densidade, Ilustração 2.15. Equipamentos de climatização, aquecimento, convectores e radiadores são fonte de ruído, pelo que isolar as fontes de vibração é essencial para manter o conforto acústico interior. Para além dos conhecidos apoios anti-vibráteis já referidos, existem no mercado revestimentos próprios para isolar as tubagens inerentes a estes sistemas.

(a) (b) (c)

Ilustração 2.14. Isolantes acústicos. **(a)** lã mineral; **(b)** espuma flexível; **(c)** ressoadores.

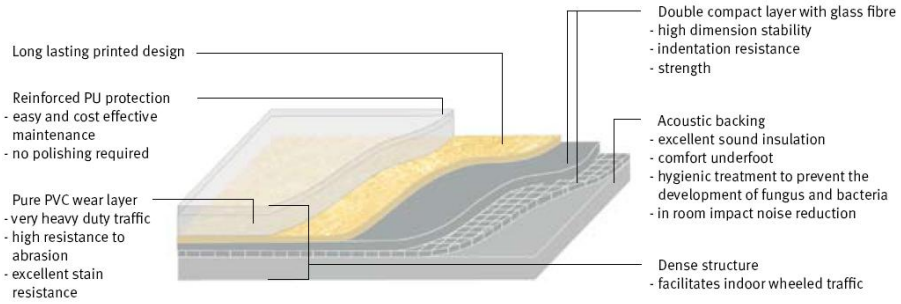


Ilustração 2.15. Solução de pavimento com isolamento acústico, (Forgo 2009).

2.3.3.5. Ilha de Calor

Embora estas sejam comunicações recentes, a preocupação com as alterações climáticas das cidades não é de hoje, (Stewart 2007) refere que, Luke Howard, em 1833 realizou as primeiras observações de ilhas de calor, em Londres. O termo *"ilha de calor"* (UHI) reflecte a diferença de temperaturas entre as zonas urbanas e as zonas rurais envolventes, ΔT_{u-r} (Oke 1982) (Ilustração 2.16 (a.3)). O principio básico das UHI é a absorção da radiação solar por parte das estruturas citadinas (pavimentos, estradas, edifícios etc.) durante o dia, calor esse que é re-irradiado para a atmosfera durante o período nocturno (Wong and Yu 2005). As alterações climáticas locais causadas pelas UHI afectam toda a comunidade citadina, afectando a sua saúde, actividades laborais e de lazer, tendo impactes também a níveis económicos e ambientais, como será relatado mais adiante nesta secção. Uma das mais importantes características das UHI é a sua intensidade e variação ao longo do tempo e do espaço. Embora dependo de vários factores, associado aos já referidos, o que mais a influencia a ilha de calor é:

- Morfologia urbana;
- Condições meteorológicas;
- Localização geográfica;
- Hora do dia;

- Actividades antropogénicas produtoras e emissoras de calor.

Convém distinguir, essencialmente, para efeitos de escala os conceitos de (i) camada urbana coberta (UCL) e (ii) camada de fronteira urbana (UBL). A primeira, estende-se desde o solo até, aproximadamente, metade da altura dos edifícios, e a segunda é consequente a esta prolongando-se na atmosfera até ao ponto em que a superfície urbana deixa de ter efeito. Pode, no entanto, definir-se mais uma UHI relativa às superfícies – ilha de calor de superfície (SUHI).

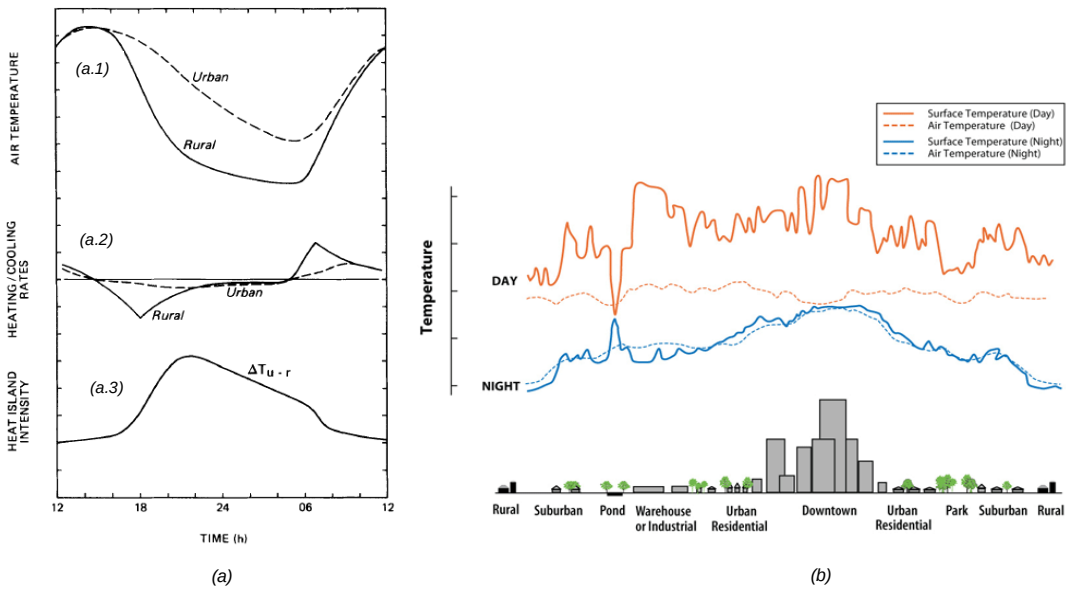


Ilustração 2.16. Representação hipotética da distribuição temporal e espacial das ilhas de calor com condições meteorologicas "ideais" (céu limpo, sem vento). **(a)** na camada urbana coberta (UCL), (a.1) temperatura do ar; (a.2) racio aquecimento/arrefecimento; (a.3) intensidade da ilha de calor. (Oke 1982). **(b)** superfíce das infra-estruturas e temperatura do ar (EPA 2009a). As unidades da escala vertical são: ºC para (a.1), (a.3) e (b) e ºC/h para (a.2).

A UCL é um fenómeno essencialmente nocturno (Ilustração 2.16 (a.3)), consequente das diferenças verificadas essencialmente, no processo de arrefecimento rural/urbano. Se durante o dia as diferenças de temperatura entre as zonas urbanas e as rurais podem ser entre 1 a 3°C, durante o período nocturno esta disparidade aumenta para valores na ordem dos 12°C. Com fenómeno das SUHI, acontece o inverso. Estas caracterizam-se por serem mais intensas durante o dia, como se verifica na Ilustração 2.16 (b), e é referido em (EPA 2009a; Xu 2009). Num dia de verão a temperatura de uma superfície urbana pode ser entre 27 a 50°C superior á temperatura do ar, durante o dia, e 5 a 10°C, durante a noite.

Tal como exposto anteriormente, as diferenças das características dos materiais que constituem o meio urbano, relativamente às do meio rural, são um ponto fulcral para o fenómeno das SUHI. Este resulta dos efeitos causados pelas propriedades radioactivas e termodinâmicas dos materiais, incluindo humidade,

absorção e emissividade térmica, radiação incidente (solar e atmosférica) e dos efeitos da camada de ar vizinha e a relação turbulenta de transferência de calor com a superfície (Oke 1982; Voogt and Oke 2003).

Tipicamente as áreas urbanas possuem materiais com menor albedo que as rurais, retendo por isso, maior quantidade de calor na sua estrutura, levando ao sobreaquecimento, durante o período diurno, e dificultando o arrefecimento do ar durante o período nocturno, já que as superfícies tendem a libertar à noite o calor acumulado durante o dia; da termodinâmica sabe-se que os corpos tendem a receber/libertar calor, até atingirem o equilíbrio.

A falta de espaços verdes, incluindo ausência de árvores, diminui as zonas sombreadas e interfere provocando o aumento da temperatura das estruturas, por não estarem protegidas da radiação solar. Para além disto contribuem ainda para o aquecimento do ar, já que a ausência de vegetação impossibilita a transferência de água (que dissipa o calor) para a atmosfera, através do processo de evapotranspiração.

Também a geometria da cidade interfere na forma como o calor é liberto para a atmosfera. A inversão de estruturas rurais planas, para estruturas verticais, leva a que o processo de libertação da energia calorífica retida seja dificultado (EPA 2009b; Oke 1982; Pinho and Orgaz 2000). A geometria da cidade influencia os fluxos do vento, a absorção de energia e a capacidade de algumas superfícies emitirem radiação infra-vermelha.

As condições meteorológicas têm também o seu papel no processo de formação das UHI. Vários estudos, entre os quais (Pinho and Orgaz 2000), demonstram que a presença de ciclones, i.e. formações nebulosas intensas, ventos fortes e chuvas, diminuem a intensidade das UHI; enquanto anti-ciclones, ou seja, céu limpo, vento fraco ou inexistente intensificam o fenómeno.

Embora com menor impacto e dependo da estação do ano, segundo (Montávez et al. 2000), as actividades antropogénicas citadinas também coadjuvam as UHI. Actividades tais como tráfego e utilização de sistemas de ar condicionado, são grandes consumidores de energia e consequentemente grandes fontes de calor. Este calor é adicionado ao calor armazenado nos materiais durante o dia, que graças à morfologia das cidades, são retidos entre os edifícios, sofrendo múltiplas reflexões, reduzindo a interface com a atmosfera, como indicam (Pinho and Orgaz 2000) e como mostra a Ilustração 2.17.

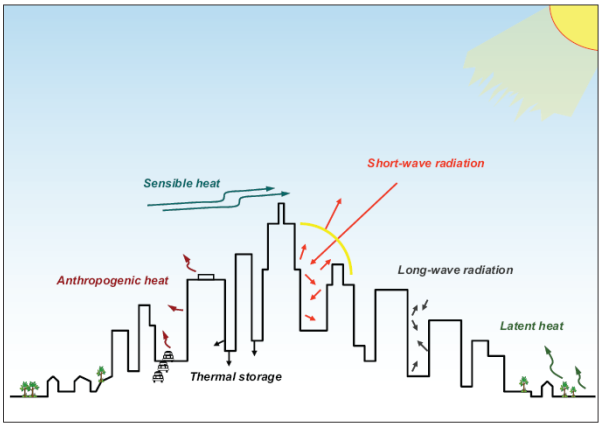


Ilustração 2.17. Balanço energético das superfícies urbanas (EPA 2009b).

As UHI contribuírem, obviamente, para as alterações climáticas, quer a nível local quer regional, afectando com isso o bem-estar das populações urbanas, para além de provocar impactes, quer a nível ambiental, aumento da emissão de poluentes e GEE, prejuízos na qualidade da água e aumento do consumo de energia, quer a nível económico, consequente do aumento da necessidade de energia para arrefecimento dos edifícios. O aumento da temperatura das superfícies durante o dia, a dificuldade de arrefecimento no período nocturno e a elevada quantidade de poluente atmosféricos, característicos das cidades e potencializados pelo fenómeno em foco, contribuem para o desconforto das populações; dificuldades respiratórias, dores de cabeça, cólicas, mal-estar, são algumas das consequências das UHI. A quando de ondas de calor, podem ser mais prejudiciais, podendo levar à morte da população mais sensível.

As estratégias de mitigação das SHI ocorrem em três áreas de intervenção: Áreas verdes, coberturas e pavimentos.

Como afirmam (Kum et al. 1994) as temperaturas urbanas podem ser reduzidas através da diminuição da quantidade de energia solar que é convertida em calor sensível, sendo a inclusão de vegetação nas cidades um método que propicia tal redução. Ora isto acontece uma vez que, as superfícies verdes possuem um rácio Bowen[1] menor que qualquer superfície mineral; a radiação solar incidente é convertida em energia, para processos de fotossíntese e transpiração, conduzindo a um menor fluxo de calor sensível, fazendo com que as temperaturas em torno das áreas verdes sejam mais baixas do que na envolvência das áreas construídas, como expõem (Wong and Yu 2005). (Akbari 2002) aprimora a relação das áreas verdes com os efeitos de mitigação das UHI dizendo que a vegetação, para além do efeito indirecto já referido, possui efeitos directos, através do sombreamento das superfícies.

Tal como já evidenciado, os balanços de calor nas cidades estão intimamente relacionados com os diversos tipos de superfícies que compõem o ambiente urbano. As superfícies dos telhados/coberturas são interfaces chave nas trocas volumétricas de energia, uma vez que, constituem uma larga fracção das superfícies citadinas, e graças à sua imensa exposição à radiação solar, (Meyn and Oke 2009). Foram então desenvolvidas duas formas de minorar os seus efeitos negativos no aumento das UHI: coberturas verdes; coberturas frescas.

2.3.4. Equipamentos

Em Portugal os edifícios representam cerca de 25% do consumo energético final do país, sendo por isso necessárias medidas de redução de consumo, durante a fase mais longa do ciclo de vida destes – fase de utilização. Desta forma, deve optar-se pela utilização de equipamentos eficientes e de baixo consumo. O sector habitacional consome energia essencialmente para climatização, iluminação e pelos electrodomésticos. Assim optando por soluções de arquitectura solar passiva é possível contornar o uso

[1] Rácio Bowen representa a proporção entre o calor sensível e o calor latente que são libertos por uma superfície. Varia entre < 0,1 para superfícies húmidas e > 10 para superfícies secas.

excessivo de aparelhos para climatização, reduzindo consequentemente uma importante fatia do consumo energético.

No caso de electrodomésticos, o ideal será a compra de equipamentos de classe A. Para além de mais eficientes energeticamente, também consomem menor quantidade de água (caso esta seja por ele utilizada). Embora se devendo optar por um equipamento de alta eficiência é também necessário ter em conta a sua dimensão e capacidade de carga, de forma a melhor se adaptar às necessidades do utilizador.

Relativamente à iluminação, deve promover-se o aproveitamento da iluminação natural, tão abundante em Portugal, bem como o recurso a lâmpadas de baixo consumo (fluorescentes e LED), a candeeiros com regulação da intensidade de luz, adaptar o nível de iluminação ao tipo de actividade, possibilitar o controlo da iluminação por zonas e recorrer a sensores de movimento em zonas comuns de um edifício multifamiliar.

Para além de ser essencial minimizar gastos energéticos, convém também minorar consumos de água e de materiais, de forma a reduzir não só os gastos económicos do utilizador mas também os impactes ambientais causados pela globalidade do ciclo de vida do edifício. Quanto aos materiais a usar, estes já foram referidos na secção 2.3.3.1, já os equipamentos que permitam a redução do consumo de água são retratados na secção seguinte.

2.3.5.Água

A água é um bem essencial à vida e sendo finito, é impreterível preserva-lo. Apesar disto, o consumo descontrolado de água em sido prática corrente nos países desenvolvidos. Para além do excesso de consumo também uma distribuição ineficiente leva ao desperdício. O aumento do consumo leva também a que seja necessário tratar maiores quantidades de água o que acarreta custos, que terão de ser cobrados às populações. Assim para além dos custos ambientais, o consumo excessivo também possui custos económicos. Dados do INE revelam que, em 2005, Portugal continental consumiu 598 719 milhões de metros cúbicos de água, correspondendo a uma capitação de 59 m^3/hab.ano. Numa habitação a distribuição do consumo de água faz-se consoante o apresentado na Ilustração 2.18. A título de exemplo, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNEA) atribui aos autoclismos o consumo de 45m^3 de água por ano, representando 11% do consumo de água numa habitação, já os chuveiros representam 39% do consumo.

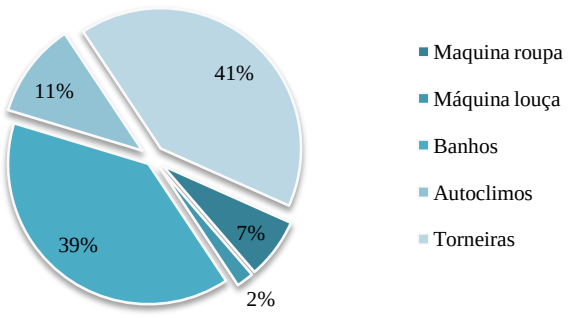


Ilustração 2.18. Representação gráfica do consumo de água numa habitação.

Embora o maior consumo de água nos edifícios se dê durante a fase de utilização, também durante a fase de projecto é possível minorar os gastos, através da selecção de materiais com baixa quantidade de água incorporada e baixo consumo no processo de fabrico (Quadro 2.3), como já mencionado, e de uma gestão eficiente em obra. Na fase de utilização é também possível reduzir substancialmente o consumo de água actuando ao nível dos dispositivos sanitários e do aproveitamento da água das chuvas e das águas cinzentas.

Quadro 2.3. Volume de água consumido por kg de material vulgarmente utilizado na construção, (Berge 2001) .

MATERIAL	CONSUMO ÁGUA (l/kg)
Aço não reciclado	3.400
Alumínio 100% reciclado	29.000
Argamassa de cimento	170
Argila (telha cerâmica)	640
Argila (tijolo cerâmico)	520
Betão	170
Gesso	240
Lã rocha	1.360
Madeira laminada	390
Vidro	680

Ao nível dos dispositivos sanitários, pode actuar-se das seguintes formas:

- Autoclismos – selecção de modelos de baixa capacidade (6litros) e de descarga diferenciada (3 e 6 litros), permitindo uma poupança de 28 m^3/ano.habitação;
- Bacias de retrete – recorrer a bacias com sistema seco. Em vez de água, é utilizado um sistema de sucção, poupando assim os 45 m^3 de água anuais gastos pelos autoclismos numa habitação[1];
- Chuveiros – inclusão de chuveiros com menor caudal, mas com filtros arejadores, reduz o consumo e possibilita características adicionais como massagem. Admitindo a a substituição de um chuveiro convencional (12 L/min) por um de menor caudal (9 L/min) é possível obter um potencial de redução de 20 m^3/ano·habitação;
- Torneiras – seleccionar torneira de menor caudal e com filtros arejadores, como nos chuveiros; optar por torneiras de monocomando permitem a interrupção do fluxo rapidamente e termoestáticas, permitem regular a temperatura e mande-la sem ser necessário constantes regulações e desperdícios. A substituição de uma torneira de 6L/min por uma de 3L/min permite um potencial de redução de consumo de 19 m^3/ano·habitação.

É ainda possível fazer-se recolha das águas pluviais, através de sistemas adequados, permitindo utilizar a água recolhida em utilizações exteriores, como a rega – outro responsável por grandes consumos de água. Realizando um tratamento adequado é também possível reaproveitar as águas cinzentas geradas no interior, para uso no exterior e no interior em bacias de retrete, Ilustração 2.19.

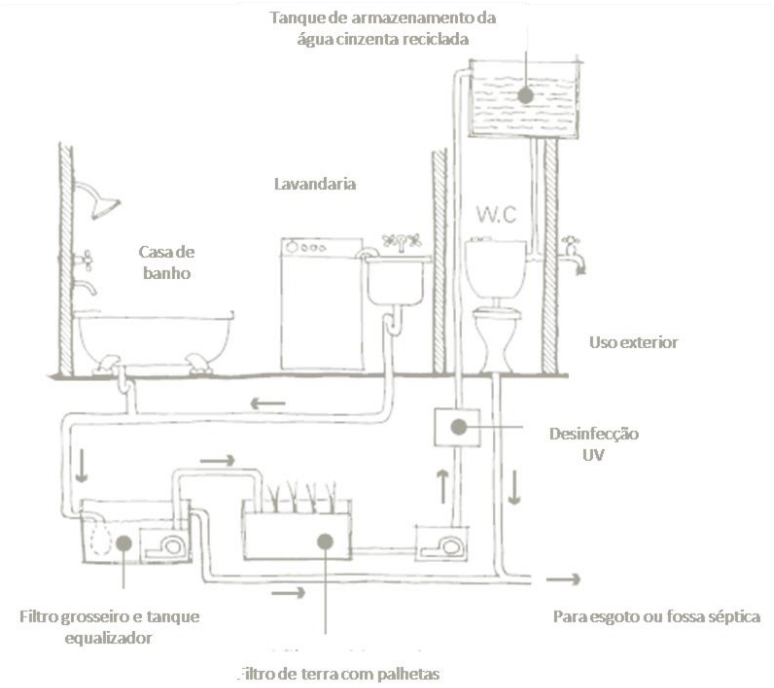


Ilustração 2.19. Representação esquemática do sistema de reaproveitamento e reciclagem de águas cinzentas,(Commonwealth of Australia 2008) .

[1] Tendo como referência um autoclismo de 10L

2.3.6. Resíduos

Na Europa o sector da construção é responsável por cerca de 30% do total dos resíduos produzidos, (Mateus and Bragança 2006). Das cerca de 100 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição produzidas no espaço comunitário, somente 28% são reaproveitadas, sendo que em Portugal este valor ainda não atinge os 5%, (Rodrigo 2009). Convém também referir que a produção de resíduos não acontece só durante a fase de construção, já que é na fase de utilização que se geram todos os tipos de resíduos sólidos urbanos (RSU) e não só. Em 2005, Portugal produziu aproximadamente 4,5 milhões de toneladas de RSU, representando esta valor 1,24 kg/hab·dia, (Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional 2007).

Para além das quantidades muito significativas que estão associadas às fases de construção e demolição, o fluxo de resíduos apresenta outras singularidades que colocam entraves à sua gestão, desde a sua constituição heterogénea com fracções de dimensões variadas a diferentes níveis de perigosidade; o carácter geográfico disperso e temporário das obras, por si só também contribui para dificultar o controlo e a fiscalização do desempenho ambiental das empresas do sector. Até à publicação do Decreto – Lei nº 46/2008, a gestão dos RCD era regulamentada pelo regime geral da gestão dos resíduos, Decreto – Lei n.º 178/2006, bem como pela legislação específica referente aos fluxos especiais frequentemente contidos nos RCD, como resíduos de embalagens, resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos, polibifenilos policlorados (PCB), óleos e pneus usados, que muitas vezes se mostravam de difícil aplicação a este sector. Desta forma o documento agora em vigor veio estabelecer o regime das operações de gestão dos RCD, desde a sua prevenção e reutilização às suas operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação.

Das várias formas de prevenção de produção de RCD, podem destacar-se:

- Evitar a utilização de materiais compósitos de difícil separação;
- Utilizar técnicas e sistemas que facilitem a separação dos materiais na fase de desmantelamento/demolição;
- Prever o desmantelamento para além da demolição;
- Criar espaços para a separação dos resíduos em obra;
- Devolver embalagens aos fornecedores;
- Armazenar convenientemente materiais;
- Adquirir os materiais apenas quando forem necessários.

Na fase de utilização, existem variadíssimas formas de minimizar a produção de resíduos. Embora a tipologia de resíduos varie consoante a função do edifício, existem princípios gerais que podem ser adoptados por todos:

- Utilizar contentores ou depósitos com separação de resíduos domésticos;
- Recorrer a contentores com aproveitamento de resíduos orgânicos na produção de adubo para os espaços verdes;

- Evitar desperdícios de materiais.

2.3.7. Energia

Em Portugal o consumo de energia por parte do sector dos edifícios representa cerca de 17,8% do consumo final de todo o país, sendo 9,1% em edifícios residenciais e 8,7% em edifícios de serviços. A maior parte desta energia consumida é sobre a forma de electricidade que, em território nacional é produzida essencialmente através de combustíveis fosseis. A combustão destes apresenta-se como grande fonte de poluentes atmosféricos como o CO_2, CO COV, NO_x e $SO_{x,}$ que potenciam o aumento do efeito de estufa, a redução do ozono estratosférico e o seu aumento na troposfera e acidificação. Para além dos problemas ambientais, o recurso a esta fonte de energia também possui elevados custos económicos, já que Portugal não possui reservas petrolíferas ou de gás natural, tendo para tal de recorrer à importação que, se mostra cada vez mais cara.

No sector dos edifícios o consumo de energia corre ao longo de todo o ciclo de vida, extracção, produção e aplicação dos materiais de construção, consumos de conforto (iluminação, climatização, aquecimento AQS, equipamentos, etc,, Ilustração 2.20 e consumos decorrentes da fase de desmantelamento e demolição.

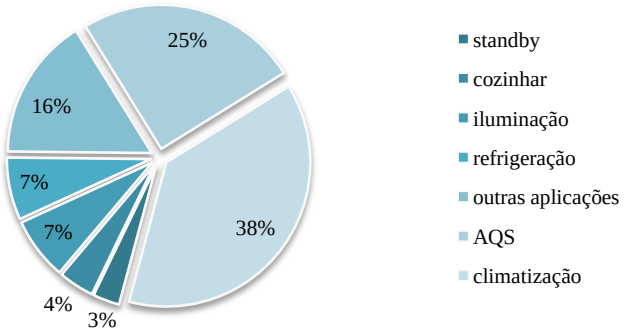


Ilustração 2.20. Representação gráfica do consumo energético nas habitações, (Commonwealth of Australia 2008).

Ao nível da fase de utilização dos edifícios o consumo energético é regulado pelas necessidades de conforto, número de utilizadores, volume e qualidade da construção, condições económicas dos ocupantes, eficiência dos equipamentos. De forma a reduzir a factura energética ao fim do mês e o impacte ambiental causado pelo recurso à energia não renovável, é possível adoptar-se alguns equipamentos e atitudes mais eficientes:

- Adaptar a construção ao tipo de clima – construção solar passiva, já referida no presente trabalho;
- Optar por materiais construtivos que reduzam a transferência de calor, também já mencionados;
- Preferir iluminação natural, e quando necessário recorrer à artificial, seguir os aspectos já citados na secção 2.3.4;

- Optar por equipamentos mais eficientes, classe A, como já referido;
- Recorrer a colectores solares para aquecimento de água sanitárias e aquecimento interior, já que utilizam o Sol como fonte energética, não poluindo e reduzindo a factura energética;
- Produzir energia eléctrica através de sistemas de painéis fotovoltaicos, micro-turbinas eólicas e micro-hidrogeradores.

Os painéis fotovoltaicos (Ilustração 2.21) são constituídos por células que convertem directamente a radiação solar incidente em energia eléctrica. Estas células podem ser mono-cristalinas, mais eficientes mas também mais caras, ou silício-amorfas, menos eficientes mas mais baratas. Cada painel tem a capacidade de produzir até 60W, com 6 a 12 V de tensão.

Ilustração 2.21. Painel fotovoltaico.

As micro-turbinas éolicas, não aconselháveis para zonas urbanas, devido ao ruído produzido e às características de montagem, ao aproveitarem o vento para a produção de electricidade, possuem a capacidade de o fazer a diferentes voltagens, consoante a velocidade do vento. Assim sendo é necessário realizar-se ajustes à voltagem antes do armazenamento. A potência destes equipamentos pode variar entre os 300W a 5 000 W, mas em casos específicos podem produzir 10 000 W a 20 000W.

Os hidrogeradores, ao contrário dos anteriormente descritos não dependem do clima, pelo que se mostram mais fiáveis. Estes transformam a energia mecânica contida na água em energia eléctrica, podendo a produção ser em corrente contínua ou alternada. No primeiro caso a potência encontra-se entres os 100 a 300 W, já no segundo esta pode ir dos 300 W aos 20 000W.

Actualmente Portugal regulamenta os requisitos térmicos de edifícios através do RCCTE e RSECE, publicados a 4 de Abril de 2006, revogando os antigos RCCTE e RSECE de 1990 e 1998, respectivamente, e introduziu a Certificação Energética e de Qualidade do ar Interior através do Sistema de Certificação Energética (SCE), enquadrado pelo Decreto-Lei 78/2006. O primeiro regulamento referido (RCCTE) tem aplicação para edifícios residenciais e de serviços, desde que estes últimos tenham uma área útil inferior a 1000 m^2 e caso possuam um sistema de climatização centralizado e a potência nominal deve ser inferior a 25kW, caso contrário estes regem-se pelo RSECE. O actual RCCTE aumentou o grau de exigências em relação ao anterior documento, promovendo maior eficiência energética e maior durabilidade e salubridade das estruturas construtivas e da qualidade do ar interior;

- Alterou características térmicas de referência, tendo por base a Directiva n.º 2002/91/CE do parlamento e do Conselho Europeus, tornando também obrigatória a quantificação das necessidades de energia para a preparação de AQS, de forma a favorecer a introdução de energias renováveis;
- Torna obrigatória a instalação de painéis solares para a produção de AQS, diminuindo o impacte ambiental e a dependência energética portuguesa, e contabiliza a contribuição destes sistemas e de outras alternativas renováveis nos sistemas de AQS;
- Duplicou, na maioria dos casos, a espessura dos isolamentos térmicos dos paramentos exteriores, reflectindo uma melhoria de 40% nos coeficientes de transmissão térmica relativamente aos anteriormente exigidos;
- Adopção de vidros duplos, na generalidade dos casos,
- Considera a forma dos edifícios, de forma a manter os níveis de necessidades térmicas nos valores impostos;
- Estabelece novas formas de cálculo das perdas e ganhos térmicos através das pontes térmicas.

A revisão do RCESE levou à limitação de todos os consumos energéticos nos edifícios por ele abrangidos, desde os sistemas de climatização à iluminação, passando pela preparação de AQS e dispêndios com equipamentos como elevadores e escadas rolantes; define as condições de conforto térmico e higiene interiores e impõe regras de eficiência energética e de monitorização periódica dos sistemas de climatização. Embora todas estas alterações se dêem na fase de utilização dos edifícios, o novo RSECE também regulamenta a fase de projecto impondo medidas que levem ao correcto dimensionamento dos sistemas de climatização, concepção correcta de sistemas fornecedores de energia primária, promove a utilização racional de energia e obriga à estimativa prévia das necessidades energéticas do edifico.

No que respeita ao SCE, este impõe a Certificação Energética segundo a Directiva Comunitária sobre a Eficiência Energética, que tem como objectivos informar os interessados no imóvel sobre as suas características de conforto térmico, auxiliando o processo decisional; dar a conhecer medidas passíveis de serem implementadas com o intuito de minimizar o consumo energético e respectiva viabilidade económica. Estes certificados devem ser emitidos por uma entidade homologadas, como a ADENE, através de peritos que avaliam o imóvel segundo as imposições dos dois documentos já mencionados, RCCTE e RSECE.

2.4. TECNOLOGIAS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A presente secção apresenta uma breve referência a alguns sistemas construtivos sustentáveis, bem como das práticas correntes de construção em Portugal. Referem-se sistemas com uso ancestral mas que com a evolução da investigação ainda hoje são aplicáveis, como os sistemas em terra e sistemas mais recentes como o recurso a estruturas em perfis metálicos leves ou betão celular autoclavado.

A escolha do sistema a utilizar, para além de ter em consideração o clima e todas as suas condicionantes, deve, de forma sustentável, ter em atenção a disponibilidade e proximidade dos materiais, a função do edifício a construir e o orçamento disponível, entre outros.

Em Portugal, assim como na generalidade dos países a resistência à mudança das soluções e sistemas construtivos é grande, levando cerca de 10 a 20 anos até que uma técnica seja implementada, (Kua and Lee 2002). A construção em Portugal, independentemente do clima da região recorre quase sempre às mesmas soluções: paredes exteriores em alvenaria dupla de tijolo, paredes interiores em alvenaria simples também de tijolo e lajes construídas por vigotas pré-esforçadas em blocos de cofragem perdida, (Mateus and Bragança 2006), sendo o betão o principal material base desta construção (Anexo A). Desta forma, embora já existam novos materiais como fibras de carbono, vidros especiais, os materiais a que a construção portuguesa recorre continuam a ser essencialmente: tijolo, betão pronto, cimento, agregados, ferro e aço, vidro normal, revestimentos cerâmicos, etc. Os processos de construção são também, ainda muito artesanais, com pouca industrialização e mão-de-obra qualificada o que impõem menor eficiência de processo, maiores desperdícios e consequentemente maiores impactes ambientais. Pelo contrário, processos mais industrializados e melhor geridos levam não só à melhoria das condições de trabalho, mas também a menores impactes ambientais e redução de custos.

2.4.1. Sistemas construtivos

2.4.1.1. Terra crua

O recurso a matérias-primas abundantes é um dos caminhos a seguir tendo em vista a sustentabilidade na construção. Desta forma, a terra crua apresenta-se como uma opção muito favorável, sendo uma das tecnologias mais antigas que, embora tenha sido quase posta de parte, volta a ganhar espaço do sector da construção. O recurso a este material apresenta diversas vantagens, como:

- Utilização de recurso inesgotável;
- Bom comportamento térmico e acústico;
- Incombustível;
- Não tóxico;
- Resistência mecânica à compressão entre 1 a 3 MPa;
- Poder ser utilizada como acabamento final, com devido tratamento;

- Elementos instáveis (partículas com diâmetro inferior a 20 μm), e argilas que conferem plasticidade e coesão à terra.
- Não possui matéria orgânica na sua composição, pelo que não remove recursos à prática da agricultura, (Lourenço et al. 2001).

A utilização da terra retira impactes ambientais à construção, já que, não consume grandes quantidades de energia nem necessita de percorrer grandes distâncias para transporte da matéria-prima do local de extracção para o local de obra.

As características deste material podem ser melhoradas através de processos de estabilização; estes visão essencialmente, melhorar o comportamento mecânico por adição de fibras (p.ex. palha), melhorar a coesão entre partículas por adição de cimento, reduzir a porosidade e variações de volume e melhorar a resistência à erosão e à humidade, (Mateus and Bragança 2006).

Para credibilizar e sustentar o uso da terra crua na construção é necessário aprofundar conhecimentos e racionalizar processos e técnicas construtivas. Actualmente, fora a aplicação executada de forma tradicional, são utilizadas três técnicas - taipa, adobe e BTC.

A técnica construtiva a utilizar é determinada com auxílio do estudo da granulometria da terra, cujo resultado permite ainda distinguir os elementos constituintes da terra, pelos seus componentes.

Taipa

Utiliza terra quase seca para a construção de paredes espessas através da compactação, entre dois painéis de cofragem, de uma mistura de agregados seleccionados, incluindo gravilha, areia, siltes e uma pequena quantidade de argila, (Mateus and Bragança 2006).

As características mecânicas e de durabilidade são passíveis de serem melhoradas através de uma selecção criteriosa do tipo de solo a usar, da utilização de aditivos e do grau de compactação do solo. Dos aditivos existentes, aquele que é mais aplicado é o cimento Portland. O Quadro 2.4 apresenta as principais características associadas a esta técnica de construção.

Quadro 2.4. Principais características da construção em taipa.

COMPORTAMENTO MECÂNICO	Resistência á compressão elevada. Comportamento sísmico melhor que a solução convencional.
COMPORTAMENTO TÉRMICO	Inércia térmica elevada, devido a elevada massa das paredes. Isolamento térmico insuficiente, necessário recorrer a revestimentos isolantes.
COMPORTAMENTO ACÚSTICO	Bom isolamento sonoro, devido a construção monolítica e elevada massa.
RESISTÊNCIA AO FOGO E A MICRORGANISMOS	Material não inflamável e sem matéria orgânica.
DURABILIDADE E RESISTÊNCIA À HUMIDADE	Elevada durabilidade. Elevada porosidade, baixa resistência à humidade – necessário recorrer a impermeabilizantes.
TOXICIDADE	Não é nocivo.
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	Baixa quantidade de energia incorporada; emissões de GEE reduzidas. Baixo impacte ambiental, mas dependente da quantidade de cimento usada na estabilização.
CONSTRUABILIDADE, DISPONIBILIDADE E CUSTOS	Não requer mão-de-obra qualificada. Custo semelhante a soluções convencionais.

Adobe

O adobe constitui uma técnica de construção onde são utilizados blocos de terra crua moldados (mistura de terra e água que posteriormente seca naturalmente), (Lourenço et al. 2001) Ilustração 2.22. Pode recorrer-se à utilização de aditivos de forma a melhorar algumas das características do material, como, a resistência mecânica por adição de fibras. Esta técnica incorpora baixa quantidade de energia, uma vez que, a energia utilizada é desenvolvida pelo trabalho humano *in situ*. Adicionalmente, o facto do impacte ambiental ser baixo potencia a utilização desta técnica numa construção sustentável. O Quadro 2.5 apresenta as principais características associadas a esta técnica de construção.

Ilustração 2.22. Construção em adobe, em Taos pueblo New Mexico, Estados Unidos da América (Taggart).

Quadro 2.5. Principais características da construção em adobe.

COMPORTAMENTO MECÂNICO	Resistência á compressão relativamente baixa.
COMPORTAMENTO TÉRMICO	Elevada massa por unidade de superfície, elevada inércia térmica. Não é bom isolante térmico, querer revestimentos isolantes.
COMPORTAMENTO ACÚSTICO	Bom isolamento acústico, devido á elevada massa.
RESISTÊNCIA AO FOGO E A MICRORGANISMOS	Resistente ao fogo e aos microrganismos, não possui matérias combustíveis nem matéria orgânica.
DURABILIDADE E RESISTÊNCIA À HUMIDADE	Extremamente durável.
TOXICIDADE	Não apresenta efeitos nocivos para a saúde.
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	Baixo impacto ambiental. Requer baixas quantidades de energia, no entanto tem elevado consumo de água. Com baixa incorporação de energia a emissão de GEE é também pouco significativa.
CONSTRUABILIDADE, DISPONIBILIDADE E CUSTOS	Existem poucas empresas especializadas, e as que existem estão viradas para a reabilitação do património. É cerca de 10% superior ao custo de uma solução construtiva convencional.

BTC

O BTC – bloco de terra comprimido – é o descendente moderno do bloco moldado de terra, o adobe, consistindo na execução de blocos prensados. Difere do adobe, porque enquanto este atinge a sua resistência máxima após sofrer um processo de cura, o BTC atinge a sua resistência máxima com a compactação na prensa. Este processo melhora as características do material por lhe conferir uma forma mais regular, tornando-o mais denso e mais resistente à compressão, à erosão e à degradação através da água, (Mateus and Bragança 2006). No entanto, as características técnico-funcionais destas duas técnicas são muito semelhantes.

De todos os métodos, o BTC é aquele que implica prazos de construção mais curtos, visto praticamente não existir tempo de espera entre a produção e a aplicação do material, podendo a produção ser realizada durante todo o ano, não dependendo das condições climatéricas.

Limitações à sua aplicabilidade como solução construtiva

A construção em terra assenta, tradicionalmente, em conhecimentos empíricos havendo falta de conhecimento relativamente a aspectos como a resistência estrutural, processos construtivos, etc. Na realidade a terra possui um comportamento mecânico deficiente quando comparada com outros materiais, sendo no entanto, a rápida degradação do material sobre a acção de intempéries, o principal inconveniente à sua aplicação. É possível reduzir a acção da água construindo boas fundações, elevando-as até uma altura segura e fazendo uma boa impermeabilização com revestimentos uniformes. Os problemas estruturais

geralmente, relacionam-se com uma construção deficiente ou quando esta é sujeita a solicitações muito fortes, como sismos.

As principais causas das anomalias estruturais, neste tipo de construção são segundo (Lourenço et al. 2001) as seguintes:

- Solicitação do material a forças de tracção e flexão;
- Longos períodos de exposição a ambientes muito húmidos;
- Construção sobre terreno com fraca capacidade de carga;
- Má concepção – fundações subdimensionadas, paredes não travadas, sobrecarga na cobertura, etc.;
- Terra de fraca qualidade;
- Sistemas construtivos mal executados.

2.4.1.2. Estruturas metálicas leves - LGSF

A dificuldade no tratamento do betão no fim de vida dos edifícios e a grande quantidade de resíduos gerada nos trabalhos de construção com recurso a este material, levaram a que fossem desenvolvidos outros sistemas, menos custosos para o ambiente, como é o caso das estruturas metálicas leves – LGSF[1]. Para além do seu maior grau de industrialização e consequente maior eficiência de produção (melhores condições de trabalho, menor desperdício, menor tempo) do que o betão armado, possui menor massa, reduzindo com isso os impactes ambientais associados.

Este sistema recorre ao aço galvanizado como material principal da estrutura dos edifícios a construir, permitindo a elaboração de peças com menor secção e por conseguinte menor massa do que o betão armado. A estrutura tipo, de uma parede constituída por este sistema é a apresentada na Ilustração 2.23, e consiste do interior para o exterior: duplo painel de gesso cartonado com rodapé assente por cima, lã de rocha, painel OSB[2] (fibras de madeira orientadas), poliestireno expandido e reboco armado impermeável. Esta assenta sobre uma membrana betuminosa que se encontra acima da viga de fundação. No Quadro 2.6 apresentam-se as principais características deste sistema, quer a nível comportamental quer a nível da sua sustentabilidade.

[1] Do inglês – *Light Gauge Steel Framing*
[2] Do inglês - *Oriented Strand Board*

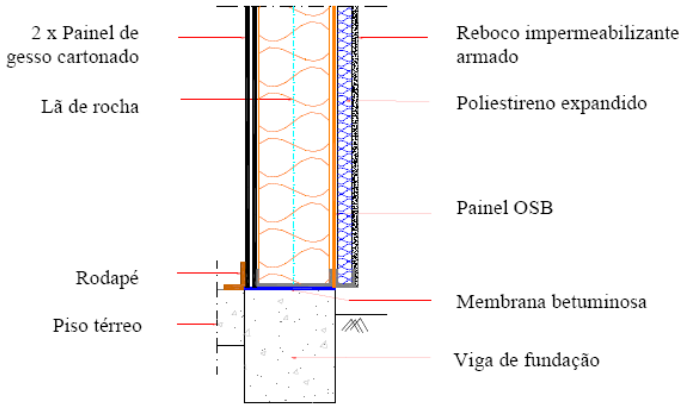


Ilustração 2.23. Representação esquemática de uma possível solução construtiva para as paredes exteriores no sistema LGSF, (Mateus 2004).

Quadro 2.6. Principais características da construção por sistemas LGSF.

COMPORTAMENTO ESTRUTURAL	Dada a menor massa, permite a construção de maiores lajes e possui menor carga sobre as fundações quando comparado com sistemas em betão armado.
COMPORTAMENTO TÉRMICO	Todos os elementos construtivos (paredes, cobertura e pavimentos) apresentam menor coeficiente de transmissão térmica do que solução convencional.
COMPORTAMENTO ACÚSTICO	Apesar da menor massa, a presença da lã de rocha proporciona melhor isolamento sonoro do que a solução convencional.
RESISTÊNCIA AO FOGO E A MICRORGANISMOS	Devido à fraca condutibilidade térmica dos materiais constituintes, mostra-se resistente ao fogo, o facto de não possuir material orgânico na sua constituição leva a que seja também resistente a microrganismos.
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	Menor massa leva a menor consumo de recursos naturais, além do que os materiais são 100% recicláveis. A energia incorporada é praticamente igual à da construção por betão, no entanto como é possível reciclar os materiais este valor é amortecido. O facto de ser um processo industrializado reduz a produção de resíduos.
CONSTRUABILIDADE, DISPONIBILIDADE E CUSTOS	Devido à carência de mão-de-obra especializada e de empresas a implementar a técnica mostra-se mais cara que as soluções convencionais, no entanto os custos de manutenção são menores, e o valor residual é superior.

2.4.1.3. Betão celular autoclavado

O betão celular autoclavado (ACC) descoberto em 1914 é um produto leve, formado através da reacção química entre cal gorda, cimento Portland normal, areia siliciosa, água e pó de alumínio que, após a cura em autoclave[1], origina silicato de cálcio, composto químico estável. Apesar do seu baixo peso possui boa capacidade mecânica, elevada resistência ao fogo e um comportamento isolante razoável quer a nível térmico quer acústico. Em Portugal a usa utilização restringe-se à confecção de elementos construtivos pré-fabricados, como blocos de lintéis, degraus, pórticos, pilares e vigas de ligação. As suas principais características encontram-se descritas no Quadro 2.7.

Quadro 2.7. Principais características do betão celular autoclavado.

COMPORTAMENTO ESTRUTURAL	A resistência mecânica apenas permite a realização de edifícios até 3 pisos.
COMPORTAMENTO TÉRMICO	Devido à baixa massa possui baixa inércia térmica, no entanto, também possui baixo coeficiente de transferência térmico, pelo que deve ser aplicado em climas frios.
COMPORTAMENTO ACÚSTICO	Cerca de 60 a 70% da estrutura é ar, o que, aliado à uma razoável massa por unidade de área, promove um bom comportamento acústico.
RESISTÊNCIA AO FOGO E A MICRORGANISMOS	Sendo um material inorgânico mostra-se resistente quer ao fogo quer ao ataque de microrganismos
DURABILIDADE E RESISTÊNCIA À HUMIDADE	A resistência natural deste sistema à humidade é fraca, no entanto, com tratamento adequado de impermeabilização é possível mitigar este efeito.
TOXICIDADE	A porosidade do material constituinte torna-o transpirável garantindo a qualidade do ar interior, para além de não emitir substâncias tóxicas após concluída a obra.
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	Tendo em consideração a PEG e as emissões de GEE, por unidade de peso o impacte produzido sobre o ambiente é idêntico ao do betão, no entanto, como o peso por unidade de volume é menor, este sistema é mais vantajoso. Devido a esta diferença de peso, a delapidação dos recursos naturais é também menor.
CONSTRUABILIDADE, DISPONIBILIDADE E CUSTOS	A inexistência de um largo número de empresas especializadas minimiza a competitividade do sistema, no entanto, a mão-de-obra é mais barata já que o período de construção é mais curto.

[1] Câmara de alta pressão de vapor

2.5. METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE

A presente secção do Capítulo II pretende dar a conhecer o que tem vindo a ser desenvolvido um pouco por todo mundo ao nível da avaliação da sustentabilidade da construção. Apresentam-se várias metodologias desenvolvidas para vários contextos, embora com base comum: indicadores de sustentabilidade.

Segundo (Direcção Geral do Ambiente 2000) após a introdução do conceito de desenvolvimento sustentável ao nível das instituições, foi surgindo a necessidade de se realizarem avaliações de desempenho face ao novo conceito. Para tal, desenvolveram-se as metodologias de análise e, em particular, os indicadores de sustentabilidade das políticas ou opções de desenvolvimento. O desenvolvimento de indicadores para a avaliação de sustentabilidade foi proposto pela *Agenda 21*, como uma forma de construir uma base sólida para a tomada de decisão aos mais diversos níveis. A (Direcção Geral do Ambiente 2000) define-os como um conjunto de parâmetros seleccionados, individualmente ou combinamos entre si, que revelam especial pertinência nas condições dos sistemas em análise. É ainda referido pelas Nações Unidas no (United Nations 2007) que os indicadores conduzem a uma tomada de decisão mais acertada, graças ao seu poder de simplificar, clarificar e agregar a informação necessária à tomada de decisão. Referem também, que estes auxiliam a incorporação do conhecimento de várias áreas de estudo na tomada de decisão, instituindo-lhes, por isso, o carácter de ferramenta indispensável à comunicação entre as partes intervenientes no processo decisional. Os parâmetros, por sua vez, correspondem a uma grandeza que pode ser estimada com previsões ou avaliada qualitativa ou quantitativamente, e que se consideram relevantes para a avaliação dos sistemas ambientais, sociais e económicos.

Dada a urgente necessidade de melhorar todo o processo construtivo, o desenvolvimento de ferramentas e metodologias tem sido prática corrente entre os diversos países, organizações e grupos de investigação, conduzindo à discussão internacional. O *Green Building Challange* é um exemplo disso mesmo, tendo organizado várias conferências internacionais que foram fundamentais para o desenvolvimento do assunto. Também a *Organização Internacional de Standardização* (ISO) tem vindo a desenvolver requisitos padronizados que possam ser internacionalmente aplicados na avaliação de sustentabilidade de construções. O Comité Técnico CD 59 "*Building Construction*" e o Subcomité CS 17 "*Sustainability in Building Construction*" publicaram dois relatórios técnicos a respeito.

- ISO/TC 21929-1:2006 – *Sustainability in Building Construction — Sustainability Indicators — Part 1: Framework for development of indicators for buildings;*
- ISO/TS 21931-1:2006 *Sustainability in Building Construction — Framework for Methods of Assessment for Environmental Performance of Construction Works — Part 1: Buildings.*

A nível europeu também o Comité Técnico - TC 350 - do Comité Europeu de Standardização (CEN) "*Sustainability of Construction Work*", tem vindo a desenvolver normas e relatórios técnicos que permitem a avaliação voluntária de aspectos padronizados em edifícios novos e já existentes além de estabelecerem modelos para a Declaração Ambiental do Produto. O Relatório do Encontro do CEN/TC 350 em Outubro de 2008, (Schlesinger 2008), relata que o este tinha em vista a finalização dos seguintes projectos de Norma:

- pr EN 15643-1 "*Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings - Part 1: General framework*"
- pr EN 15643-2 "*Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings - Part 1: Framework for the assessment of environmental performance*"

Pela descrição feita nas secções anteriores do presente Capítulo, verifica-se que existe toda uma vasta gama de parâmetros susceptíveis de integrarem uma avaliação de sustentabilidade, no entanto a inserção de todos levaria a um processo extremamente moroso e complicado que certamente conduziria à desistência na aplicação. (Mateus and Bragança 2006) afirmam, com esta explicação, que as metodologias devem ter uma abordagem holística, sendo para isso a avaliação baseada em apenas alguns parâmetros e indicadores que se considerem representativos para o objectivo da avaliação. Desta forma, tal como já referido, as várias metodologias existentes possuem diferentes campos de acção, diferentes enquadramentos, diferentes escalas, enquanto, por exemplo, umas têm aplicação regional, outras já conseguem ter nível global, se umas consideram todo o ciclo de vida do edifício outras podem só considerar a fase de utilização ou só a de construção. (Erlandsson and Borg 2003) referem que a maioria das metodologias desenvolvidas é baseada numa abordagem *bottom up*, i.e., a combinação e soma dos desempenhos individuais dos materiais e produtos do edifício resulta, na sua maioria, no desempenho global do edifício. Em oposição, (Allecker and DeTroyer 2006) mencionam não ser correcto considerar um edifício igual à soma dos seus componentes, devido à influência da arquitectura no impacte global.

Consequentemente, consegue-se catalogar as diversas metodologias por tipos, embora existam diversas opiniões sobre como faze-lo. (Mateus and Bragança 2006) apoiam a divisão realizada pela *ATHENA Institute* (Trusty 2000) colocando as metodologias em três tipologias:

- Ferramentas de suporte à concepção de edifícios sustentáveis;
- Sistema de análise de ciclo de vida dos produtos e materiais de construção;
- Sistemas e ferramentas de avaliação e reconhecimento da construção sustentável.

As primeiras aplicam-se nas fases de ante-projecto e projecto dos edifícios, permitindo aos decisores (dono-de-obra) explicitarem as suas prioridades e dá-las a conhecer à equipa de projecto. Exemplos destas ferramentas são a EcoProp (Finlândia), ATHENA™ (Canadá), BEAT 2000 (Dinamarca) e Eco-Quantum (Holanda), (Haapio and Viitaniemi 2008).

Os sistemas de análise de Ciclo de Vida (LCA), têm aplicação nas fases de ante-projecto e projecto e actualmente avaliam quer o impacte ambiental dos materiais e produtos desde a extracção até à devolução ao ambiente, quer o desempenho económico, fundamental ao conceito de sustentabilidade. São exemplo a BEES (Estados Unidos da América), LISA (Reino Unido) e TEAM™ (França).

Os sistemas e ferramentas de avaliação e reconhecimento da construção sustentável aplicam-se a todas as fases pelas quais os edifícios passam: projecto, construção, utilização, manutenção e demolição/desmantelamento. Assim consegue-se uma melhor integração entre as três vertentes do desenvolvimento sustentável (ambiente, sociedade e economia). Embora existindo várias metodologias todas analisam as mesmas categorias:

- Selecção do local e planeamento;
- Consumo de Energia e respectivas fontes;
- Carga ambiental (qualidade ar exterior, resíduos, água…);
- Qualidade ar interior;
- Funcionalidade (iluminação, ruído, conforto);
- Custos.

Pelo tipo de categorias descritas é possível verificar que as metodologias necessitam de uma base legal e de dar resposta a determinados aspectos convencionais do local, pelo que as escalas de aplicação são maioritariamente restritas à região ou país para as quais foram desenvolvidas. De entre as várias metodologias incluídas nesta tipologia destacam-se a BREEAM (Reino Unido), a LEED® (Estados Unidos da América) e a SBTool[1] (desenvolvida por 20 países).

Quer a BREEAM quer a LEED® baseiam-se na verificação de uma *checklist* que a cada ponto verificado são atribuídos créditos que no final todos somados representam o desempenho global do edifício em estudo.

A SBTool tendo sido desenvolvida com a participação de diversos países, num processo internacional iniciado em 1996, promovido pela *Internacional Initiative for a Sustainable built Environment (IISBE)* (Pinheiro 2006) que compõe um sistema que permite avaliar o desempenho ambiental, social e económico de edifícios a nível internacional. Desta forma, distingue-se das demais, uma vez que foi concebida para permitir aos seus utilizadores a realização de alterações nos parâmetros de acordo com o tipo (residencial, comercial, escritórios, etc.) e estado (projecto, construção, renovação, por exemplo) do edifício e respectiva região de implementação, (Pinheiro 2006). Assim um dos principais requisitos da SBTool é ter uma estrutura global, ajustável a cada país ou região. O processo de aplicação da metodologia baseia-se na avaliação do desempenho de uma serie de parâmetros no edifício em estudo que é comparado com o desempenho de soluções de referência (convencionais na região/país) – *benchmarks*, (Cole and Larsson 2002).

[1] Denominação desde 2002, inicialmente era GBTool – *Green Buildings Tool*

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA ADOPTADA – SBTOOL^{PT}

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGIA ADOPTADA – SBTOOL^{PT}

3.1. INTRODUÇÃO

Na sequência de toda a informação apresentada nos capítulos anteriores e devido às metodologias existentes não adaptarem totalmente à avaliação de soluções construtivas, esta dissertação apresenta uma metodologia, desenvolvida pelo Laboratório de Física e Tecnologia das Construções da Universidade do Minho, que permite avaliar a sustentabilidade de soluções construtivas relativamente à solução construtiva mas aplicada na região – solução de referência. Tendo sido denominada como Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Soluções Construtivas (MARS-SC), o facto de derivar da metodologia internacional, já citada, SBTool, permite também denomina-la por SBTool ^{PT}.

Segundo (Bragança et al. 2007) as tecnologias construtivas portuguesas e os padrões de qualidade do ar interior são bastante diferentes da maioria dos países europeus. A motivar as diferenças tem-se o facto de Portugal não ter estado envolvido na Segunda Guerra Mundial e ser detentor de um clima ameno. Esta realidade, segundo os mesmos autores, dificulta o uso de metodologias desenvolvidas no estrangeiro sem uma prévia adaptação dos parâmetros que, em muitos casos não se encontram padronizados para Portugal, além do que, existe a necessidade de ajustar os factores de ponderação utilizados e adoptar *benchmarks* diferentes.

Pretende-se assim aplicar uma metodologia desenvolvida e moldada à realidade portuguesa, tendo em consideração o seu contexto cultural e climático.

As secções seguintes apontam as diferentes fases de aplicação da metodologia, sendo que, primeiramente esta é exposta concisamente e numa segunda fase é apresentada mais pormenorizadamente. Numa primeira secção apresenta-se a definição das fronteiras do sistema, seguindo-se as etapas da metodologia propriamente ditas:

(1) Definição das fronteiras do sistema;
(2) Definição dos parâmetros;
(3) Quantificação dos parâmetros;
(4) Normalização e agregação dos parâmetros;
(5) Determinação e avaliação da nota sustentável;

Na segunda, a metodologia é descrita parâmetro a parâmetro, contextualizando a sua aplicação aos edifícios de serviços em geral e ao caso de estudo.

3.2. DESCRIÇÃO GERAL

3.2.1. Definição das fronteiras do sistema

Inicialmente a metodologia foi desenvolvida para edifícios residenciais, visto ser esse o grande mercado do sector construtivo em Portugal. No entanto, no trabalho aqui apresentado esta é alargada ao sector dos edifícios de serviços.

O edifício e os trabalhos executados nas suas imediações representam o objecto de estudo. Os impactes deste na sua envolvente e no ambiente urbano em que se encontra são excluídos do âmbito de estudo, bem como os trabalhos realizados fora do local de implementação (construção de redes de comunicação, energia e transportes, etc.). Os autores da metodologia defendem que, ao restringir a avaliação ao edifício em si, ou a parte deste, estão a tornar mais racional e simples a análise, evitando as limitações de escala (municipal ou regional) impostas pela inclusão dos aspectos aqui excluídos.

No que respeita à escala temporal, esta deve envolver todo o ciclo de vida do edifício, *from cradle to grave*. Assim, para um edifício novo devem ser consideradas as fases deste o ante-projecto até ao desmantelamento/demolição. Para um edifício já construído a fronteira temporal tem inicio no momento da intervenção e vai até ao desmantelamento/demolição. É também necessário definir as horas de normal funcionamento e uso, e a densidade ocupacional do edifício em estudo.

3.2.2. Definição dos parâmetros

Como já referido, a avaliação da sustentabilidade é realizada de forma holística, sendo impossível avaliar todos os parâmetros envolvidos no comportamento de uma solução construtiva ao nível das três dimensões consideradas. Desta forma, é necessário fazer-se uma selecção dos parâmetros a analisar, devendo fixar-se o número e tipos de parâmetros a incorporar em cada uma das dimensões. O número de parâmetros em análise pode ser ajustado em função do objectivo da avaliação, das exigências funcionais que se pretendam satisfeitas, das características particulares do local e dos dados disponíveis, (Mateus and Bragança 2004). Estes devem ainda ser de fácil compreensão, reunindo de forma simples toda informação necessária, (Bragança et al. 2007).

O carácter funcional e de rápida apreensão da informação gerada pela metodologia, impõem que não se utilizem parâmetros que possam fomentar a complexidade e a subjectividade da avaliação. No Anexo B, Quadro B.1, são apresentados os indicadores e respectivos parâmetros, considerados na SBTool^{PT}, para as três dimensões visadas: ambiental, social e económica.

3.2.2.1. Parâmetros ambientais

O recurso aos parâmetros ambientais visa a avaliação e quantificação dos potenciais impactes causados pelas tecnologias construtivas utilizadas; para a identificação destes, existem diversos estudos e bibliografia que os descrevem em função dos materiais utilizados durante o seu ciclo de vida.

Os parâmetros seleccionados devem, sempre que possível, considerar todo o ciclo de vida dos materiais usados quer durante a fase de construção do edifício quer durante a fase de ocupação; devem ainda ter em conta as prioridades ambientais do local de implementação.

De forma a combater uma extensa lista de parâmetros a SBTool ^{PT} baseia-se no trabalho que tem vindo a ser desenvolvido pelo CEN/TC 350 WG1 (Grupo de Trabalho 1, do Comité Técnico 350, do Comité Europeu de Normalização), recorrendo aos mesmos indicadores e parâmetros que os especialistas, aí reunidos, consideram relevantes.

3.2.2.2. Parâmetros sociais

A definição dos parâmetros sociais é realizada para cada solução construtiva (paredes interiores e exteriores, pavimentos, coberturas, etc.) uma vez que, os requisitos funcionais diferem de solução para solução.Evitando a susceptibilidade, a avaliação de desempenho social recorre apenas a parâmetros relacionados com o conforto e saúde dos ocupantes do edifício, como mostra o Quadro B.1, no Anexo B.

3.2.2.3. Parâmetros económicos

A avaliação do desempenho económico inclui todos os custos relacionados com o ciclo de vida do edifício, consequentemente a análise económica não está completa enquanto o valor residual não for avaliado. Significa isto que a avaliação não está completa enquanto o valor de um sistema (ou componente de um sistema) restante no final do estudo, ou no momento em que é substituído, não for sujeito a avaliação, (Bragança et al. 2007).

3.2.3. Quantificação dos parâmetros

Após selecção dos parâmetros procede-se à sua quantificação. Esta etapa é imprescindível para a comparação de soluções, agregação de parâmetros e avaliação precisa da solução. Deve definir-se previamente o método a aplicar, podendo este ser um dos diversos tipos: bases de dados existentes, ferramentas de simulação ou de processamento de dados.

A quantificação dos parâmetros ambientais pode tornar-se difícil já que, muitas vezes estes dependem de factores, como por exemplo o estado de conservação dos materiais, colocando entraves à sua expressão

numérica. Outras vezes, não se encontram disponíveis para a região do estudo, os inventários de ciclo de vida dos materiais e produtos utilizados na execução do edifício. Para ultrapassar entre impasse, a SBTool^{PT} recomenda o recurso à bibliografia (Berge 2001) onde se encontram reunidos os dados acerca dos potenciais efeitos de um determinado material sobre o meio ambiente.

Os parâmetros sociais são quantificados através das demais tecnologias existentes para o efeito. Caso seja ainda necessário, pode recorrer-se a bibliografia que contenha valores experimentais para o efeito pretendido.

Por último, a quantificação dos parâmetros económicos demonstra-se a mais objectiva. Pode recorrer-se a ferramentas como a Análise de Custos de Ciclo de Vida (LCCA) que, através dos vários custos contabilizados, obtém um único valor global – custo de ciclo de vida. De realçar, que os custos de manutenção e operação são, geralmente, os mais importantes e significativos, subvalorizando o valor do custo de compra (ou construção), uma vez que, estes ocorrem durante a fase mais extensa do ciclo de vida do edifício. Assim sendo, quanto menor o custo de ciclo de vida, melhor será o desempenho económico da solução e mais sustentável será.

3.2.4. Normalização dos parâmetros

De forma a evitar efeitos de escala nas fases seguintes, deve proceder-se à normalização dos valores dos parâmetros. Só assim é possível obter uma solução equivalente para parâmetros do tipo "quanto mais melhor" e outros do tipo "quanto mais pior".

Para tal pode recorrer-se à fórmula (1) de (Díaz-Balteiro and Romero 2004):

$$\overline{P_i} = \frac{P_i - P_{i*}}{P_i^{\,*} - P_{i*}} \quad \forall i \qquad (1)$$

Sendo:

P_i - resultado da quantificação do parâmetro *i*
P_i^* - melhor prática para o parâmetro de sustentabilidade *i*
P_{i*} - prática corrente para o parâmetro de sustentabilidade *i*

Este procedimento permite tornar adimensionais os valores dos parâmetros e converte-los para uma escala de 0 (pior valor) a 1 (melhor valor), eliminando o feito indesejado, acima mencionado.

3.2.5. Agregação dos parâmetros

A dificuldade de interpretação da lista de resultados obtidos na etapa anterior é contornada pela agregação dos resultados. Esta consiste na soma ponderada dos diversos parâmetros, num único indicador, atribuindo-lhes diferentes pesos em função da sua importância nos requisitos do projecto final. Para tal, recorre-se à equação (2), através da qual o resultado obtido representa o desempenho parcial da solução ao nível de cada indicador (Ij) -ambiental, funcional e económico.

$$I_j = \sum_{i=1}^{n} w_i \times \overline{P_i} \qquad (2)$$

Sendo:

I_j - média ponderada de todos os parâmetros normalizados $\overline{P_i}$ pertencentes ao indicador *j*

w_i - peso relativo de cada parâmetro *i*

A soma dos pesos atribuídos deve ser igual a 1.

No caso do desempenho económico, como só é considerado um valor, resultante do somatório de todos os custos do ciclo de vida, o indicador económico assume esse mesmo valor, como apresentado na expressão (3).

Desempenho económico: $$I_E = \overline{P_E} \qquad (3)$$

A ponderação não é consensual e, podendo variar de situação para situação, não existe um procedimento único para a determinação dos seus factores. No entanto, no caso do desempenho ambiental, destacam-se alguns estudos que conferem consensualidade quanto aos pesos a usar em cada parâmetro. Destes, podem destacar-se os estudos realizados pela United States Environmental Protection Agency (EPA), que fornecem a importância a dar a cada parâmetro, dentro de uma lista, mais ou menos extensa, em função do seu efeito nocivo para o ambiente. A SBTool^{PT} recorre aos valores presentes no Quadro 3.1, resultantes destes estudos.

Quadro 3.1. Peso de cada parâmetro na avaliação do desempenho ambiental.

CATEGORIA DE IMPACTE	UNIDADE	PESO (%)
POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL (GWP)	kg CO_2	40,7
DEPLEÇÃO DA CAMADA DE OZONO ESTRATOSFÉRICO (ODP)	kg CFC-11	8,4
POTENCIAL DE ACIDIFICAÇÃO (AP)	kg SO_2	13,6
FORMAÇÃO DE OZONO TROPOSFÉRICO (POCP)	kg C_2H_4	10,1
POTENCIAL DE EUTROFIZAÇÃO (EP)	kg PO_4	13,6
POTENCIAL DE ESGOTAMENTO DAS RESERVAS DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS (FFDP)	MJ eq.	13,6

A quantificação dos parâmetros sociais é relativamente simples levantando, no entanto, a algumas discussões. Estas decorrem da falta de consenso sobre a influência de um determinado parâmetro no resultado final. Com isto, a atribuição de pesos torna-se subjectiva. Assim sendo, numa primeira fase, pode atribuir-se o mesmo peso a todos os parâmetros e, no caso de ser necessário aprofundar o estudo, pode recorrer-se à realização de inquéritos aos futuros utilizadores da instalação, aplicando uma análise multi-critério (AHP - Analytic Hierarchy Process, por exemplo).

3.2.6. Determinação e avaliação da nota sustentável

Após a avaliação individual de cada indicador, procede-se à sintetização dos três num só valor – nota de sustentabilidade. Obtida de forma idêntica ao executado na fase anterior, resulta da soma ponderada dos três indicadores, como demonstra a equação (4).

$$NS = w_{G1} \cdot I_A + w_{G2} \cdot I_S + w_{G3} \cdot I_E \qquad (4)$$

Sendo:

NS - nota sustentável
Ij - indicador da dimensão *j*
w_j - peso do indicador I_j
A soma dos pesos atribuídos deve ser igual a 1, de modo a que NS ∈ [0;1].

A determinação do indicador de sustentabilidade global não é, mais uma vez consensual. A sua dependência da ponderação de factores pode incutir-lhe subjectividade. Assim, tal como na agregação dos parâmetros, numa primeira análise, todas as dimensões podem gozar de um mesmo peso. No entanto, como é do conhecimento geral, o conceito de sustentabilidade pretende obter uma maior compatibilidade entre os ambientes natural e construtivo, mesmo que para isso exista um acréscimo de custos que, obviamente não pode comprometer a relação custo/benefício da construção. Por este motivo a SBTool^{PT} adopta, por defeito, as ponderações apresentadas no Quadro 3.2.

Quadro 3.2. Peso de cada indicador na aplicação da SBTool^{PT}, (Departamento de Engenharia Civil 2009).

INDICADOR (I_j)	PESO (w_j)
Ambiental	0,40
Social	0,30
Económico	0,30

A última fase da metodologia consiste na avaliação da NS, isto é, na atribuição de uma classificação de desempenho idêntica à utilizada na certificação energética de electrodomésticos e de edifícios, tendo por base o Quadro 3.3, e na emissão do um certificado.

Embora seja necessário determinar a nota sustentável da solução construtiva, esta não deve ser apresentada sozinha, já que, ao serem agrupados os valores dos indicadores, pode dissimular-se a existência de grandes diferenças entre estes. Assim, juntamente com a nota de sustentabilidade deve exibir-se os desempenhos parciais dos três indicadores, ambiental, social e económico.

Quadro 3.3. Níveis e condições para a avaliação das categorias dos desempenhos ambiental, social e económico, e NS, (Departamento de Engenharia Civil 2009).

NÍVEL	*CONDIÇÕES*
A^+	$\overline{P_i} > 1{,}00$
A	$0{,}90 < \overline{P_i} \leq 1{,}00$
B	$0{,}70 < \overline{P_i} \leq 0{,}90$
C	$0{,}50 < \overline{P_i} \leq 0{,}70$
D	$0{,}30 < \overline{P_i} \leq 0{,}50$
E	$0{,}10 < \overline{P_i} \leq 0{,}30$
F	$0{,}00 < \overline{P_i} \leq 0{,}10$
G	$\overline{P_i} < 0{,}00$

ONDE: *$\overline{P_i}$ representa o valor do parâmetro i, ou a NS.*

3.3. CONTEXTUALIZAÇÃO E DISCUSSÃO DE PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DOS EDIFÍCIOS

Finda a breve descrição da metodologia, mostra-se conveniente expô-la de forma mais detalha, descrevendo os parâmetros estudados, em cada uma das dimensões, apontando os dados requeridos para a aplicação da metodologia e todos os aspectos que se mostraram relevantes.

Para a aplicação da metodologia recorreu-se ao guia (Departamento de Engenharia Civil 2009), que pode ainda complementar o procedimento abaixo apresentado. De referir que, todos os parâmetros são sujeitos a uma normalização, tendo em conta o correspondente *benchmarking* (melhor prática e prática corrente), utilizando a expressão (1), e são ainda avaliados através do Quadro 3.3, tal como a NS final. Todos os indicadores e parâmetros alvo da presente avaliação encontram-se enumerados no Anexo B, Quadro B.1.

3.3.1. Dimensão ambiental

Esta primeira dimensão encontra-se dividida em cinco categorias que, por sua vez são divididas em quatorze indicadores e estes, em quinze parâmetros, como mostra o Quadro B.1, Anexo B.

C. 1. *Alterações Climáticas e Qualidade do Ar Exterior*

Indicador: *Impacte ambiental associado ao ciclo de vida dos edifícios*
P.1. *Valor agregado das categorias de impacte ambiental de ciclo de vida de área útil de pavimento por ano*

É por todos sabido, e já várias vezes mencionado na presente dissertação que qualquer edifício ao longo do seu ciclo de vida é promotor de vários impactes sobre o ambiente, quer directa quer indirectamente, Ilustração 3.1. Os problemas ambientais causados pela indústria da construção podem ser referidos em termos de 'poluição energética' e 'poluição material'. A poluição energética relaciona-se essencialmente com o consumo de energia primária (PEC) e com a sua fonte. Já a poluição material prende-se maioritariamente com a emissão de poluentes atmosféricos, de cursos de água e do solo, quer pelos materiais em si, quer por todos os processos e elementos envolvidos na elaboração, transporte, uso e decomposição dos materiais. A quantificação de todos os impactes torna-se difícil considerando que o sector da construção consome cerca de 80 000 compostos químicos diferentes e que, os problemas a estes associados quadruplicaram desde 1971, como refere (Berge 2001).

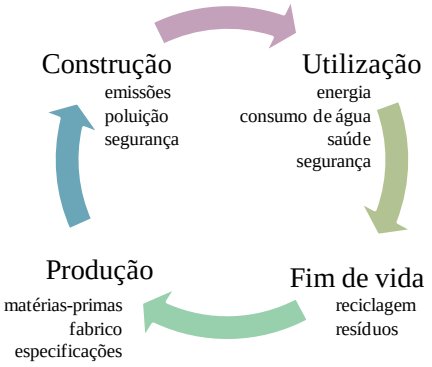


Ilustração 3.1. Fontes de impactes ambientais em cada fase do ciclo de vida dos edifícios (adaptado de (WBCSD Portugal).

A afectação dos sistemas de água subterrânea e dos ecossistemas locais deve-se às escavações necessárias à extracção de matérias-primas; a poluição resultante da fase de produção consiste em emissões gasosas, líquidas ou sólidas ou ainda em radiações, quando os materiais são expostos a variações de pressão e temperatura acentuadas ou por problemas no processo. Embora os impactes sejam mais reduzidos na fase de utilização, alguns materiais são responsáveis pela emissão de gases e poeiras mesmo depois de aplicados, para além disso, o consumo de água e energia também conduzem à depleção dos recursos e à emissão de poluentes. Desta forma, e tendo em consideração os estudos realizados pela EPA, o presente parâmetro avalia seis categorias de impacte que se consideram como principais indicadores do efeito da construção sobre o ambiente (Quadro 3.1); Potencial de aquecimento global (GWP), resultante da emissão de gases com efeito de estufa (GEE), como o CO_2, principalmente consequente da queima de combustíveis fosseis e outros materiais orgânicos; Depleção da camada de ozono estratosférico (ODP), consequência da emissão de substâncias como os clorofluocarbonetos (CFC), entre muitos outros; Potencial de Acidificação (AP) resultante da emissão de substâncias como o dióxido sulfúrico (SO_2) e óxidos de azoto (NO_x) derivados da queima de combustíveis fósseis e de outros processos industriais; Formação de ozono troposférico (POCP) consequente da oxidação fotoquímica de poeiras, (COV e NO_x), usualmente denominados por "precursores do ozono"; Potencial de eutrofização (EP) que resulta na formação excessiva de algas nos cursos de água, é consequência da emissão de azoto e outras substâncias azotadas para os cursos de água; Potencial de esgotamento das reservas de combustíveis fósseis (FFDP) consequência do excessivo uso destes materiais.

Como tal, o presente parâmetro tem como objectivo avaliar o impacte ambiental provocado pelos edifícios ao longo de todo o seu ciclo de vida (P_{LCA}), contabilizando para isso as fases de construção, utilização e desmantelamento. No entanto, como o presente caso de estudo foca um edifício de serviços e não uma habitação, serão apenas contabilizadas as fases de construção e demolição, facto explicado de seguida.

A contribuição da fase de utilização de um edifício centra-se essencialmente na quantificação dos impactes associados ao consumo energético, quer na preparação de AQS, quer para climatização, sendo a sua determinação executada através da legislação vigente, que para edifícios residenciais obedece ao RCCTE (Portugal 2006a) e para a maioria dos edifícios de serviços obedece ao RSECE (Portugal 2006b). Como já referido, a SBTool^{PT} faz-se valer de soluções de referência – melhor prática e prática comum – como forma de avaliação comparativa da sustentabilidade. Assim sendo, seria também necessário contabilizar as necessidades energéticas parcelares destas soluções. Ora, seguindo o guia (Departamento de Engenharia Civil 2009), os valores dessas soluções são obtidos através das necessidades máximas legais, valores que só se encontram regulamentados para edifícios cujo RCCTE se adequa. Assim, para edifícios que sejam regulamentados pelo RSECE, não existem impostos legalmente valores limite discriminados em consumos para climatização e preparação de AQS, não sendo então possível aplicar esta etapa da metodologia a esta tipologia de edifícios, como é o caso do edifício do presente caso de estudo.

O processo de cálculo pode ser dividido em 3 etapas principais, que por sua vez de subdividem, como apresentado seguidamente.

Etapa 1. – Quantificação das categorias de impacte ambiental do edifício em estudo

A execução desta primeira etapa encontra-se subdividida em três fases:

- ***Fase I*** – enumeração e determinação dos elementos construtivos utilizados e respectivas quantidades.

- ***Fase II*** – quantificação das categorias relativas às fases de montagem e desmantelamento, tendo em consideração as soluções de suporte, revestimento e estrutura do edifício. Devido à inexistência de valores dos impactes para as soluções utilizadas nos vãos, embora quantificados no ponto anterior, não são contabilizados para o impacte global.

- ***Fase III*** – obtenção do valor total das categorias de impacte ambiental.

Etapa 2 - Quantificação das categorias de impacte ambiental dos benchmarks

Esta etapa demonstra-se em tudo idêntica à anteriormente descrita, embora seja aplicada para as situações de referência - *benchmarks* (melhor prática e prática convencional). A prática convencional contabilizou os impactes das soluções correntemente utilizadas, aplicadas em igual área do presente caso de estudo; já a melhor prática representa uma redução de 75% no impacte da prática convencional.

Etapa 3 – Normalização e agregação das categorias de impacte ambiental

Esta última etapa permite normalizar e agregar num único valor as várias categorias sobre análise, recorrendo às expressões de (1) e (2), e aos factores de ponderação apresentados no Quadro 3.1. Possibilita ainda a avaliação do nível de desempenho ambiental de acordo com o Quadro 3.3.

C. 2. *Biodiversidade e uso do solo*

Indicador: *Densidade urbana*

P.2. *Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível*

O ordenamento do território tem como principal objectivo a regulamentação da utilização do solo, tendo em conta o interesse público. Em todos os países europeus, e Portugal não é excepção, existem elaborados documentos legais que visam o ordenamento urbano espacial, físico e temporal, quer a nível nacional

quer regional, como a elaboração do Plano Director Municipal (PDM). A este cabe estabelecer as regras às quais a ocupação, uso e transformação do território municipal devem obedecer. Estabelece ainda a estratégia de desenvolvimento territorial, a política municipal de ordenamento do território e de urbanismo e as demais políticas urbanas, integra e articula as orientações estabelecidas pelos instrumentos de gestão territorial de âmbito nacional e regional e estabelece o modelo de organização espacial do território municipal.

Uma questão preocupante é a rapidez com que o solo, recurso ilimitado, é consumido pela urbanização, provocando alterações irreversíveis, como a perda da sua biodiversidade biológica e a sua contaminação. Visando o uso controlado dos vários recursos inerentes ao funcionamento das cidades, a Comissão Europeia no âmbito do programa *6th Environment Action Programme* promoveu o ordenamento das cidades de forma a torna-las compactas e multifuncionais. A compacticidade das cidades é reflectida pelo índice de utilização do solo (*IUL*), valor regulamentado pelos PDM locais, que representa a razão entre a superfície total construída e a área da respectiva parcela ou lote. Pretendendo um uso eficiente, o valor deste índice é variável consoante a área do espaço urbano, por exemplo, áreas verdes possuem menor IUL visando a conservação do espaço no seu estado natural, já áreas destinadas a moradias e outras tipologias de habitação possuem maior IUL. Assim, consoante o local de implementação do edifício deve respeitar-se o IUL_{max} da área, tirando no entanto o maior proveito possível do espaço.

A incorporação deste parâmetro na avaliação levada a cabo neste trabalho visa então, a valorização da utilização eficiente do solo urbanizável, através do cálculo do índice de utilização do solo urbanizável (P_{AUL}). Os benchmarks considerados pela metodologia, adoptam como melhor prática um PAUL de 90% e como prática corrente de 50%. Estes valores resultam do trabalho de investigação realizado pelos autores da SBTool^{PT}. Contudo, este parâmetro não foi considerado no presente estudo, uma vez que não foi possível averiguar qual o IUL_{max} ao qual o Solar XXI estaria sujeito; por consequência, o peso deste parâmetro foi distribuído pelos demais parâmetros desta categoria.

P.3. *Índice de impermeabilização*

Um dos muitos problemas das alterações causadas ao nível do solo pela edificação em massa, é a alteração da permeabilidade das superfícies. Se inicialmente a superfície do solo se encontrava a descoberto permitindo o livre escoamento da água das chuvas, hoje em dia, a pavimentação veio tornar impermeáveis, quase todas as superfícies. Desta forma, a água que naturalmente deveria penetrar o solo e dirigir-se até aos lençóis e cursos de água, é conduzida para sistemas de drenagem de águas pluviais implementados para evitar a inundação das cidades em períodos de chuva intensa.

Este parâmetro pretende assim valorizar a permeabilidade dos solos nas áreas urbanas garantindo a recarga dos aquíferos e minimizando os caudais de ponta nos sistemas de drenagem de águas pluviais. A sua avaliação consiste da determinação do valor do índice de impermeabilização (P_{IMP}), tendo em consideração a informação presente no Quadro 3.4 para o cálculo da superfície impermeabilizada. Para

efeitos de benchmarking a SBTool^{PT} considera como melhor prática um valor de P_{IMP} igual a 30% e como prática comum 60%.

Quadro 3.4. Condições a ter em conta no cálculo da $A_{IMP.}$

CONDIÇÕES	*ÁREA PERMEÁVEL (%)*
Edificação com cobertura ajardinada	50
Áreas revestidas com grelhas de arrelvamento	100
Áreas revestidas com cubos de pedra	100

Indicador: *Reutilização de solo previamente edificado ou contaminado*

P.4. *Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada*

Já referido no Capítulo 2, um dos aspectos a considerar na construção do meio edificado é o reaproveitamento do solo, em vez da utilização de solo "virgem". Assim requalificar áreas contaminadas ou previamente edificadas mostram-se uma mais-valia quer a nível ambiental, pela redução do impacte, quer a nível social pela melhoria da estética das cidades e do nível de bem-estar que isso proporciona às populações.

Consequentemente, a finalidade da avaliação deste parâmetro visa a promoção da reutilização de solos previamente contaminados ou edificados, quantificando a área de intervenção em que isso acontece (P_{ACE}), através das condições apresentadas no Quadro 3.5. A metodologia visada atribui à melhor prática uma utilização de solo previamente edificado ou contaminado de 90%; sendo a prática corrente o recurso a solo virgem o valor para esta solução é de 0%.

Quadro 3.5. Condições utilizadas na definição da área previamente contaminada e edificada.

CONDIÇÕES
A área situava-se na base de pisos de edifícios pré-existentes ou edifícios demolidos nos 2 anos anteriores
A área estava totalmente coberta por outras construções (áreas de estacionamento, arruamentos, etc.) que tenham sido desactivadas ou destruídas nos 2 anos anteriores
A área encontrava-se contaminada por resíduos tipo industrial, tendo sido necessária a descontaminação antes do inicio da construção

Indicador: *Uso de plantas autóctones*

P.5. *Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones*

Portugal, tal como outros países do mundo, tem sofrido uma redução acentuada da fauna nativa, quer pelo avanço das zonas urbanas com menor número de espaços verdes, quer pela substituição do ecossistema florestal tradicional por ecossistemas simplificados, reduzidos a conjuntos de árvores alinhadas da mesma espécie normalmente exótica, e de rápido crescimento. Para combater esta realidade, com a ratificação da Convenção sobre a Diversidade Biológica estabelecida na Conferência Rio, que reconhece as invasões biológicas como uma das principais causas para as alterações globais, Portugal assumiu três objectivos: a conservação da diversidade biológica, a utilização sustentável dos seus componentes e a partilha justa e equitativa dos benefícios provenientes da utilização dos seus recursos genéticos. Com a publicação da Estratégia Nacional de Conservação da Natureza e da Biodiversidade (Resolução do Conselho de Ministros nº 152/2001 – (Portugal 2001)), Portugal compromete-se, entre outros aspectos, a prevenir, incentivar e valorizar o património de raças autóctones e tradicionais do país. Desta forma, é fundamental incluir nas áreas verdes dos edifícios plantas nativas, garantindo da manutenção nos ecossistemas naturais.

O intuito da inclusão deste indicador é, consequentemente, fomentar a utilização de plantas autóctones nos espaços verdes do edifício em estudo através da determinação da percentagem de áreas verdes ocupadas por estas plantas (P_{AUT}). O processo de cálculo do baseia-se na determinação da área total destinada a espaços verdes (A_{EV}) e dentro desta, da área total destinada a plantas nativas (A_{EA}). Os *benchmarks* referem-se a uma utilização de plantas autóctones de 90% para a melhor prática e de 30% para a prática convencional, resultado da investigação e revisão bibliográfica realizadas pelos autores da SBTool^{PT}.

Indicador: *Efeito de ilha de calor*

P.6. *Percentagem de áreas em planta com reflectância igual ou superior a 60%*

O efeito de ilha de calor resulta da alteração da paisagem das cidades, superfícies pavimentadas em vez de solo nu, aglomerado de edifícios em vez de espaços amplos, representando a diferença de temperaturas sentida entre uma zona urbana e a zona rural circundante. A baixa reflectividade dos materiais que revestem a cidade e a redução das áreas verdes levam a que o calor produzido pela radiação solar incidente sobre a cidade fique retido, aumentando consequentemente a temperatura exterior. Este efeito possui inúmeros impactes, quer sobre o ambiente, quer sobre o bem-estar das populações, como já referido no Capitulo 2. Como tal, torna-se indispensável potenciar a diminuição deste efeito, recorrendo a materiais com elevada reflectância ou coberturas ajardinadas e espaços verdes, daí a necessidade de incluir este indicador na avaliação em curso.

A determinação do desempenho deste parâmetro é conseguida através da quantificação das áreas verdes, existentes no terreno de implementação e das superfícies do edifício que possuam uma reflectividade superior a 60% (P_{RFL}). O valor do P_{RFL} resulta do quociente entre, o somatório das áreas verdes e das

áreas com reflectância igual ou superior a 60%, e a área total do terreno, todas em projecção horizontal. O *benchmarking* é resultado da investigação dos autores da metodologia e consiste em 90% para a melhor prática e 40% para a prática comum.

C. 3. *Energia*

Indicador: *Energia primária não renovável*

P.7. *Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização*

Já referido anteriormente, Portugal possui dois documentos legais que regulamentam os requisitos térmicos de edifícios, RCCTE e RSECE e um outro, que torna obrigatória a certificação energética e da qualidade do ar interior, SCE. Os três visam a satisfação das exigências do conforto térmico com o mínimo de dispêndio energético possível, impondo limites ao seu consumo e mediando a escolha de tecnologias e sistemas construtivos que garantam a salubridade do ar interior e a durabilidade dos elementos construtivos.

O presente caso de estudo, sendo um edifício de serviços com mais do que 1000 m^2 de área útil, rege-se pelo RSECE. Este visa a determinação das necessidades nominais de energia para climatização (aquecimento e arrefecimento) e para todos os outros fins, iluminação, preparação de AQS, ventilação, elevadores, escadas rolantes, etc, apresentando-a através de um indicador único - Indicador de Eficiência Energética nominal (IEE_{nom}.). Este representa o valor da energia, por m^2, que um determinado espaço necessita para manter as condições de conforto de referência. Os limites a este valor são impostos em função do tipo de actividade realizada no imóvel e da sua idade, edifícios já existentes têm limites menos exigentes do que novos edifícios.

Desta forma, o presente parâmetro pretende quantificar a energia utilizada no edifício não proveniente de fontes renováveis, visando obviamente a promoção da redução destes.

O desempenho do parâmetro é obtido pela quantificação da energia primária não renovável (P_{ENR}) que é consumida durante a fase de utilização, segundo a metodologia do RSECE – IEE_{nom}. Para a quantificação dos *benchmarks* seguiu-se o SCE e RCESE, sendo o valor limite dos consumos globais específicos dos edifícios de serviços existentes (IEE_{ref} - IEE de referência), correspondente à prática convencional; à melhor prática corresponde o valor do IEE que corresponderia ao valor mínimo necessário para atingir o desempenho A^+ no certificado de eficiência energética- IEE_{refA+}.

Indicador: *Energia produzida localmente a partir de fontes renováveis*

P.8. *Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis*

Em Portugal, o consumo energético por parte dos edifícios de serviços, aumentou substancialmente na última década, 7,1%, sendo consequentemente um dos sectores responsáveis pelo aumento do consumo de energia eléctrica, que passou de 19% para 31% entre os anos 1980 e 1999, (Dae 2009). Sabendo que a maior parte da energia eléctrica consumida em Portugal provém de fontes não renováveis, é conveniente valorizar o contrário, optando pela utilização de energias renováveis na produção de energia eléctrica, quer a nível nacional, quer através da microgeração.

O desempenho do edifício ao nível deste parâmetro, avalia-se através do valor estimado de energia produzida anualmente no edifício por de fontes renováveis (P_{ER}), obtido através da quantificação da contribuição dos sistemas de colectores solares e de outros sistemas com fonte renovável na preparação de AQS, aquecimento e produção de energia eléctrica, recorrendo para isso à ferramenta informática *SolTerm*. Para efeitos de *benchmarking*, a metodologia analisa o contexto nacional relativo à adopção de tecnologias que permitem o aproveitamento de energias renováveis, assim como a sua contribuição para a redução do consumo de energia convencional. A iniciativa nacional Água Quente Solar para Portugal refere que um sistema pode satisfazer entre 50 a 80% das necessidades anuais de energia útil, assim a metodologia considera como prática convencional para o valor de P_{ER} uma solução de satisfaça 50% das necessidades de energia referida. A Directiva Comunitária 2001/77/CE impunha a Portugal que em 2010, 39% da energia produzida proviesse de fontes renováveis, no entanto Portugal ultrapassou esse valor no inicio de 2008, tendo por isso aumentado a meta para 45%, segundo a resolução de Conselho de Ministros nº 1/2008. Assim a melhor prática corresponde a um sistema que satisfaz 45% das suas necessidades de energia, através de fontes renováveis.

C. 4. *Materiais e resíduos sólidos*

Indicador: *Reutilização de materiais*

P.9. *Percentagem em custo de materiais reutilizados*

Com a publicação do Decreto – Lei 46/2008, o sector da construção ficou obrigado a uma gestão cuidadosa dos resíduos de construção & demolição (RCD). Estes possuem inúmeros impactes, não só pela grande quantidade, mas também pelas suas características que, para além de englobarem várias tipologias de resíduos possuem uma distribuição geográfica e temporal bastante desfavoráveis. Com a publicação deste documento os responsáveis de obra são obrigados entre outros aspectos, a promover a reutilização de materiais e a incorporação de RCD na obra e a fazer o registo quer do material reciclado utilizado quer dos resíduos produzidos.

O desempenho do edifico ao nível desde parâmetro avalia-se através da quantificação do custo de materiais e produtos reutilizados em obra (P_{CREU}). Para a determinação desde parâmetro no caso dos

benchmarks, a metodologia considera como prática corrente a não inclusão de RCD em novas obras e como melhor prática tem em consideração uma reutilização de 15% em custo.

Indicador: *Utilização de materiais reciclados*
P.10.*Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício*

Muitos dos materiais utilizados na construção possuem algum teor reciclado, como sendo betão particulado e outros RCD, lamas provenientes de estações de tratamento de águas, e cinzas provenientes da combustão do carvão, incineração, etc. O tipo de material reciclado a introduzir está dependente do material ou solução final e seu objectivo; betões para fundações e estrutura podem incorporar RCD particulado; argamassas para fins mais delicados podem incorporar cinzas (Camões 2005); tijolos cerâmicos podem conter lamas resultantes do tratamento de águas até uma percentagem mássica de 1% a 3%, também podendo estas produzir agregados leves, (Boaventura and Fonseca Almeida 2007/2008); peças metálicas podem ser realizadas apenas com metal reciclado ou possuir uma percentagem deste. Existem diversos estudos, como os já mencionados, que comprovam que a introdução destes materiais até uma determinada quantidade não só não afecta o comportamento mecânico dos materiais, como os torna mais baratos e com menor impacte ambiental. O WRAP (The Waste & Resources Action Programme) publicou em 2008 um guia que auxilia a escolha de materiais com teor reciclado, consoante a finalidade pretendida, (WRAP 2008).

A avaliação do desempenho deste parâmetro é realizada pela quantificação da percentagem em massa do conteúdo reciclado dos materiais e produtos utilizados em obra (P_{CRE}), tendo por base as especificações técnicas dos produtos utilizados em maior quantidade no edifício (empregues nos elementos construtivos e acabamentos). Para efeitos de *benchmarking* a metodologia considera como prática corrente e como melhor prática quantificações estudadas e publicadas dentro da União Europeia.

Indicador: *Utilização de materiais reciclados*
P.11.*Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados*

As florestas e o seu papel fundamental no ambiente e em questões problemáticas, como o efeito de estufa, a qualidade da água ou a desertificação, ao actuarem, respectivamente, como sequestrador de dióxido de carbono e elemento regularizador dos regimes hídricos e de conservação do solo, são um dos recursos naturais para cujos problemas a sociedade está particularmente sensibilizada. A desflorestação verificada em todo o mundo devida aos mais variados factores (extracção ilegal, a sobre-exploração dos recursos florestais, crescimento populacional etc.) representa um sério risco à manutenção das grandes áreas florestais em todo o mundo. De forma a combater este problema, em 1999 surge formalmente o Programa para o Reconhecimento de Sistemas de Certificação Florestal (*Programe for the Endorsement of Forest Certification schemes*) pela iniciativa dos proprietários florestais dos países europeus, com o apoio dos profissionais do sector florestal da madeira. Este visou a criação um quadro de referência para a

certificação da gestão florestal sustentável, tendo por base as especificidades da floresta Europeia. Sendo esta certificação reconhecida e exigida a nível nacional, em Fevereiro do presente ano, surge a proposta de Norma pr NP 4406 – "Sistemas de gestão florestal sustentável, Aplicação dos critérios pan-europeus para a gestão florestal", que concilia o Programa para o Reconhecimento de Sistemas de Certificação Florestal e Conselho de Gestão Florestal.

O sector da construção consome 25% da madeira extraída e 40% dos agregados, em todo o mundo, pelo que se revela um grande mercado da indústria florestal, (Mateus and Bragança 2006) . No entanto, para além da madeira e seus derivados, este sector absorve muitos mais materiais de base orgânica e não só, que deveriam ser alvo de controlo ecológico. Desta forma, a União Europeia criou, em 1992 o sistema de atribuição de Rótulo Ecológico, que visou criar um sistema valido comunitariamente e de carácter voluntário, que promovesse produtos com um impacto ambiental reduzido durante o seu ciclo de vida completo e, por outro lado, fornecer aos consumidores informações precisas exactas e cientificamente estabelecidas relativas ao impacte ambiental dos produtos.

Este parâmetro visa assim, a avaliação do desempenho do edifico quanto à quantidade de materiais utilizados com base orgânica certificada (P_{CER}), estimando o custo destes materiais e verificando qual o seu peso no custo total dos materiais de madeira ou de base orgânica. Para efeitos de *benchmarking* considera-se que a prática corrente é não utilizar materiais certificados, já a melhor prática corresponde a uma percentagem em custo de 5%.

Indicador: *Uso de substitutos de cimento em betão*

P.12.*Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento*

A estabilização de resíduos e a sua incorporação noutros materiais fazem parte da hierarquia da gestão sustentável dos resíduos, tentando evitar a deposição em aterro. O betão, material mais largamente utilizado no sector da construção, graças à elevada quantidade com que é usado, mostra-se um bom canalizador destes materiais, podendo absorver milhões de toneladas de resíduos e subprodutos industriais, como é o caso das cinzas volantes provenientes de centrais termoeléctricas. Para além disso, a indústria do cimento é responsável pela emissão de 7% das emissões de CO_2; assim sendo, é urgente a necessidade de o substituir (em parte), sem que isso comprometa obviamente, a eficiência e desempenho das estruturas de betão. Já vários estudos demonstraram a exequibilidade desta substituição, representando muito mais que um "depósito" de resíduos, uma alternativa economicamente viável e energeticamente eficiente, além de *amiga do ambiente*, (Camões 2005).

O desempenho deste parâmetro é obtido pela quantificação da percentagem em massa, dos materiais substitutos do cimento no betão (P_{SUB}) utilizado em obra, obtida pelo quociente ente a massa de ligantes substitutos do cimento (M_{SUB}) e a massa total dos ligantes utilizados (M_{LIG}). Como prática corrente a SBTool^{PT} considera que não existe incorporação de materiais substitutos do cimento; para melhor prática adoptou-se a percentagem em massa de incorporação de cinzas volantes resultante do estudo de (Camões 2005), isto é, 60%.

Indicador: *Condições de armazenamento de resíduos sólidos durante a fase de utilização do edifício.*
P.13.*Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos*

Portugal, em 1997 aprovou o primeiro Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos (PERSU) que concretizou as primeiras políticas de gestão de resíduos; estabeleceu-se o encerramento das lixeiras e criaram-se sistemas municipalizados de gestão de resíduos bem como infra-estruturas de valorização. Este plano foi recentemente revisto, em consequência das novas políticas comunitárias, sendo publicado o PERSU II 2007-2016, (Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional 2007). Este estabelece as perspectivas de redução da produção de resíduos e uma melhoria na sua gestão, tendo em conta as metas definidas pelas directivas comunitárias 94/62/CE (transposta através do Decreto – Lei 336 A/97 alterado pelos Decretos – Lei 162/2000 e 26/2006) e 1999/31/CE (transposta pelo Decreto - Lei 152/2002). Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA 2008) em 2006, Portugal produziu 4.641.103 toneladas de RSU, sendo 89,5% deste valor proveniente de recolha indiferenciada e os restantes 10,5% de recolha selectiva. Tendo por base a totalidade de RSU produzidos neste mesmo ano, 65,52% deste valor foi enviado para aterro, 18,41% enviados para valorização energética (incineração), 6,43% sujeitos a valorização orgânica e 9,6% recolhidos selectivamente (multimaterial porta-a-porta, ecopontos e ecocentros). A directiva 1999/31/CE impõe que em 2016 a matéria orgânica (MO) enviada para aterro seja no máximo 35% em peso, da matéria orgânica produzida em 1995. Os decretos-lei 162/2000 e 96/2006 impõem a valorização e reciclagem das embalagens de papel e cartão, vidro, metal e madeira até 2011. O PERSU apresenta previsões favoráveis à redução da produção, à melhoria da gestão e consequentemente ao cumprimento das metas, sendo que o cenário de previsão moderado refere que, em 2016 serão enviados para aterro apenas 15% da MO produzida em 1995, e a previsão optimista estima que apenas 1% do valor de 1995 será depositado em aterro.

Para que a gestão dos resíduos seja concretizada eficazmente é necessário, para além da consciencialização da população, um sistema de recolha bem estruturado e eficiente. Desta forma, o desempenho do edifício ao nível da gestão eficiente dos RSU tem em consideração condições internas e externas para a promoção da separação dos RSU (P_{RSU}). A obtenção deste valor respeita uma *checklist* que a cada ponto verificado atribui um determinado número de créditos, sendo o 80 créditos, valor máximo alcançável. O *benchmarking* para este parâmetro apresentado pela SBTool^{PT,} admite como prática corrente a obtenção de 10 créditos e a melhor prática 50.

C. 5. *Água*

Indicador: *Consumo de água*
P.14.*Volume anual de água consumido <u>per capita</u> no interior do edifício*

A água, bem essencial à vida e cada vez mais escasso, começa a ser considerado o petróleo do futuro. Como tal, o seu uso eficiente e estratégico deve ser um ponto-chave em qualquer edifício, qualquer sociedade e qualquer país. O Plano Nacional da Água, em 2001, estimava que a procura de água em

Portugal rondava os 7.500 milhões de metros cúbicos por ano, sendo a agricultura responsável por 87% desse valor, 8% ia o abastecimento urbano e 5% para a indústria.

Nem toda a água captada é realmente utilizada, podendo isso representar uma ineficiência dos serviços de distribuição e aproveitamento. Em 2001 estimava-se que o abastecimento urbano e a agricultura tinham uma eficiência de 60%, já à indústria eram atribuidos 70%. O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNEA), aprovado em 2005 por Conselho de Ministros (Portugal 2005) impõe metas para melhoria destas eficiências num prazo de 10 anos, de 80%, 65% e 85%, respectivamente, abastecimento urbano, agricultura e indústria. Estimativas do INE (Instituto Nacional de Estatística) e do Instituto Nacional da Água, mostram que em 2006 o consumo de água abastecida por rede pública foi 456.386 milhões de metros cúbicos, correspondendo a um índice de abastecimento público de 91% e a um consumo médio de 50 m^3/hab.ano. Tal como referido no Capitulo 2 a incorporação de dispositivos mais eficientes no consumo de água permitem, aliados à correcta utilização, promovem uma eficiente gestão e consequente redução do consumo.

O desempenho do uso eficiente da água no interior de um edifício é obtido pela quantificação do volume anual de água consumido *per capita* (P_{CA}), tendo em consideração os tipos, quantidades e consumos dos dispositivos de utilização de água instalados. Para efeitos de *benchmarking* como se trata de um edifício de serviços considerou-se apenas a utilização dos dispositivos de bacias de retrete, torneiras e lava-louça, sendo que para a melhor prática se considera um consumo de 9,1 m^3/ocupante.ano e como prática convencional se valor aumenta para15,9 m^3/ocupante.ano.

Indicador: *Reutilização e utilização de água não potável*

P.15.*Percentagem de redução do consumo de água potável*

Já referenciado, Portugal possui um PNEA que materializa medidas que conduzem à alteração das práticas de consumo de água, quer pela redução do desperdício na distribuição quer pelo seu uso consciente, levando a uma menor utilização de água para um mesmo fim. Para além da introdução de dispositivos de baixo consumo de água, é possível reduzir o consumo de água potável através do aproveitamento da água pluvial e das águas cinzentas produzidas dentro do edifício. O aproveitamento da água da chuva pode potenciar uma redução de 100% se a água de rega proveniente da rede pública for totalmente substituída por água pluvial e, admitindo que é instalado um reservatório que cubra 50% das necessidades, a poupança potencial mínima desta medida é de 20 m^3/ano por jardim. Uma instalação doméstica de recolha, consiste geralmente, numa superfície de recolha ao nível da cobertura do edifício, uma cisterna de armazenamento e respectivos acessórios, caso este seja subterrâneo o aproveitamento de água é maior, já que é também recolhida água dos pavimentos. O aproveitamento de águas cinzentas é mais complexo uma vez que, a água necessita de um tratamento prévio para poder ser reutilizada. Sendo que 84% da água residual produzida, é água cinzenta, o reaproveitamento desta para uso interno e externo apresenta um grande potencial; o reaproveitamento para as bacias de retrete pode representar uma redução do consumo de água potável de 50 l/dia, já o aproveitamento para a lavagem da roupa representa

uma poupança de 90 l/dia. Já o reaproveitamento para uso exterior pode significar uma redução do consumo de água potável entre os 30 a 50%, (Commonwealth of Australia 2008).

A avaliação deste parâmetro é efectuada através da estimativa da redução do consumo de água potável no interior do edifício (P_{RCA}) por sistemas que permitem o aproveitamento de águas pluviais e cinzentas. Este valor resulta da aplicação da expressão matemática (5), que contabiliza o volume de água cinzenta reciclado anualmente, o volume de água pluvial aproveitado e o valor do parâmetro anterior, P_{CA}. Para efeitos de *benchmarking*, a SBTool^{PT} considera como melhor prática uma situação em que toda a água utilizada nas bacias de retrete provém da reciclagem de águas pluviais e/ou cinzentas, fazendo o cálculo da água consumida com esse pressuposto, e como prática convencional o não aproveitamento destas águas.

$$P_{RCA} = \frac{V_{AC} + V_{AP}}{P_{CA} \times n.ocupantes} \tag{5}$$

Sendo:

V_{AC} - Volume de água cinzenta reciclado anualmente (m^3/ano)
V_{AP} - Volume de água pluvial aproveitado (m^3/ano)
P_{CA} - Volume anual de água consumido *per capita (*m^3/ano·ocupante)

3.3.2. Dimensão social

O segundo ponto da metodologia corresponde à avaliação do desempenho social do edifício. Tal como já referido, são analisados apenas parâmetros que consideram o bem-estar e saúde dos utilizadores do edifício, durante a sua fase de utilização. Para uma melhor avaliação da dimensão social esta foi decomposta em três categorias que, por sua vez, se dividem em oito indicadores, sendo que existe apenas um parâmetro por indicador., como apresentado no Quadro B.1, do Anexo B.

C. 6. *Conforto e saúde dos utilizadores*

Indicador: *Eficiência da ventilação natural em espaços interiores*
P.16.*Potencial de ventilação natural*

Para além de associada à climatização dos espaços interiores, a ventilação é também responsável pela manutenção de outros parâmetros de qualidade do ar interior. A legislação portuguesa impõe, através do RCCTE, que a taxa de renovação horária do ar interior deverá ser no mínimo 0,6 h^{-1}. No mesmo regulamento é referido que esta renovação deve ser assegurada por sistemas de ventilação natural ou mecânica; ora, do ponto de vista da sustentabilidade, recorrer à ventilação mecânica como principal solução seria descabido. A ventilação natural, ao contrário dos sistemas mecânicos, utiliza as diferenças de pressão naturais entre dois locais (interior - exterior, interior - interior) para promover a circulação do

ar e a introdução de ar fresco no interior do edifício. A ventilação é então conseguida por via de aberturas para o exterior, vãos envidraçados com possibilidade de abertura, portas, grelhas de ventilação, etc.

A avaliação deste parâmetro pretende valorizar a existência de sistemas de ventilação natural que anulem a necessidade de recorrer a sistemas mecânicos para garantir a renovação e qualidade do ar interior. Estima, para isso, o potencial de ventilação natural (P_{VN}) através da verificação de uma *checklist*, cujo valor máximo atingível é 90 créditos. Esta lista considera aspectos relacionados com a razão entre a área de aberturas e área útil a ventilar, e a eficiência desta. O *benchmarking* apresentado pela SBTool^{PT} considera como melhor prática a obtenção de 60 créditos e como prática convencional obtenção de 30.

Indicador: *Toxicidade dos materiais de acabamento*

P.17.*Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV*

Tendo em vista a melhoria da qualidade do ar interior dos edifícios e a redução da poluição atmosférica, vários esforços têm vindo a ser feitos por parte das entidades responsáveis para minimizar a utilização de substâncias passíveis de potenciar a degradação da qualidade do ar. Ao nível do sector dos edifícios, e mais concretamente da qualidade do ar interior, vários são os documentos legais que impõem valores limite para a concentração de determinados compostos. No que respeita às fases de construção e manutenção e do que pode ser feito para minimizar a degradação da qualidade do ar durante a fase de utilização, para além dos sistemas construtivos a que se pode recorrer, Portugal possui legislação que regulamenta o teor de COV nos materiais utilizados. Para além do Decreto – Lei n.º 181/2006, que transpõe a Directiva Comunitária 2004/42/CE que limita o teor total de COV em tintas e vernizes, Portugal adoptou a Norma Europeia EN 13986: 2006 "*Painéis Derivados da Madeira para Utilização na Construção – Características, Avaliação de Conformidade e Rotulagem*", que pretende fazer o controlo de qualidade destes produtos. Convém referir que os COV além de nocivos para a saúde humana, são percussões do O_3 troposférico, sendo de máxima importância reduzir a sua utilização.

O desempenho deste parâmetro é avaliado pela determinação do valor em peso de materiais de acabamento com baixo teor de COV, (P_{COV}). Consideram-se materiais com baixo teor de COV, tintas e vernizes com menos de 8% de COV na sua massa total (limite imposto pela União Europeia para 2010) e produtos derivados de madeira que obtenham a classificação E1 segundo a norma EN 13 986. Como melhor prática, a metodologia considera que 90% em peso dos materiais de revestimento utilizados possuem baixo teor de COV, e como prática convencional os materiais cumprem o nível legal actual.

Indicador: *Conforto térmico*

P.18.*Nível de conforto térmico médio anual*

Como é do conhecimento geral, as condições térmicas do ar interior de um edifício influenciam o bem-estar dos seus ocupantes, e consequentemente o seu rendimento de trabalho. Desta forma o RCCTE admite como condições interiores de referência uma temperatura de 20°C para a estação de aquecimento e

25°C e 50% de humidade relativa para a estação de arrefecimento, sendo as mesmas para edifícios aos quais é aplicável o RSECE.

O desempenho deste parâmetro consiste na determinação do nível de conforto térmico médio anual (P_{CT}),. A determinação do nível de conforto térmico na estação de aquecimento (P_{CTI}) depende da temperatura operativa mínima interior, obtida através de da ferramenta de simulação dinâmica; o nível de conforto na estação de arrefecimento (P_{CTV}) depende da diferença entre temperatura média exterior cumulativa e a temperatura óptima interior. O valor final do parâmetro pretendido conjuga as duas estações segundo a expressão (6). Para efeitos de *benchmarking*, na estação de aquecimento considera-se como melhor prática uma temperatura interior de 21°C e 18°C como prática convencional; na estação de arrefecimento, são analisadas as diferenças de temperaturas, operativa e operativa óptima, e o número de vezes esta não é excedida em pelo menos 95% das horas analisadas. Desta forma a melhor prática corresponde uma diferença de 2°C e a prática corrente equivale a 4°C.

$$\overline{P_{CT}} = \frac{\overline{P_{CTI}} \cdot d_{ei} + \overline{P_{CTV}} \cdot 4}{d_{ei} + 4} \tag{6}$$

Sendo:

d_{ei} - duração da estação de aquecimento correspondente ao concelho onde o edifício se encontra implementado (Quadro III.1, anexo III do RCCTE (Portugal 2006a))

Indicador: *Conforto visual*

P.19.*Média do factor de luz do dia médio*

A luz, factor essencial para a execução de qualquer tarefa num edifício de serviços, pode ser fornecida de forma natural, minimizando o dispêndio de energia, caso o edifício possua estruturas adequadas. Considera-se que um ambiente luminoso é adequado quando assegura as necessidades de conforto visual e quando permite a execução das diferentes tarefas que ocorrem no interior do edifício. Esta adequabilidade pode ser avaliada através do Factor de Luz do Dia, i.e., o quociente, expresso em percentagem, entre a iluminância no interior e a iluminância horizontal exterior simultânea devida a um hemisfério de céu desobstruído, (Santos 2002).

A avaliação desde parâmetro é feita pela determinação Factor de Luz do Dia Médio ($\overline{P_{FLDM\ m}}$) resultante da média dos factores de luz do dia médio de todos os compartimentos do edifício, através da expressão (7). Para efeito de *benchmarking* a SBTool^{PT} considera como melhor prática um FLDM de 3% para cada tipo de compartimento, e como prática corrente um FLDM de 2% para cozinhas e 1% para salas de estar e escritórios.

$$\overline{P_{FLDM\ m}} = \frac{\sum \overline{FLDM_i} \times A_i}{\sum A_i} \tag{7}$$

Sendo:

$\overline{FLDM_i}$ - factor de luz do dia médio do compartimento i
A_i - área do compartimento i

Indicador: *Conforto acústico*

P.20.*Nível médio de isolamento acústico*

Ninguém consegue trabalhar com elevados níveis ruído; para além de reduzirem a capacidade de concentração, podem também causar danos na saúde. É assim essencial ao bem-estar dos ocupantes, um bom isolamento acústico, quer a ruídos externos ao edifício, quer a ruídos provenientes de outros compartimentos internos.

Portugal possui uma das melhores legislações a nível da protecção do ruído; o Regulamento dos Requisitos Acústicos de Edifícios (RRAE), (Portugal 2008), regulamenta o conforto acústico, impondo limites máximos de exposição a ruídos de condução área e de percussão para as várias tipologias de edifícios. No caso particular do presente estudo, considera-se para o efeito de avaliação do conforto acústico, que o edifício em causa é, segundo o RRAE, um edifício de investigação, estando sujeito a um índice de isolamento acústico a ruídos de condução áreas provenientes do exterior de, no mínimo 33dB(A), já que se localiza numa zona mista. Também são apresentados para a mesma tipologia de edifício valores mínimos de índice de isolamento acústico a ruídos de condução área entre compartimentos e a ruídos de percussão.

Consequentemente para a avaliação do desempenho deste parâmetro dever-se-ia calcular o nível médio de isolamento acústico ($\overline{P_{CA}}$), cuja determinação depende dos factores normalizados abaixo enumerados, e da expressão (8):

(i) Nível de conforto acústico a sons de condução aérea entre o exterior e os gabinetes, bibliotecas, salas polivalentes e laboratórios, no interior;
(ii) Nível de conforto acústico a sons de condução aérea entre locais do edifício (gabinetes, laboratórios, corredores, salas polivalentes);
(iii) Nível de conforto acústico a ruídos de percussão entre espaços interiores;
(iv) Nível de conforto acústico relativo ao nível de avaliação do ruído de equipamentos colectivos;

Já no caso do *benchmarking* a prática convencional consideraria os valores regulamentares apresentados no RRAE para esse efeito; a melhor prática teria em conta, para o nível de conforto acústico a ruídos de condução área provenientes do exterior, um índice de isolamento térmico de 39 dB(A).

$$\overline{P_{CA}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{P}_i}{n} \qquad (8)$$

Sendo:

$\overline{P_i}$ - Nível de conforto acústico de cada requisito no RRAE
n - Número de requisitos i

No entanto, dada a inexistência de projecto de acústica do edifico em estudo, que serviria como base de dados à avaliação e embora este parâmetro seja importante para a avaliação global, não será englobado no presente caso de estudo. Poder-se-ia ter recorrido a uma análise *in situ*, contudo, o curto prazo para a elaboração deste trabalho e os elevados graus de complexidade e morosidade que esta análise exigiria não eram compatíveis.

C. 7. *Acessibilidade*

Indicador: *Acessibilidade a transportes públicos*
P.21.*Índice de acessibilidade a transportes públicos*

A sustentabilidade de um edifício não depende apenas das suas características estruturais, a sua localização e interacção com o meio envolvente são também fundamentais para que isso aconteça, tal como se refere no Capítulo 2. Cidades compactas e multifuncionais com redes de transportes públicos bem estruturadas são uma mais-valia. A proximidade de um edifício a redes de transportes públicos bem estruturadas e eficientes promove a sua utilização, em detrimento do meio de transporte privado; para além da redução das emissões de GEE e de outros poluentes consequentes da queima de combustível, o recurso aos transportes públicos tem efeito directo no dia-a-dia dos seus utilizadores, através da poupança de tempo e dinheiro nas deslocações diárias e citadinas. Em Portugal, principalmente nas grandes cidades, como Porto e Lisboa, existem redes de autocarro, metropolitano e comboios urbanos, que permitem uma deslocação pouco dispendiosa, no entanto, principalmente ao nível dos autocarros é necessário melhorar a sua promoção e interacção com a cidade. Este transporte só será apelativo se, para além do ganho económico, representar significativamente um ganho de tempo. Assim, torna-se fundamental promover vias exclusivas para estes veículos e reduzir o tráfego automóvel de forma a permitir o melhor escoamento deste nas principais horas do dia (horas de ponta). Com este objectivo aliado à necessidade de reduzir o impacte ambiental causado pelo tráfego automóvel, surgiu recentemente em Portugal a iniciativa Galp Share, que visa juntar num mesmo automóvel várias pessoas que façam o mesmo trajecto diário casa-trabalho-casa.

A inclusão deste parâmetro visa assim valorizar os edifícios quanto à sua dinâmica envolvente e propensão para promover a utilização de transportes públicos. A avaliação deste parâmetro recorre ao cálculo do valor do índice de acessibilidade a transportes públicos (P_{ATP}), tendo em conta a zona urbana onde se encontra o edifício em estudo (Quadro 3.6). Apenas se consideram elegíveis para esta análise as tipologias de transporte que verifiquei os requisitos do Quadro 3.7. O *benchmarking* é realizado de acordo

com a zona urbana, como mostra o Quadro 3.6 e resultou de revisão bibliográfica por parte dos autores da metodologia.

Quadro 3.6. Caracterização da zona urbana e respectivos *benchmarkings.*

ZONA	DESCRIÇÃO	MELHOR PRÁTICA - P_{ATP}^{*}	PRÁTICA CORRENTE - P_{ATP*}
1	Área central de capital de distrito	22,1	7,5
2	Outras áreas de capital de distrito ou zona central de cidade média ou de grande dimensão	11	3,5
3	Pequena cidade, vila ou subúrbio de cidade média ou de grande dimensão	7,5	2
4	Zona rural	3,5	1

Quadro 3.7. Condicionantes para elegibilidade de transportes públicos.

TIPOLOGIA DE TRANSPORTE	DISTÂNCIA MÁXIMA À PORTA (m)	OUTRAS CONDICIONANTES
Autocarro e eléctrico	500	Considerar a paragem mais próxima quando a mesma linha passa em várias; frequência de passagem para horas de ponta
Metropolitano	500	-
Comboio	1000	Apenas os serviços que efectuam 1 ou 2 paragens num raio de 10km com centro edifico

P.22.*Índice de acessibilidade a amenidades*

Uma cidade compacta e sustentável representa ter todos os serviços, aos quais se recorre diariamente, perto de casa ou do local do trabalho, facilitando a mobilidade das populações. Quanto maior for a proximidade entre os serviços e o local de residência, menor serão os gastos de tempo e maior será a tendência para realizar as deslocações a pé, transporte público ou outro veículo não poluente. É deste modo importante avaliar e valorizar um edifício que se encontre integrado na dinâmica citadina, através da sua proximidade a todo o tipo de amenidades. Estas podem ser divididas por classes consoante o tipo de serviço prestado, importância diária, periodicidade de recurso, etc. Serviços como cafés, mercearias, pequeno comércio são apelativos quando se encontram muito próximo do local onde o indivíduo reside; serviços de necessidade diária, ou quase diária, como farmácias, escolas ou bancos, devem localizar-se nas imediações do local de trabalho ou de habitação, no entanto não forçosamente "do outro lado da rua"; serviços de lazer, recriação ou necessidade esporádica e de recurso não imediato, podem encontrar-se um pouco mais distantes sem que isso prejudique a afluência, a vontade/necessidade de a eles recorrer e, como mais esporádicas que são não acarretam um impacte ambiental tão significativo como as anteriores.

Assim, o presente parâmetro pretende avaliar o índice de acessibilidade a amenidades (P_{AA}). Para isso recorre a um sistema de atribuição de créditos em função da classe das amenidades (Quadro 3.8) e da distância a que se encontram do edifício em estudo (Quadro 3.9). As práticas de *benchmarking*, tal como no parâmetro anterior resultam da revisão bibliográfica e investigação dos autores da SBTool^{PT}, atribuindo 30 créditos à melhor prática e 15 à prática convencional.

Quadro 3.8. Subdivisão das amenidades por classes.

CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
Café/snack-bar	Banco/caixa multibanco	Centro comercial
Espaços exteriores públicos	Escola primária	Centro desportivo/ginásio
Mercearia	Estação dos correios	Centro médico
Talho	Farmácia	Local de oração
	Parque infantil	Outro tipo de serviço, comercio ou grande empregador
		Restaurante

Quadro 3.9. Créditos a atribuir a cada amenidade em função da sua classe e distância à entrada do edifício.

CLASSE	DISTANCIA (m)					
	300	**500**	**1000**	**1500**	**2000**	**2500**
1	9	8	7	4	2	0
2	7	6	5	3	2	1
3	4	4	3	2	2	1

C. 8. Sensibilização e educação para a sustentabilidade

Indicador: *formação dos ocupantes*

P.23.*Disponibilidade e conteúdo do Manual do utilizador do Edifício*

Com a publicação do Decreto-lei n.º 68/2004 e da Portaria n.º 817/2004 (Portugal 2004a; b), os promotores imobiliários e técnicos responsáveis pelo imóvel ficaram obrigados à elaboração e disponibilização de um documento comprovativo das principais características técnicas e funcionais da habitação - "Ficha Técnica da Habitação". Esta obedece a um conjunto de mínimo de informações, como os principais profissionais, soluções e materiais, envolvidos no projecto, construção, reconstrução, ampliação ou alteração, loteamento, etc., e ainda pode contemplar outras informações. Estas informações tendo em vista a sustentabilidade do imóvel podem relacionar-se com o edifico em si como,

funcionamento energeticamente eficiente de equipamentos electrónicos existentes, reduções do consumo de água em função dos dispositivos instalados e gestão eficiente de resíduos; com o enquadramento local como a proximidade a transportes e amenidades e informações de emergência.

O desempenho desde parâmetro é avaliado pela quantificação do índice da disponibilidade do manual do utilizador (P_{MU}), que depende da verificação de uma *checklist* com 11 critérios aferíeis a que correspondem 100 créditos no total, tendo como pré-requisito a existência da "Ficha Técnica da Habitação". Caso esta não esteja disponível ou seja inexistente, toda a avaliação é invalidada. Para as soluções de *benchmarking* a metodologia considera a verificação de 75 créditos no caso da melhor prática e 15 na prática convencional.

Sendo a obrigatoriedade da "Ficha Técnica da Habitação" como o próprio nome indicia, apenas para edifícios residenciais, o que não é o caso do presente caso de estudo, este parâmetro não será incluído na presente avaliação, não invalidando no entanto, todo a avaliação.

3.3.3. Dimensão económica

Por último, apresenta-se a avaliação do desempenho económico. Embora já tenha sido referido que esta dimensão pode ter menor peso na avaliação global do que as anteriormente descritas, não se pode descurar a relação custo/benefício do investimento.

Esta dimensão, composta apenas por uma categoria, possui dois parâmetros de análise, um por cada indicador, como apresentado no Quadro B.1, do Anexo B e explicitado de seguida.

C. 9. *Custos de ciclo de via*

Indicador: *Custo inicial*

P.24. *Valor do custo do investimento inicial por m^2 de área útil*

Para tornar a construção sustentável atractiva quer a quem constrói quer a quem compra, o seu custo deverá ser o mais semelhante possível ao da construção convencional. Assim, é impreterível avaliar e valorizar o custo do investimento no edifício. A quantificação deste parâmetro resulta da determinação do custo do investimento inicial (P_{CI}). Segundo (Departamento de Engenharia Civil 2009) para efeitos de *benchmarking*, o custo correspondente à melhor prática pode ser calculado em função do Inquérito à Avaliação Bancária na Habitação, publicado trimestralmente pelo INE, representado pela média de custo por m^2 de área útil do quartil com as avaliações mais baixas; a prática convencional pode ser obtida com base no mesmo documento, correspondendo ao valor médio de custo por m^2 de área útil, isto obviamente para edifícios residenciais. Para edifícios de serviços, como não existe nenhum documento semelhante, seria necessário um estudo de mercado, analisando um largo número de edifícios da mesma tipologia, de forma a encontrar valores típicos. Este processo revela-se muito moroso e requerente de meios e

informações impossíveis de conciliar com o tempo disponível e com o montante trabalho a executar, pelo que este ponto foi excluído da presente avaliação.

P.25.*Custo de utilização*

Sendo objectivo principal de um edifício sustentável ser mais eficiente que os demais, pretende-se que este seja mais económico durante a sua fase de utilização, daí a necessidade quantificar o valor actual dos custos de utilização (P_{CU}). Esta quantificação é conseguida através do cálculo do custo energético, do custo anual do consumo de água potável e da produção de águas residuais e de RSU. O *benchmarking* é obtido através dos memos parâmetros mas tendo em conta das necessidades da melhor prática e da prática corrente.

3.3.4.Avaliação Global

Após a análise parcial de cada uma das dimensões (ambiental, social e económica) procede-se à agregação dos resultados, com vista ao cálculo da nota sustentável.

Como apresentado anteriormente, cada dimensão possui diversas categorias, que possuem, por sua vez, diversos indicadores, que também reúnem vários parâmetros. Assim, a avaliação global é realizada segundo os pontos subsequentes e segundo o Quadro 3.10:

(i) Quantificação do desempenho do edifício ao nível de cada categoria;
(ii) Quantificação do desempenho do edifício ao nível de cada dimensão;
(iii) Quantificação e avaliação do desempenho global (Nota sustentável).

Finda a avaliação, é construído o certificado, apresentando os resultados da avaliação global, juntamente com os resultados parcelares e com configuração idêntica à Ilustração 3.2.

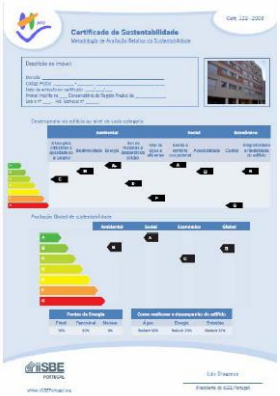


Ilustração 3.2. Aspecto do certificado de sustentabilidade, (Bragança 2008).

Quadro 3.10. Ponderações de parâmetros, categorias e dimensões, inicial.

DIMENSÃO	PESO DA DIMENSÃO	CATEGORIA	PESO DAS CATEGORIAS	PARÂMETRO	PESO DO PARÂMETRO
D1 - AMBIENTE	**0,4**	**C1** - Alterações climáticas e qualidade do ar exterior	0,12	P1	1
		C2 - Biodiversidade e uso do solo	0,19	P2	0,38
				P3	0,05
				P4	0,06
				P5	0,24
				P6	0,27
		C3 - Energia	0,39	P7	0,5
				P8	0,5
		C4 - Materiais e resíduos sólidos	0,22	P9	0,25
				P10	0,25
				P11	0,28
				P12	0,18
				P13	0,04
		C5 - Água	0,08	P14	0,64
				P15	0,
D2 - SOCIAL	**0,3**	**C6** - Conforto e saúde dos utilizadores	0,12	P16	0,1
				P17	0,14
				P18	0,32
				P19	0,25
				P20	0,19
		C7 - Acessibilidade	0,19	P21	0,55
				P22	0,45
		C8 - Sensibilização e edução para a sustentabilidade	0,39	P23	1
D3 - ECONÓMICA	**0,3**	**C9** -Custos de ciclo de vida	0,1	P24	0,5
				P25	0,5

Os pontos a bege não foram considerados no presente estudo, pelo que as ponderações finais usadas foram alteradas.

***CAPÍTULO 4** – CASO PRÁTICO: EDIFÍCIO SOLAR XXI*

CAPÍTULO 4

4. CASO PRÁTICO: EDIFÍCIO SOLAR XXI

4.1. INTRODUÇÃO

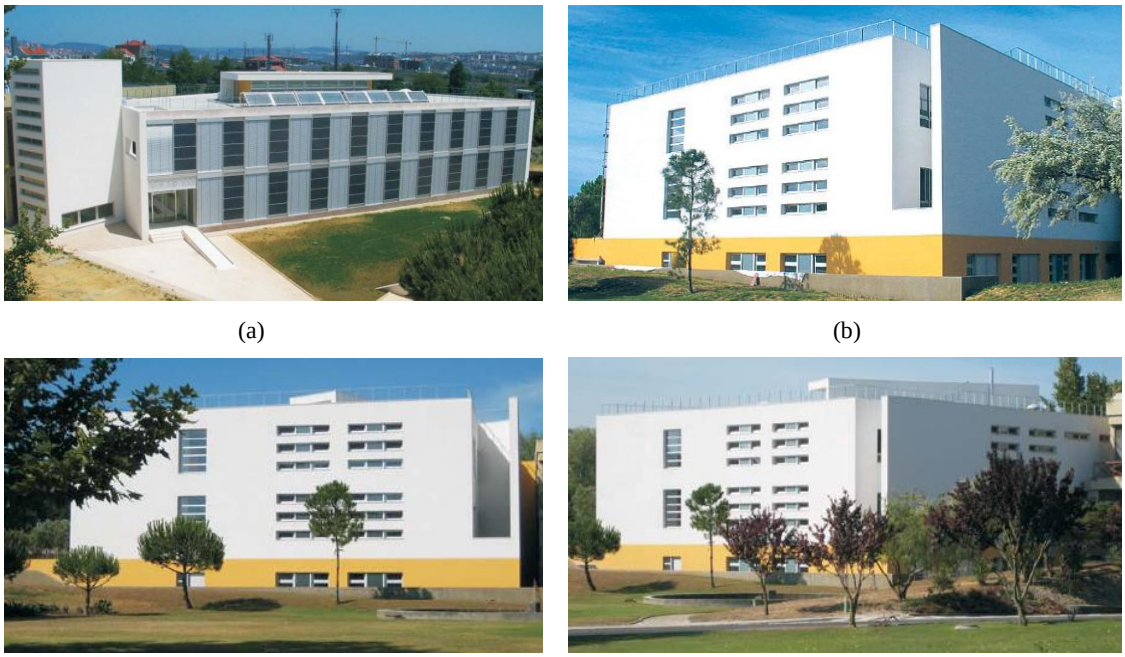
Construído nos anos 2004 e 2005 e inaugurado no campus do LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia), antigo INETI, no noroeste de Lisboa, em 2006, o Solar XXI constitui um exemplo da possível compatibilidade entre a aplicação de técnicas de aproveitamento energético eficientes, como os sistemas solares passivos, e o rigor formal de um edifício com arquitectura moderna, (Gonçalves and Cabrito 2006). Destinado ao sector dos serviços, possui uma área total de 1500 m^2, divididos em 3 pisos, sendo um deles, subterrâneo na parte Sul. A sua geometria de implementação é irregular, com comprimento e largura máximos de cerca de 37,5 m e 25,0 m, respectivamente. Graças à sua orientação a Sul, a fracção parar aí orientada é dominada por salas de carácter permanente, enquanto o lado Norte possui laboratórios e salas de reuniões de ocupação não contínua; a zona central consiste num corredor de separação com uma clarabóia que afecta os 3 pisos.

Seguidamente, expõem-se, de forma sucinta, as principais características técnicas e estruturais do edifício e dependendo a sustentabilidade do edifício também da sua envolvência, numa segunda secção apresenta-se a cidade de Lisboa como local de acolhimento do imóvel. O Anexo C apresenta as plantas de localização do Solar XXI e a classificação do espaço urbano, segundo o PDM local.

4.1.1. Edifício Solar XXI

4.1.1.1. Condições Técnicas

O Solar XXI construído com base na arquitectura bioclimática, incorpora um sistema solar passivo que lhe permite optimizar a qualidade térmica do interior, minimizando consumos energéticos. Os ganhos solares, a potenciar de Inverno e minimizar de Verão, ditaram que o edifício fosse orientado a Sul, possuindo uma fachada totalmente para aí orientada, com ampla área envidraçada protegida com estores metálicos exteriores reguláveis e orientáveis (Ilustração 4.1). Estas características garantem uma estratégia eficiente no controlo da incidência da radiação solar e consequente aquecimento interior. Esta fachada é ainda dotada por um sistema solar fotovoltaico com painéis modulares, aplicados numa área de 96 m^2, que para além do ganho energético que representam, a sua integração no edifício foi realizada de forma a permitir que estes contribuíssem também, com calor gerado, para o aquecimento das áreas contíguas interiores.



(a) (b)

(c) (d)

Ilustração 4.1 Edifício Solar XXI. **(a)** Fachada Sul - Poente; **(b)** Fachada Norte - Poente; **(c)** Fachada Nascente; **(d)** Fachadas Nascente – Norte, (Departamento de Energias Renováveis 2005) e (Gonçalves and Cabrito 2006).

O corredor central, aliado às bandeiras superiores das portas, com aberturas translúcidas e reguláveis, favorece a ventilação transversal entre os espaços Norte e Sul, e fluxos ascendentes de ar pela abertura dos vãos ao nível da cobertura. Além disso, é fonte de iluminação natural, reduzindo assim as necessidades de luz artificial, graças ao poço de luz zenital, que atravessa todos os pisos, como referido anteriormente, Ilustração 4.2 (a) e (b).

(a) (b)

(c) (d)

Ilustração 4.2 Edifício Solar XXI. **(a)** Iluminação do piso de cave através de luz zenital; **(b)** Iluminação natural no bloco de escadas principal; **(c)** Corredor de distribuição e vãos interiores translúcidos de lâminas reguláveis; **(d)** Vazio central para iluminação e ventilação; (Departamento de Energias Renováveis 2005).

A excelente captação solar aliada ao bom isolamento da envolvente promove boas condições de conforto térmico, no entanto, é necessário recorrer a outros sistemas de aquecimento em períodos de ausência prolongada de sol. A energia auxiliar necessária é garantida por um sistema de convectores a água quente fornecida por uma caldeira que, por sua vez, é assistida por colectores solares existentes na cobertura do edifício. Este sistema é constituído oito colectores planos do tipo CPC (Concentrador parabólico Composto) instalados com uma inclinação de 45° e orientados a Sul; possuem uma eficiência óptima de 70%, 3,4 $W/m^2 \cdot K$ de perdas térmicas e no total perfazem uma área de captação de 15,84 m^2. A água quente daqui proveniente é armazenada num depósito solar, localizado na central térmica (piso -1), que alimenta posteriormente o depósito de acumulação, onde é introduzida a energia fornecida pela caldeira. O sistema é utilizado quer no aquecimento do ar ambiente, por encaminhamento para o sistema de radiadores localizados nos compartimentos de presença permanente, quer na preparação de AQS. A caldeira, por sua vez é de pavimento em ferro fundido, de alto rendimento, a gás natural e de ignição electrónica, que é accionada sempre que for necessário repor a temperatura do depósito. No Anexo D pode ver-se o sistema do princípio de AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado).

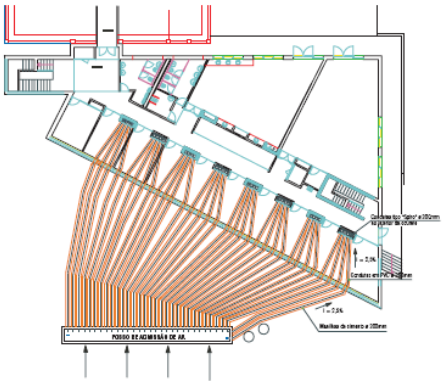
O arrefecimento do ar interior no Verão é conseguido naturalmente por obstrução aos ganhos solares, por ventilação natural e por um sistema de tubos enterrados. Os ganhos solares são minimizados pela presença de isolamento exterior na envolvente opaca, e pela presença dos estores exteriores nos vãos envidraçados.

A existência de bandeiras laminares reguláveis (Ilustração 4.2 (c) e (d)), na parte superior de todos os vãos interiores e do poço central de iluminação permitem uma ventilação transversal, norte-sul ou sul-norte, e ascensional, por efeito chaminé, já que no topo do poço existem aberturas motorizadas. Também as escadas possuem aberturas inferiores e superiores que auxiliam à ventilação do interior do edifício.

O sistema de tubos enterrados, uma das principais inovações deste projecto, permite a entrada de ar arrefecido no solo para o interior do edifício, já que no Verão enquanto a temperatura do ar ronda os 30°C a temperatura do solo permanece nos 16°C a 18°C, revelando-se assim uma fonte fria passível de ser aproveitada.

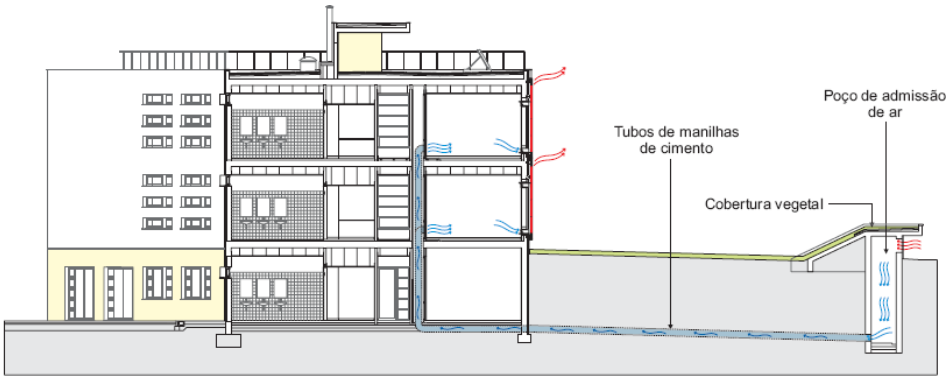
O sistema é constituído por 32 tubos de manilhas de cimento com 30 cm de diâmetro enterrados a 4,6m de profundidade, que funcionam como permutadores de calor entre o ar e o solo. A captação do ar ocorre através de um poço exterior, localizado a cerca de 15 m da fachada Sul do edifício, Ilustração 4.3 (a) e (b). Os tubos percorrem toda esta distância e entram no edifício pela cave (piso -1), sendo aqui já constituídos em PVC, tendo depois um percurso vertical através de coretes centrais, i.e., tubos metálicos tipo “spiro”. Estas distribuem-se em igual número pelas salas dos pisos, térreo e superiores, possuindo na extremidade, bocas de ventilação que promovem a distribuição do ar frio no interior dos compartimento, Ilustração 4.3 (c).

É possível melhorar a eficiência do sistema se a entrada de ar através dos tubos for accionada a partir do meio da tarde, altura em que se requer ar frio para compensar o aumento da temperatura interior. Este sistema permite ainda libertar, à noite, as cargas acumuladas durante o dia e arrefecer a massa térmica do edifício.



(a)

(b)



(c)

Ilustração 4.3. Sistema de Ventilação por tubos enterrados. **(a)** Traçado da tubagem entre o poço de admissão do ar e o interior do edifício **(b)** Poço de admissão de ar; **(c)** Esquema de distribuição de ar arrefecido e saída de ar quente; (Departamento de Energias Renováveis 2005).

O edifício goza, como já referido, de um sistema fotovoltaico para a produção de energia eléctrica para consumo próprio, sendo adicionalmente aproveitado o calor produzido por estes para aquecimento interior. Os painéis encontram-se distribuídos em duas zonas: fachada Sul e parque de estacionamento. Na fachada Sul, (Ilustração 4.4 (a)) apesar da sua posição vertical prejudicar a captação da radiação solar e a produção de energia eléctrica, permite recuperar mais facilmente o calor por eles produzido. Estão aqui instalados 96 m^2 de painéis multicristalinos (silício policristalino), que correspondem a 12kWp. A produção anual, cerca de 12 MWh, correspondendo a aproximadamente de 76% do consumo total do edifício, (Gonçalves 2009). Cada sala da fachada sul possui um conjunto de 4 painéis, de forma a permitir o aproveitamento térmico das células fotovoltaicas, na estação de aquecimento.

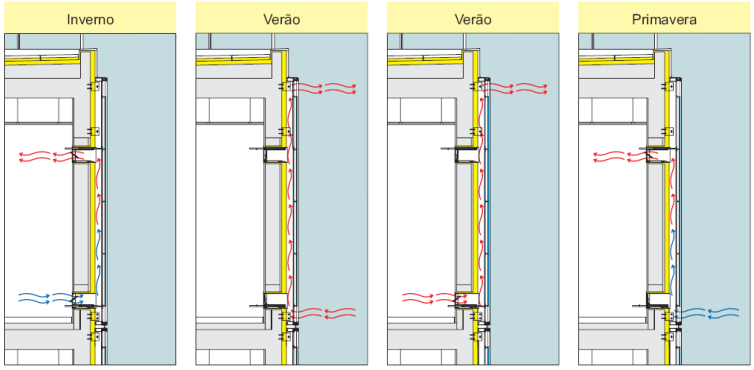
Durante o inverno, a recuperação do calor produzido nos painéis é realizada por dois orifícios, um inferior e outro superior, localizados nas paredes exteriores das salas e que permitem a circulação do ar, Ilustração 4.4 (b). Na estação quente podem ocorrer uma de duas situações; na primeira, o calor produzido nas células fotovoltaicas é evacuado para o exterior através de dois orifícios que comunicam directamente entre as células e o exterior; no segundo caso, o aproveitamento é executado pelo efeito chaminé, eliminando o calor interno para o exterior. Nos períodos de meia estação, Primavera e Outono, o sistema

funciona como pré-aquecedor do ar novo, ou seja, dá-se a admissão de ar do exterior, pelo orifício de comunicação entre as células e o exterior, este aquece, por convecção natural quando se encontra no espaço contíguo ao painel, ascende e é injectado no interior da sala. A Ilustração 4.4 (c) mostra esquematicamente o que acontece no sistema de aproveitamento apresentado, durante os três tipos de estação. Num dia de sol, a temperatura no espaço contíguo aos painéis pode rondar os 40 – 50°C, e a temperatura do ar injectado nas salas os 30 – 35 °C, (Gonçalves and Cabrito 2006). A diminuição da temperatura nos painéis, conseguida através deste sistema, permite aumentar a eficiência destes, já que, como é sabido a eficiência de funcionamento dos painéis é melhorada pela diminuição da sua temperatura.

No parque de estacionamento estão instalados painéis de silício amorfo, numa área de 95 m^2 com 15° de inclinação que correspondem a 6 kWp.

(a)

(b)



(c)

Ilustração 4.4. Sistema Fotovoltaico. **(a)** Painel Fotovoltaico da fachada Sul; **(b)** Orifícios de ventilação no interior dos gabinetes voltados a Sul; **(c)** Esquema de funcionamento do sistema Fotovoltaico com aproveitamento térmico; (Departamento de Energias Renováveis 2005).

4.1.1.2. Condições Estruturais

As características estruturais de seguida enumeradas constituem somente um resumo das Condições Técnicas Especiais do edifício, servindo unicamente como referência dos materiais e soluções utilizadas. O Anexo E apresenta todas as soluções construtivas utilizadas de forma pormenorizada e com a respectiva área.

A estrutura resistente do edifício é de betão C25/30 armado com armadura de aço A400NR. As lajes são fungiformes nervuradas nos pisos 0 (zero), 1 e cobertura, com uma espessura total de 0,30 m e lâmina de compressão de 0,10 m; as lajes de cobertura das escadas e abertura central são do tipo fungiforme maciça com 0,20m de espessura. O piso térreo assenta sobre o solo compactado e é constituído por uma camada de enrocamento de 0,15m de espessura e betão armado.

As paredes exteriores são constituídas por alvenaria simples de tijolo de 0,22 m e isoladas pelo exterior com placas de esferovite M1 (EPS) de 0,06m e 0,02m, correspondendo um coeficiente de transmissão térmica (U) de 0,5 $W/m^2 \cdot K$. As paredes interiores, de alvenaria simples de tijolo furado de 0,09m, 0,11m e 0,15m, são essencialmente acabadas a reboco afagado ou estuque liso. O revestimento é composto por pintura ou mosaico cerâmico.

O que respeita às coberturas, estas podem ser divididas em vários tipos, dependendo da sua finalidade. Assim o edifício possui coberturas de acesso fácil e limitado, e uma cobertura ajardinada.

- ***Cobertura de fácil acesso***: cobertura maciça de betão armado, impermeabilizada com membranas betuminosas armadas com armadura de fibra de vidro e poliéster protegidas a polietileno. O Isolamento térmico é constituído por placas de poliestireno expandido (EPS), com 0,02 m de espessura, aplicado sobre o sistema de impermeabilização. É ainda revestida por pavimento em pedra de 0,02m de espessura que assenta sobre um separador de cartão betuminoso.
- ***Coberturas de acesso condicionado:*** cobertura em betão celular leve, impermeabilizada pelo sistema utilizado nas coberturas de acesso livre. O isolamento térmico é composto por placas de EPS com 0,1 ou 0,06m de espessura, aplicados sobre a camada impermeabilizante. Entre o isolamento térmico e o revestimento final este tipo de cobertura, tal como o anterior, possui um separador de cartão betuminoso. O revestimento varia consoante o local da cobertura, podendo ser gravilha calcária com granulometria entre 16 e 32mm, numa espessura maior ou igual a 0,05m ou lajetas de betão de 0,05m de espessura com 0,05m de poliestireno expandido extrudido (XPS).
- ***Cobertura ajardinada:*** cobertura maciça com sistema de impermeabilização constituído idêntico aos anteriores mas com a adição de aditivo anti-raízes na massa betuminosa.

Na laje de pavimento em contacto com o solo, laje do piso -1, o sistema de impermeabilização é idêntico aos demais e sobre este encontram-se placas EPS com 0,10m de espessura, que servem de isolamento térmico à laje. Antes da protecção pesada, constituída por betonilha de nivelamento e pavimento, a laje possui um separador em cartão betuminoso com gramagem mínima de $400g/m^2$.

A serralharia exterior é constituída essencialmente pela estrutura metálica em ferro de suporte aos painéis fotovoltaicos e estores; pelas guardas das coberturas, também em ferro; pela grelha de ventilação dos vãos e poço de ventilação, em alumínio, e pela caixilharia dos vãos envidraçados em perfis de alumínio anodizado, sendo que todas as estruturas possuem tratamento anticorrosivo. A serralharia interior é constituída pela caixilharia dos vãos interiores em alumínio e pelas guardas de escadas e corrimão em ferro. Por fim, os vãos são constituídos por vidros duplos de 6cm + 6cm com 10 mm de caixa-de-ar, protegidos com estores de lâminas reguláveis, permitindo factores solares baixos no Verão, Fs=0,04 ou Fs=0,09, U=2,6 $W/m^2 \cdot K$.

4.1.2. Cidade de Lisboa, na envolvência do Solar XXI

Lisboa localiza-se perto da costa ocidental de Portugal a 38º 43' de latitude N e 9º 9' de longitude W. Encontra-se a cerca de 30 km a este do oceano Atlântico e a 15 km a oeste do Estuário do Tejo, cobrindo uma área de 84 km^2 e possuindo cera de 600 000 habitantes, (Alcoforado et al. 2009). A parte urbana da cidade localiza-se a uma cota inferior aos 160m, no entanto a sua topografia é bastante diferente: da zona norte estendendo-se até à zona central existe um planalto e da zona central da cidade para sul verificam-se quatro vales principais. Na zona Oeste, encontra-se uma área verde com 900 hectares - Parque Florestal de Monsanto, que atinge os 200m de cota máxima.

Tal como todo o país, Lisboa possui um clima mediterrâneo, tendo uma temperatura média anual de 17ºC,(Câmara Municipal de Lisboa) , e onde prevalecem ventos vindos de Norte e Noroeste que devem ser tidos em conta no planeamento e projecção de edifícios segundo (Alcoforado et al. 2009). Segundo a legislação portuguesa, RCCTE (Anexo III) (Portugal 2006a), Lisboa encontra-se na zona de Inverno I_1 e na zona de Verão V_2 impondo as características climáticas apresentadas no Quadro 4.1.

Quadro 4.1. Características climáticas da cidade de Lisboa segundo RCCTE.

ZONA DE INVERNO (I_1)	
NÚMERO DE GRAUS - DIAS (GD) (°C·dia)	1 190
DURAÇÃO DA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (meses)	5,3
ENERGIA SOLAR MÉDIA INCIDENTE NUMA SUPERFÍCIE VERTICAL ORIENTADA A SUL ($kWh/m^2 \cdot ano$)	108
ZONA DE VERÃO (V_2 – S)	
TEMPERATURA EXTERNA DO PROJECTO (°C)	32
AMPLITUDE TÉRMICA (°C)	11
TEMPERATURA EXTERIOR MÉDIA (°C)	23

4.2. APLICAÇÃO PRÁTICA

Esta secção de capítulo encontra-se direccionada para exposição do estudo de sustentabilidade realizado ao Solar XXI, estando subdividida em quatro pontos principais, de acordo com a estrutura da metodologia seguida.

4.2.1.Definição das fronteiras do sistema

Do sistema, que todo o ciclo de vida do edifico representa, foram tidas em conta as fases de construção e utilização, sendo que possíveis obras de construção de redes de comunicação, energia e transporte, não foram contabilizadas.

Como o edifico em estudo está destinado ao sector dos serviços, assumiu-se, segundo o RSECE, a equiparação a edifícios de escritórios com 14 horas diárias de funcionamento e encerrado aos fins-de-semana. O número de ocupantes, caso fosse contabilizado segundo a mesma tipologia seria bastante acima da realidade pelo que se estimou 50 ocupantes, o que equivale a 30 m^2/ocupante.

4.2.2.Avaliação de desempenho

De forma a facilitar a leitura e análise de resultados, este ponto da presente secção de capítulo, foi dividido nas três dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental, social e económica, sendo a agregação dos parâmetros apresentada no fim da categoria correspondente. A agregação das categorias e determinação da nota sustentável encontram-se nos pontos ulteriores.

4.2.2.1. Desempenho Ambiental

Tal como enunciado no capítulo anterior esta dimensão encontra-se dividida em 5 categorias, cujos resultados obtidos e considerações tidas em conta são expostas seguidamente.

C. 1. *Alterações Climáticas e Qualidade do Ar Exterior*

Esta categoria contabilizou apenas a fases de construção e demolição pelas razões já explicitadas. Para tal, contabilizaram-se todas as soluções construtivas e respectivas áreas de aplicação no Solar XXI, para todos os elementos; estrutura, paredes exteriores e interiores, pisos elevados e térreo, vãos envidraçados e coberturas, como apresentado no Anexo E.

O facto de a metodologia avaliar elemento a elemento, dificultou a identificação e determinação das quantidades dos materiais utilizados, já que, quer os mapas de quantidades, memória descritiva e plantas disponíveis não contêm o grau de discriminação necessário a esta quantificação. Além disto, alguns

valores eram incoerentes, pelo que se optou, em alguns casos, pela utilização de um valor aproximado tendo em conta medições em papel e analogias entre pisos.

A quantificação da estrutura compreendeu, toda a estrutura betão armado, com a excepção das lajes dos pisos, coberturas e a parede de suporte de um dos vãos de escadas. A quantificação do piso térreo teve em conta a solução de suporte, impermeabilização, isolamento e revestimento. A dos pisos elevados, contou na solução de suporte com duas lajes (piso 0 e piso 1) mesmo que parte destas representassem um terraço exterior; as soluções de revestimento foram divididas em secções tendo em conta o revestimento de tecto e de piso correspondente, como exemplificado na Ilustração 4.5. A solução de revestimento do tecto do último piso foi contabilizada da mesma forma, nas soluções de cobertura.

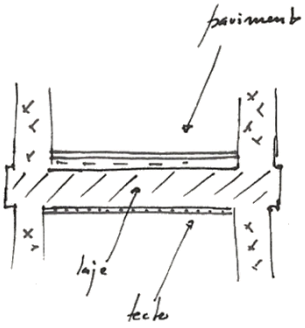


Ilustração 4.5. Esquematização da quantificação dos pisos elevados e das paredes exteriores.

A quantificação e determinação dos materiais utilizados nas paredes exteriores seguiu o mesmo princípio empregue na quantificação anterior. Nas paredes interiores, tendo em conta que a maioria é revestida em ambas as faces, a área de revestimento é sensivelmente o dobro da área de suporte. Visto a solução de suporte ser em todas a mesma – tijolo cerâmico – variando apenas a sua massa específica, fez-se a quantificação não em "bloco" como nos casos anteriores, mas sim por tipologia, suporte e revestimento. As soluções de cobertura seguiram também o princípio utilizado na quantificação dos pisos elevados, tento apenas em atenção para não voltar a quantificar áreas de suporte já quantificadas, embora considerando o revestimento exterior destas.

Resultaram assim, 5 soluções para o piso térreo, 9 para os pisos elevados, 7 para as paredes exteriores, 4 para paredes interiores, e 3 para coberturas. Os impactes de cada solução incluindo para as soluções de prática corrente e melhor prática podem ser consultados, no Quadro F.1 a Quadro F.4, secção F.1 do Anexo F.

O resultado desta quantificação, mostra que o Solar XXI, na presente categoria obteve um valor de P_{LCA} normalizado, por área útil de pavimento e por ano de **1,33** correspondendo a um desempenho na classe **A**$^{+}$, Quadro 4.2. O desempenho final das ***Alterações Climáticas e Qualidade do Ar Exterior*** coincide com o valor do P_{LCA}, como refere o mesmo quadro.

Quadro 4.2. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria ***C1***. Impactes de ciclo de vida (por m^2 de área útil de pavimento e ano).

CATEGORIA DE IMPACTE	UNIDADE	MELHOR PRÁTICA	PRÁTICA CORRENTE	SOLUÇÃO	VALOR NORMALIZADO	FACTOR DE PONDERAÇÃO (%)
GWP	kg CO_2	$1{,}28x10^3$	$5{,}14x10^3$	8,84	1,331	40,7
ODP	kg CFC-11	$3{,}18x10^{-5}$	$1{,}27x10^{-4}$	$2{,}53x10^{-6}$	1,307	8,4
AP	kg SO_2	4,82	$1{,}93x10^1$	$3{,}77x10^{-2}$	1,331	13,6
POCP	kg C_2H_4	$4{,}58x10^{-1}$	1,83	$3{,}10x10^{-3}$	1,331	10,1
EP	Kg PO_4	$5{,}00x10^{-1}$	2,00	$3{,}73x10^{-3}$	1,331	13,6
FFDP	MJ, eq	$1{,}08x10^4$	$4{,}31x10^4$	$9{,}77x10^1$	1,330	13,6
				P_{LCA}	1,33	A^+
				DESEMPENHO DA CATEGORIA		**1,32**

C. 2. Biodiversidade e uso do solo

Na avaliação de desempenho desta categoria constam os parâmetros ***P2*** a ***P6***, tendo todos em comum a apreciação da interacção do edifício com a sua envolvente, recorrendo a valores comuns, como os apresentados no Quadro 4.3.

A avaliação do parâmetro ***P2 – Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível*** embora tenha sido iniciada não foi finalizada dado ser possível averiguar o IUL_{max} específico do Solar XXI nem da sua zona de enquadramento no PDM local. Assim os factores de ponderação de cada um dos parâmetros da presente categoria foram alterados para perfazerem a unidade, como apresentado no Quadro 4.4.

Quadro 4.3. Valores considerados na avaliação do desempenho da categoria ***C2.***

DESCRIÇÃO	VALOR
ÁREA BRUTA TOTAL (m^2)	1500
ÁREA ÚTIL DE PAVIMENTO (m^2)	1434,1
ÁREA DA PARCELA (m^2)	1682
ÁREA DE IMPLEMENTAÇÃO (m^2)	570
ÁREA DE SUPERFÍCIE IMPERMEABILIZADA (m^2)	833,04
ÁREA AJARDINADA (m^2)	372,18
ÁREA TOTAL DA INTERVENÇÃO (m^2)	991,12
ÁREA DESTINADA A PLANTAS AUTÓCTONES (m^2)	300
ÁREA COM REFLECTÂNCIA SUPERIOR A 60% (m^2)	437,95
ÁREA DE ARRUAMENTOS (m^2)	249
ÁREA DE ARRANJOS EXTERIORES (m^2)	74,04

O parâmetro ***P3*** que permitiu avaliar o ***índice de impermeabilização*** considerou para o cálculo da área impermeabilizada o somatório da área de implementação do Solar XXI, dos arruamentos, da áreas da escada e rampa de entrada e de metade da área de cobertura do poço de ar, já que segundo os pressupostos da SBTool^{PT} se consideram como 100% impermeáveis, áreas revestidas a cubos de pedra e 50% permeáveis as coberturas ajardinadas, resultando em 833 m^2; as áreas revestidas apenas por solo compactado e gravilha e áreas ajardinadas foram consideradas 100% permeáveis. A área total do terreno considerada consta no Quadro 4.3 – 1.682 m^2. Obteve-se assim um valor de P_{IMP} de 49,03% que normalizado resultou em **0,35**; ficando abaixo da melhor prática considerada conquistou a terminologia **D** após avaliação, Quadro 4.4. De forma a avaliar as possíveis melhorias realizou-se o mesmo estudo, mas considerando a cobertura do edifício como ajardinada; estes resultados encontram-se expostos no Capítulo 5.

No parâmetro ***P4*** – ***Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada*** o cálculo da área total de intervenção resultou do somatório das áreas de implementação, de arranjos exteriores (escadas e rampa de entrada e poço de ar), de arruamentos (segundo mapa de medições) e da área não considerada nos pontos anteriores mas que tenham sofrido alteração relativamente à modelação natural (área revestida a gravilha não considerada nos arruamentos resultante da análise do mapa de medições do edifício), totalizando assim 991,12 m^2 de área modificada. Como já mencionado o Solar XXI localiza-se no campus do LNEG, pelo que toda a área de intervenção se encontra dentro de um lote maior já anteriormente modificado. Assim, como o edifício não foi construído num novo local de "terreno virgem" mas sim aproveitando terreno disponível dentro do campus, considerou-se como área previamente contaminada ou edificada toda a área de intervenção Desta forma, o valor do P_{ACE} obtido é 100% que normalizado resultou em **1,11** correspondendo a uma classe de desempenho **A**$^+$, Quadro 4.4.

Relativamente ao parâmetro ***P5*** que quantifica a ***percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones*** teve-se em conta a medição presente no mapa de medições do edifício, que considera a plantação de relva e arbustos numa área de 372,18 m^2. Em complemento, a análise ao local permitiu verificar a existência de árvores que pela dimensão mostram já uma idade elevada pelo que, foram consideradas como nativas. Assim a área destinada a plantas autóctones foi estimada em 300 m^2, resultando num valor de P_{AUT} de aproximadamente 80%, que normalizado corresponde a **0,84** e a um desempenho com classe **B**, Quadro 4.4. Embora represente um resultado bastante positivo, já que apresenta uma maior área destinada a vegetação nativa relativamente à prática corrente, fica ainda aquém da melhor prática considerada, 90%.

O último parâmetro desta categoria, ***P6 – Percentagem da área em planta com reflectância igual ou superior a 60%***, obrigou a uma análise visual das superfícies. Esta análise revelou que a cobertura do edifício, exceptuando a cobertura do poço de luz de das escadas, goza de uma cor bastante clara que, em comparação com materiais cujas reflectâncias estão tabeladas, possui potencialemente uma reflectância no mínimo igual a 60%. Já a área revestida a gravilha calcária e calçada miúda de vidraço, mostrou-se mais escura, pelo que se considerou não ter a reflectância pretendida. Desta forma a totalidade das áreas com reflectância igual ou superior a 60% é 437,95 m^2. Considerando também a área ajardinada, o valor do P_{RFL} é 51,73% que normalizado representa **0,23** correspondendo a uma avaliação de classe **E**, Quadro

4.4. Procurando uma possibilidade de melhoria, fizeram-se algumas simulações que se encontram apresentadas no capítulo seguinte.

Quadro 4.4. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria ***C2***.

PARÂMETRO	VALOR (%)	VALOR NORMALIZADO	AVALIAÇÃO	FACTOR DE PONDERAÇÃO (%)	VALOR PONDERADO
P3- P_{IMP}	49,03	0,35	D	8,06	0,03
P4 - P_{ACE}	100	1,11	A^+	9,68	0,11
P5 - P_{AUT}	51,73	0,84	B	38,71	0,33
P6 - P_{RFL}	80,27	0,23	E	43,55	0,10
				DESEMPENHO DA CATEGORIA	**0,56**

Considerando os factores de ponderação apresentados no Quadro 4.4, o desempenho da categoria ***Biodiversidade e uso do solo*** toma o valor **0,56**, cuja agregação com as categorias congéneres é apresentada na secção 4.2.3.

C. 3. Energia

O desempenho da categoria ***C3- Energia*** foi obtido pela análise dos dois parâmetros, ***P7*** e ***P8***. Os valores obtidos para a avaliação do primeiro parâmetro encontram-se no Quadro 4.5. Importa referir que o valor de IEE_{nom} utilizado pode não corresponder ao valor real, isto porque não foi possível obter o valor certo; soubesse apenas, através de investigadores do próprio edifício, que permitia obter uma classificação A^+ no Certificado de Eficiência Energética e Qualidade do Ar Interior, pelo que se adoptou por defeito o valor mínimo possível para essa categoria. Obteve-se assim um valor de P_{ENR} igual ao IEE_{nom}, resultando num valor normalizado de **1,0** que correspondeu à categoria de desempenho **A**.

Quadro 4.5. Valores dos Indicadores de Eficiência Energética considerados no cálculo de ***P7 - consumo de energia primária não renovável na fase de utilização*** e ***P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis.***

DESCRIÇÃO	VALOR	
IEE_{nom}	31	kgep/m^2.ano
IEE_{ref}	40	kgep/m^2.ano
$IEE_{ref\ A+}$	31	kgep/m^2.ano
E_{solar}	606,04	kgep/ano
E_{ren}	5.800	kgep/ano
C_{AQS}	738,18	kgep/ano
C_{TOT}	50.862,7	kgep/ano

No segundo parâmetro, ***P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis*** para estimar a contribuição anual dos colectores solares para a preparação de AQS instalados recorreu-se ao software *Solterm*, considerando as características reais dos painéis instalados (Anexo F, secção F.1, Ilustração F.1) e o consumo de água estimado no parâmetro ***P14***, mais à frente apresentado; a contribuição de outras formas de energia renovável, neste caso a fotovoltaica, foi obtida no documento (Gonçalves et al. 2008). Da soma destes dois valores resultou a quantidade total de energia renovável produzida do Solar XXI (P_{ENR}) - 6406,04 kgep/ano, Quadro 4.6. Para efeitos de *benchmarking* o valor do consumo nominal de energia para preparação de AQS, baseou-se nos resultados da simulação no Solterm, já que através da percentagem da contribuição solar é possível chegar a um valor de necessidade total, e o consumo total de energia primária resultou da soma entre o IEE_{nom} em kgep/ano e do P_{ENR}. Fruto da normalização obteve-se um valor de P_{ENR} de **0,26** kegp/ano, que correspondeu a um desempenho na classe **E**. Este valor fica abaixo do que seria esperado para o edifício em causa, no entanto, por detrás deste resultado indesejado pode estar o facto de nesta tipologia de edifícios a maior percentagem do consumo de energia ir para soluções como a iluminação e aparelhos eléctricos como computadores do que para a preparação de AQS. No entanto, o período de tempo para a execução deste trabalho impediu que fosse estudada outra solução de avaliação deste parâmetro.

Quadro 4.6. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria ***C3***.

PARÂMETRO	VALOR		VALOR NORMALIZADO	AVALIAÇÃO	FACTOR DE PONDERAÇÃO (%)	VALOR PONDERADO
P7 - P_{ENR}	31	kgep/m^2.ano	1,0	A	50	0,5
P8- P_{ER}	6406,04	kgep/ano	0,26	E	50	0,13
					DESEMPENHO DA CATEGORIA	**0,6**

Da ponderação dos valores normalizados de ***P7*** e ***P8*** resultou o desempenho final da categoria ***Energia*** - **0,6**.

C. 4. Materiais e resíduos sólidos

A presente categoria contou com a avaliação de 5 parâmetros, ***P9*** a ***P13***; enquanto os 4 primeiros focaram a fase de construção do edifício o 5º abrangeu a fase de utilização, considerando a predisposição que o edifício tem para a promoção da separação dos RSU. O Quadro 4.7 apresenta o resumo dos resultados e desempenhos dos parâmetros analisados e o desempenho final desta categoria.

O primeiro parâmetro ***P9 – Percentagem em custo de materiais reutilizados*** contabilizou o custo total dos artigos de construção utilizados durante a concepção do Solar XXI, 581.377,7 €, e o custo dos materiais reutilizados. Verificou-se, dentro da informação disponível, que apenas as operações de aterro e reposição de solo sobre as sapatas, recorreram à reutilização de materiais – solo. Não possuindo o custo destas movimentações, recorreu-se a um gerador de preços disponível online(CYPE Ingenieros S.A.), e considerou-se que a reposição de solo para os fins acima referidos corresponde a um custo de 23 €/m^2, resultando num custo total de 11 799,0 €. Por conseguinte, obteve-se um valor de P_{REU} de 2,03%, que normalizado representa **0,14** caindo sobre a classe **E**, como exposto no Quadro 4.7. Verifica-se que este resultado fica aquém das expectativas, no entanto, melhor que a prática corrente. Neste caso, visto o edifício já se encontrar construído e em fase de utilização, não é possível adoptar medidas de convertam este resultado, no entanto isto é possível em novas construções.

A obtenção do parâmetro ***P10 – Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifíci***o mostrou-se morosa e relativamente complicada face à inexistência de informação, pelo que foi necessário um longo processo de contacto com empresas e fornecedores dos materiais visando obter de forma mais fiável os valores pretendidos. No entanto, pode apresentar uma margem de erro significativa. Devido à extensa lista de materiais, os cálculos e quantificações intermédias foram remetidas para o Anexo F, secção F.1, Quadro F.5. Desta análise resultou um valor de PC_{RE} normalizado de **0,25**, que representa uma avaliação na classe **E**, Quadro 4.7. Este resultado revela-se inferior ao esperado já que, em alguns casos as soluções utilizadas mostram uma percentagem em peso de conteúdo reciclado inferior à prática comum podendo esta discrepância dever-se à forma como o parâmetro foi avaliado. A título de curiosidade determinou-se o valor real do conteúdo reciclado do Solar XXI e verificou-se que, no universo dos materiais considerados, que totalizam aproximadamente 1.651 t, o teor reciclado é 3562 t. Este valor, embora acima das 309 t de prática corrente (tendo em conta a quantidade de materiais usada neste edifício), fica muito aquém das 729 t da melhor prática. Contudo, importa salientar que se este parâmetro avaliasse não o conteúdo reciclado mas sim o conteúdo reciclável, o resultado seria bastante diferente, seria muito superior, uma vez que, durante todo processo de análise se verificou, junto dos produtores e fornecedores, que os materiais embora produzidos com matéria-prima *virgem*, era quase sempre recicláveis, o que a longo prazo também se revela uma mais-valia quer ambiental quer económica.

O parâmetro ***P11 – Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados*** considerou no seu processo de cálculo, todos os produtos de madeira ou de base orgânica utilizados em quantidades expressivas. A análise do mapa de quantidades revelou dois grupos de produtos, os resultantes do serviço de carpintaria e a solução de pavimento sobrelevado que na sua constituição possui enchimento em aglomerado de madeira. Resultou assim um custo total de 94.497,5 €. Não foi possível averiguar se a madeira utilizada na carpintaria possui ou não certificação, e no caso de dúvida optou-se por considerar a inexistência desta. Apesar disto a solução de aglomerados de madeira utilizada no pavimento sobrelevado (≈500 m^2) possui o certificado pretendido bem como a solução de portas contra-fogo utilizadas, obtendo-se assim 21.886,93 € gastos em produtos certificados. Resultou assim um valor de P_{CER} de 23,16 % que normalizado representa **4,63** aferindo ao parâmetro um desempenho $\mathbf{A^+}$, Quadro 4.7. Apesar de não ter sido contabilizada como certificada a madeira utilizada na carpintaria, o resultado mostrou-se excelente, declarando que caso a madeira seja certificada o resultado seria bastante positivo e bastante acima da melhor prática considerada.

O parâmetro ***P12*** contabilizou a ***percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão*** utilizado na fase de construção do Solar XXI sendo que, para tal, foram contactadas as empresas que potencialmente forneceram quer o betão pronto, quer o cimento. Deste contacto resultou a informação que em nenhum dos materiais referidos existe a incorporação de materiais que possam substituir o cimento. Portanto, o valor de P_{SUB} obtido foi **0** (zero), que normalizado tomou igualmente o valor zero, auferindo assim um desempenho na classe **G**, Quadro 4.7. Apesar de coincidente com a prática corrente, era espectável que houvesse uma maior preocupação, por parte das empresas produtoras de betões e cimento, relativamente à utilização de materiais substitutos do cimento.

A avaliação do ***P13 – Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos*** deve ter em consideração as condições existentes, no interior e no exterior do edifício, para a potencialização da separação; visto a análise ter sido feita com base numa *checklist*, atribuíram-se os créditos correspondentes à verificação da existência de pelo menos um local para a colocação de contentores de resíduos recicláveis e ao ponto que assegura que a existência de um sistema de recolha de resíduos por ecopontos localizados no máximo a 50m da porta do edifício, visto existirem dentro do campus do LNEG ecopontos cuja recolha é realizada pelos sistemas municipalizados. Esta verificação totalizou 40 créditos que normalizados corresponderam a **0,75** e consequente recaíram sobre a classe **B**, como referido no Quadro 4.7. Embora positivo, pode este resultado ser alvo de melhoria como mencionado no Capítulo 5 da presente dissertação.

Quadro 4.7. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria ***C4***.

PARÂMETRO	VALOR		VALOR NORMALIZADO	AVALIAÇÃO	FACTOR DE PONDERAÇÃO (%)	VALOR PONDERADO
P9 – P_{REU}	2,03	%	0,14	E	25	0,03
P10- P_{CRE}	262	t	0,6	E	25	0,2 5
P11 – P_{CER}	23,16	%	4,63	A^+	28	1,30
P12 – P_{SUB}	0	%	0	G	18	0,00
P13 – P_{RSU}	40	%	0,75	B	40	0,30
					DESEMPENHO DA CATEGORIA	**1,69**

Da ponderação, segundo os factores expostos no Quadro 4.7 surgiu o desempenho final da categoria ***Materiais e Resíduos Sólidos***, cujo valor é **1,69**.

C. 5. Água

O desempenho da presente categoria foi avaliado pela contabilização dos consumos de água *per capita* e da redução do consumo de água potável por recurso a sistemas de aproveitamento de águas cinzentas e pluviais, através dos parâmetros ***P14*** e ***P15***, respectivamente.

Para o primeiro parâmetro ***P14 – Volume anual de água consumido <u>per capita</u> no interior do edifício*** analisou-se cuidadosamente todos os dispositivos instalados no Solar XXI passíveis de consumirem água e fez-se uma previsão do volume anual consumido por cada um; verificou-se a existência de 18 bacias de retrete com descarga de 3 e 6 litros, 8 torneiras de urinol com consumo de 4 litros por utilização, 18 torneiras com emulsores (0,5 l/utilização) e 6 torneiras de lava-louça também elas com emulsores (6 l/utilização). Os cálculos intermédios deste parâmetro podem ser consultados no Quadro F.6, secção F.1 do anexo F. Desta quantificação resultou um P_{CA} de 9,14 m^3/ocupante.ano, que normalizado equivale a **0,99** com um desempenho no limite superior da classe **A**, Quadro 4.8.

O parâmetro ***P15*** pretendia verificar a ***redução do consumo de água potável*** através da utilização de sistemas de reutilização de águas cinzentas e/ou pluviais. Porém, o Solar XXI não possui nenhum destes sistemas daí não existir qualquer redução no consumo de água potável – P_{RCA} = 0%, Quadro 4.8. Não obstante e procurando verificar qual seria o desempenho deste parâmetro, no caso da existência de um destes sistemas (ou dos dois) no Solar XXI, executou-se um pequeno ensaio baseado em três hipóteses, que se encontra apresentado como solução de melhoria no Capítulo 5.

O desempenho da categoria referente à ***Água*** obteve assim um valor de **0,637**, como exposto no Quadro 4.8.

Quadro 4.8. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria ***C5***.

PARÂMETRO	VALOR		VALOR NORMALIZADO	AVALIAÇÃO	FACTOR DE PONDERAÇÃO (%)	VALOR PONDERADO
P14 – P_{CA}	9,14	m^3/ocupante·ano	0,99	A	64	0,637
P15 – P_{RCA}	0	%	0	G	36	0
					DESEMPENHO DA CATEGORIA	0,637

4.2.2.2. Desempenho Social

C. 6. *Conforto e saúde dos utilizadores*

No que respeita à categoria ***C6***, avaliaram-se quatro parâmetros, apesar de esta ser inicialmente composta por cinco; o parâmetro ***P20 – conforto acústico*** não foi alvo de avaliação, uma vez que o Solar XXI não possui projecto de acústica, como já mencionado. Desta forma, foi necessário ajustar os factores de ponderação de cada parâmetro, como consta no Quadro 4.9.

A determinação do parâmetro ***P16 – Potencial de Ventilação*** consistiu na verificação de uma *checklist*, sendo para isso necessário o cálculo prévio da percentagem de área habitável onde é possível ventilação cruzada - 83,45 % - e a percentagem da área de aberturas para o exterior relativamente à área útil do pavimento - 18,46%; os cálculos auxiliares executados encontram-se no Quadro F.7, secção F.2, do Anexo F. Devido à falta de informação específica sobre as soluções de caixilharia utilizadas, considerou-se que todos os espaços habitáveis cumprem a taxa de renovação nominal mínima prevista no RCCTE e RSECE, 0,6 h^{-1}, representando este valor um pré-requisito para a elegibilidade deste parâmetro. Relativamente ao tipo de ventilação, o Solar XXI para além de recorrer à ventilação natural recorre também à extracção forçada do ar nos compartimentos voltados a Norte, nas instalações sanitárias e nos laboratórios, pelo que não foi verificado o ponto 2.2 da lista "*O edifício ou fracção recorre apenas a ventilação natural*". De acordo com os valores calculados pôde verificar-se os pontos 3.2.4 "*(...) a ventilação cruzada é eficaz em área superior ou igual a 75% da área habitável*" e 4.1.3 "*O edifício apresenta uma área de aberturas para o exterior que é igual ou superior a 10% da área útil do pavimento*", totalizando 60 créditos. Verificou-se ainda o ponto 5.1 "*todos os espaços habitáveis apresentam pelo menos um vão com grelha de ventilação incorporada na caixilharia ou uma janela ou porta oscilo-batente*", somando 20 créditos aos anteriores, o que perfez um valor de P_{VN} igual a 80. Normalizando obteve-se o valor **1,67**, que representou um desempenho na classe **A**$^+$, Quadro 4.9. O resultado deste parâmetro é excelente, mostrando-se superior à melhor prática considerada, como esperado.

O parâmetro ***P17 – Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo em COV*** contabilizou todos os materiais susceptíveis de libertar COV e formaldeído, fazendo para isso o somatório mássico das tintas, vernizes e derivados de madeira utilizados. Para verificar os níveis de COV e a

existência ou não da classificação E1, segundo a norma EN 13986, para o caso dos aglomerados de madeira, consultaram-se directamente os fabricantes dos produtos em causa. Desta consulta resultou que quase todos os materiais utilizados cumpriam os aspectos requeridos, sendo que, da massa total destes produtos – 98,89 t, 98,52 t possuem baixo teor de COV. Desta forma obteve-se uma P_{COV} de 99,63%, que normalizado representa **1,11** com desempenho a recair sobre a classe $\mathbf{A}^{+}$, Quadro 4.9. Mais uma vez, o Solar XXI mostra-se acima, quer da prática convencional quer da melhor prática considerada, revelando um excelente resultado quanto à escolha dos materiais emissores de COV.

Para a quantificação do parâmetro ***P18 – Nível de conforto térmico médio anual*** seria necessário possuir os resultados da simulação dinâmica realizada para obtenção do certificado energético. Contudo, estes resultados não se encontravam disponíveis, pelo que a quantificação foi realizada de uma outra forma. Para obtenção de dados reais, seguiu-se a comunicação (Gonçalves et al. 2008), referência sugerida por investigadores do próprio edifício. Como se trata de um edifício de serviços apenas importou considerar o período do dia em que existe ocupação significativa - das 9 às 18 horas, em dias úteis. Para determinar o nível de conforto térmico durante a estação de aquecimento (5,3 meses segundo o RSECE para a zona climática de inverno I_1) tiveram-se em conta as temperaturas diurnas nos pisos de maior permanência (piso 0 e 1) do mês mais frio apresentado em (Gonçalves et al. 2008). Da análise da representação gráfica destes valores considerou-se como temperatura mínima operativa - Θ_{omin95} = 19 °C, resultando assim um P_{CTI} normalizado com o valor de **0,33**. No que respeita à estação de arrefecimento, utilizou-se o software *SolTerm* para obter as temperaturas exteriores médias, máximas e mínimas na região de Lisboa e o próprio documento de referência, já mencionado. Como também nesta determinação seria necessário recorrer-se aos resultados da simulação dinâmica, que não se encontravam disponível, também não se consideraram os valores diários das temperaturas, constantes no ficheiro climático local. Desta forma, para se garantir a fiabilidade do estudo, testou-se a capacidade de resposta do edifício em função da temperatura máxima sentida durante toda a estação, já que, se se garantir um bom nível de conforto térmico na pior situação, à partida este será garantido para todas as outras situações. Assim, em vez da temperatura média cumulativa (Θ_{rm}) obtida através do ficheiro climático local como proposto pela SBTool^{PT}, considerou-se Θ_{rm} igual à temperatura mais alta sentida, 39,7 °C (sentido em Agosto de 2006), obtendo-se uma temperatura operativa óptima (Θ_{opt}) de 31,9 °C. Da mesma forma se procedeu à determinação da temperatura interior, como não existiam valores disponíveis para todas as horas, considerou-se a temperatura mais alta sentida no interior do Solar XXI entre os meses de Julho a Setembro de 2006 e de Julho a Setembro de 2007 - Θ_o = 31,6 °C. A diferença entre estas duas temperaturas, operativa óptima e operativa máxima sentida, Δ_o, forneceu o valor para P_{CTV}, 0,3°C, que normalizado resultou em **1,85**. Fazendo a média ponderada entre o nível de conforto térmico nas duas estações, obteve-se um P_{CT} de **0,99°C**, cuja avaliação de desempenho recaiu sobre a categoria **A**, Quadro 4.9. Verifica-se assim, embora por um método que está sujeito a alguma margem de erro que, tal como esperado o Solar XXI possui uma excelente capacidade de manutenção da temperatura interior, mesmo sem recuso a sistemas de ar condicionado mecânicos.

O parâmetro ***P19 – Média do factor de luz do dia médio***, tal como o próprio nome indica recorreu ao cálculo do FLDM, segundo o método proposto por Littlefair como indica o procedimento da SBTool^{PT}, para cada compartimento habitável. Os cálculos intermédios realizados para determinar o valor de P_{FLDM} encontram-se apresentados no Quadro F.8, secção F.1 do Anexo F, o valor final obtido foi um P_{FLDM} normalizado de **2,92**, correspondendo uma avaliação na classe **A**$^{+}$, Quadro 4.9. Mais uma vez, aqui se demonstra a excelente qualidade do Solar XXI no que diz respeito à saúde e conforto dos utilizadores.

Quadro 4.9. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria ***C6***.

PARÂMETRO		VALOR		VALOR NORMALIZADO	AVALIAÇÃO	FACTOR DE PONDERAÇÃO (%)	VALOR PONDERADO
P16 – P_{VN}		80	cred.	1,67	A^{+}	12,35	0,21
P17 – P_{COV}		99,63	%	1,11	A^{+}	17,28	0,19
P18	P_{CTI}	19	°C	0,99	A	--	--
	P_{CTV}	0,3	°C	1,85	--	--	--
	P_{CT}	--		0,99	A	39,51	0,39
P19 - $FLDM_m$		--*		2,92	A^{+}	30,86	0,9
						DESEMPENHO DA CATEGORIA	**1,69**

** Como não existe apenas um valor de $FLDM_m$, estes valores encontram-se no Anexo F, secção F.2, Quadro F.8*

Da ponderação dos demais parâmetros foi possível verificar que o Solar XXI, para a categoria referente ao ***Conforto e Saúde dos Utilizadores*** obteve um desempenho de **1,69**, como se expõe no Quadro 4.9.

C. 7. Acessibilidade

O desempenho da categoria ***C7*** teve em consideração a proximidade do Solar XXI às redes de transportes públicos e a outras amenidades. De acordo com os requisitos estipulados pela SBTool^{PT} para os parâmetros ***P21***e ***P22***, o Solar XXI encontra-se numa zona do tipo 2 e possui três linhas de autocarro elegíveis para a avaliação desta categoria, são elas a linha 3, 78 e 768 (Anexo G); quanto às amenidades, todas elas foram verificadas com a excepção do "parque infantil" na classe 2. Na classe 3 deste mesmo parâmetro para subdivisão "outro tipo de serviços" executou-se uma análise de vários outros serviços como notário, polícia, pronto-a-vestir, cabeleireiros, etc., e atribuíram-se 2 créditos por se considerar que estes se encontram a uma distância média de 1,5 km. Os cálculos intermédios efectuados, encontram-se no Quadro F.9 e Quadro F.10, secção F.2 do Anexo F; os resultados dos dois parâmetros respectivas, ponderação e avaliação, e a quantificação total da categoria ***C7*** encontram-se apresentadas no Quadro 4.10. A análise deste quadro permite verificar que o desempenho do P_{ATP} fica aquém das expectativas. Este facto pode dever-se à escolha da zona urbana, já que estando o Solar XXI localizado quase no limite do concelho, a afluência de transportes públicos é rarefeita, mesmo sendo a cidade, capital de distrito e do

país. No entanto, no que respeita à proximidade de amenidades o Solar XXI fica acima do considerado como melhor prática, conseguindo atingir um desempenho A^+ neste parâmetro.

Quadro 4.10. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria ***C7***.

PARÂMETRO	VALOR	VALOR NORMALIZADO	AVALIAÇÃO	FACTOR DE PONDERAÇÃO (%)	VALOR PONDERADO
P21 – P_{ATP}	6,0	0,33	D	55	0,18
P22 – P_{AA}	55	2,7	A^+	45	1,2
			DESEMPENHO DA CATEGORIA		**1,38**

A análise do Quadro 4.10 permite verificar a presente categoria relativa as ***Acessibilidades*** totalizou um desempenho de **1,38**, valor este, que é agregado com as demais categorias da dimensão social, na secção 4.2.3 do presente capítulo.

C. 8. *Sensibilização e educação para a sustentabilidade*

A presente categoria, não foi incluída neste estudo uma vez que, a existência da Ficha técnica do edifico apenas é obrigatória para edifícios de habitação. Contudo, mesmo sem ter sido disponibilizada, o que impossibilitou o conhecimento do conteúdo exacto, houve o conhecimento, através da Memória Descritiva das Instalações Mecânicas, da existência de um documento semelhante à Ficha Técnica da Habitação, para o edifício em causa. Caso tivesse sido disponibilizado, poder-se-ia ter realizado uma alteração do *benchmarking* de forma a melhor se adaptar aos edifícios de serviços, e consequentemente esta categoria poderia ter sido incluída no estudo.

4.2.2.3. Desempenho Económico

C. 9. *Custos de ciclo de via*

A presente categoria deveria ser avaliada através da ponderação entre os custos de investimento e custos de utilização, ***P24*** e ***P25***, respectivamente, mas a falta de *benchmarking* para o primeiro parâmetro impediu que este fosse incluído. Contudo, segundo (Alves 2008; CEETA and Keep Cool ; Joyce 2007), sendo o custo de investimento total do Solar XXI na ordem dos 1,3 milhões de euros, este mostra-se dentro dos valores típicos no mercado, inferiores a 1000 €/m^2, sendo ainda apontado o valor mais apertado de 900 €/m^2.

Para a quantificação do parâmetro ***P25***, contabilizaram-se os custos relacionados com o consumo energético, de água potável, produção de águas residuais e resíduos sólidos, quer para o Solar XXI quer

para as soluções de *benchmarking*. Todos os valores utilizados e calculados foram, dada a sua extensão, remetidos para o Anexo F, secção F.3, sendo que na presente secção apenas se apresentam os resultados finais obtidos, no Quadro 4.11. Este permite verificar que o Solar XXI possui um custo de utilização de 20,35 €/m^2.ano que quando normalizado equivale a **0,99**, tendo obtido assim um desempenho na classe **A**. Como desempenho final da categoria, esta tomou logicamente o valor do único parâmetro aqui avaliado – **0,99**. Como é visível no Anexo F, secção F.3, o processo de cálculo da presente categoria teve em conta algumas considerações que, embora fundamentadas, podem não ser um retrato fiel da realidade, pelo que se mostra conveniente assumir alguma margem de erro ao valor atingido.

Quadro 4.11. Resumo dos resultados e desempenhos dos parametros e da categoria ***C9***.

PARÂMETRO	VALOR (€/m^2.ano)	VALOR NORMALIZADO	AVALIAÇÃO	FACTOR DE PONDERAÇÃO (%)	VALOR PONDERADO
P25 – P_{CU}	20,35	0,99	A	1	0,99
			DESEMPENHO DA CATEGORIA		**0,99**

4.2.3. Determinação e avaliação da nota sustentável

Obtidos os desempenhos das demais categorias e respectivos parâmetros, procedeu-se à obtenção da Nota Sustentável (NS), cujo resumo de processo de cálculo é apresentado no Quadro 4.12. Este permite verificar que dentro dos parâmetros analisados, o Solar XXI mostra-se como um óptimo exemplo a seguir já que acarreta a classificação máxima no que cabe à sua sustentabilidade - **A**$^+$. Os resultados parcelares, pela leitura do mesmo quadro, permitem atribuir a classificação **A** às dimensões ambiental e económica e **A**$^+$ à social.

Quadro 4.12. Agregação de Categorias e obtenção da Nota Sustentável do Solar XXI.

		DESEMPENHO CATEGORIA	F. POND. CATEGORIA (%)	VALOR PONDERADO	DESEMPENHO DIMENSÃO	F. POND. DIMENSÃO (%)	VALOR PONDERADO
D1 - AMBIENTE	**C1**	1,33	12	0,16	0,94	40	0,375
	C2	0,56	19	0,11			
	C3	0,63	39	0,25			
	C4	1,69	22	0,37			
	C5	0,64	8	0,05			
D2 - SOCIAL	**C6**	1,69	69	1,16	1,59	30	0,478
	C7	1,38	31	0,43			
D3 - ECONÓMICA	**C9**	0,99	100	0,99	0,99	30	0,298
						NOTA SUSTENTÁVEL	**1,15**
						CLASSE DE DESEMPENHO FINAL	**A+**

Apesar do excelente resultado alcançado, a exposição parâmetro a parâmetro, detectou alguns pontos que merecem especial atenção, em particular o uso de energias produzidas através fontes renováveis, já que era esperado um melhor resultado; o não reaproveitamento de águas cinzentas e/ou pluviais; a inexistência de projecto de acústica ou de resultados da simulação dinâmica para obtenção do certificado de Eficiência Energética e Qualidade do Ar Interior, que impossibilitaram a correcta análise dos níveis de conforto acústico e térmico.

4.2.4. Certificado de Sustentabilidade

Dada a NS obtida pelo Solar XXI, este pode então obter o Certificado de Sustentabilidade, por avaliação segundo a SBTool^{PT}. Tal como já referido, este conta com a apresentação dos vários desempenhos., sendo apresentado no Anexo H um espécimen do que será o possível certificado para o Solar XXI.

CAPÍTULO 5 – SOLUÇÕES DE MELHORIA

CAPÍTULO 5

5. SOLUÇÕES DE MELHORIA

O presente capítulo expõe algumas medidas que podem vir a ser adoptadas, ou a servir de base, para melhorar o desempenho sustentável do Solar XXI e da construção em geral, com base em simulações levadas a cabo durante a aplicação da metodologia, bem como linhas guia ao caminho que deverá ser traçado tendo em vista a realização de uma SBTool^{PT} de aplicação directa a edifícios de serviços.

5.1. SOLAR XXI E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL EM GERAL

Existe um largo caminho a ser desbravado tento em vista o desempenho ambiental, social e económico da construção em geral, como diversas vezes mencionado. Consequentemente as medidas aqui apresentadas para além de aplicadas directamente ao Solar XXI podem representar um fio condutor a futuros edifícios e à reabilitação de edifícios já existentes. Facilitando a compreensão e leitura das medidas, estas são expostas segundo a estrutura de aplicação da metodologia.

Relativamente à dimensão ambiental, apesar de não se poder alterar o impacte da fase de construção, podem ser tomadas medidas a nível da biodiversidade e uso do solo, materiais, resíduos sólidos e consumo de água. A interacção dos edifícios com o meio envolvente – *biodiversidade e uso do solo* – pode ser melhorada pela adopção de coberturas ajardinadas que, para além de combaterem o efeito de ilha de calor e diminuírem as necessidades energéticas para a climatização, ajudam a tornar mais permeáveis as superfícies facilitando o escoamento das águas pluviais. Esta consideração levou à realização de uma simulação de avaliação do índice de impermeabilização, assumindo que a cobertura do Solar XXI seria ajardinada. O resultado mostrou uma redução de 34% na área impermeabilizada o que provocaria um valor de P_{IMP} normalizado de 0,91, representando um desempenho de classe A. Tendo ainda em conta a possibilidade de recorrer a outro tipo de pavimento para os arruamentos, o P_{IMP} normalizado subiria para 1,41, cujo desempenho seria A^+.

Procurando reduzir o efeito de ilha de calor, simulou-se o cálculo da percentagem da área, em planta, com reflectância igual ou superior a 60% considerando que as áreas revestidas a gravilha calcária e vidraço seriam revestidas por outro material, com reflectância no mínimo igual a 60%. Este caso representaria um aumento de, aproximadamente, 580 m^2 à área com reflectância igual ou superior a 60%, o que resultaria num valor normalizado igual a 0,92 cuja avaliação cairia na classe A.

No que diz respeito à utilização de materiais reutilizados e com conteúdo reciclado, não existem possibilidades de melhoria, exceptuando a substituição de alguns materiais. No entanto, isso implicaria custos que teriam necessariamente de ser contabilizados, além do que, a substituição precoce dos

materiais implicaria mais custos do que apenas económicos, implicaria a geração de resíduos desnecessários, a incorporação de novos valores de PEC etc., ou seja, aumentaria o impacte ambiental da fase de manutenção pelo que, a substituição só deverá ser efectuada aquando do envelhecimento ou deterioração dos materiais em causa. No caso da construção em geral, na fase de ante-projecto e projecto deverá estudar-se a possibilidade de reutilizar materiais de outras obras ou do próprio local, bem como realizar um estudo de mercado aos fabricantes dos produtos e materiais a utilizar, dando preferência àqueles que comprovem o uso de materiais reciclados no processo de produção dos seus produtos. Pelo estudo aqui apresentado, a utilização de produtos de madeira ou de base orgânica começa a ganhar expressão, pelo que deve ser valorizada e alargada.

No que respeita à potencialização da separação dos RSU a consideração de locais para a colocação de contentores de recolha (papel, vidro e embalagens), de um contentor específico para pilhas ou a próxima localização a locais de recolha dos RSU, melhoram o desempenho deste aspecto e consequentemente a sustentabilidade do edifício em causa. Se aos créditos conseguidos durante a avaliação, se verificassem os pontos correspondentes à capacidade mínima total dos contentores existentes de 18 l/ocupante e à previsão de um local para a armazenagem de pilhas usadas, o número de créditos totais conseguidos seria 55 o que representaria um desempenho na classe A^+.

Ao nível do consumo de água potável, o Solar XXI tem um grande potencial de melhoria, já que não utiliza nenhum sistema de reciclagem de água. Procurando a apresentação de soluções a aplicar para aumentar o desempenho deste parâmetro, realizaram-se três simulações, tendo em conta os consumos de água considerados na análise do parâmetro P14. A primeira considerou apenas a implementação de um sistema de reciclagem de águas cinzentas, cujo volume de água proviria da água "produzida" nas torneiras de casas de banho, bar e laboratórios. Desta forma, o volume médio de água reaproveitada anualmente seria 229,68 m^3, o que representaria um $\boldsymbol{P_{RCA}}$ de 38,26% (desempenho na classe B). O segundo caso considerou apenas o aproveitamento de águas pluviais para as descargas de retrete (313 l/dia). Recorrendo a programa disponível na internet (University of Warwick 2006), considerando um depósito com 1.100 l de capacidade, obteve-se um coeficiente de satisfação do sistema de utilização de águas pluviais de 34%, o que levou a um $\boldsymbol{P_{RCA}}$ de 12% (desempenho na classe E). Por fim a terceira simulação resultou da conjugação dos dois sistemas, que permitiu verificar que a "produção" de água reciclada seria superior à consumida anualmente nas bacias de retrete, gerando um $\boldsymbol{P_{RCA}}$ de 56%, (a melhor prática, 52,17%, é obtida considerando que toda a água usada nas bacias de retrete provém de águas recicladas) o que representaria um desempenho A^+.

Ao nível da integração dos edifícios de serviços portugueses com o meio envolvente, deverão ser melhorados aos acessos a redes de transportes públicos. Não é de hoje sabido que muitas redes, principalmente rodoviárias, ficam aquém das expectativas, baixo número de serviços, longos períodos de viagem e de espera são os principais problemas. Assim, como no presente caso de estudo, o problema não será a localização do edifício, visto ter apresentado um excelente desempenho quanto à proximidade a amenidades, mas sim a fraca disponibilidade da rede de autocarros na zona afectada, sendo necessário melhorar as parcerias e acordos entre instituições empregadoras, empresas gestoras dos transportes e câmaras municipais, para dinamizar a rede e promover a sua utilização.

5.2. METODOLOGIA SBTOOL^{PT}

O presente estudo ao avaliar um edifício de serviços através de uma metodologia desenvolvida para o sector residencial, denotou alguns entraves à sua aplicação directa, verificando que alguns parâmetros não se adequam a esta tipologia e ainda que poderiam ser introduzidos novos parâmetros.

Um dos primeiros obstáculos encontrados à aplicação da SBTool^{PT} surgiu na quantificação dos impactes ambientais, já que o processo de análise das quantidades dos materiais utilizados obriga à separação por elemento construtivo, o que nem sempre acontece dos documentos de consulta. Desta forma, propõem-se que esta quantificação passe a ser realizada de forma global, considerando o edifício como um todo e não como a soma dos seus elementos.

O parâmetro *P2 - Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível* não apresentou aplicação directa, uma vez que, para espaços privados e para zonas destinadas a edifícios não residenciais, nem sempre estão previstos em PDM valores de IUL_{max} a respeitar. Porém, com um estudo sobre outros parâmetros de ordenamento do território existentes e regulamentados pelos PDM locais, como o índice de ocupação, será possível avaliar a propensão que um edifício terá para a utilização sustentável do solo.

Uma das maiores diferenças entre os edifícios de serviços e os habitacionais, são os consumos energéticos. Para além das quantidades diferirem em grande escala, também a sua finalidade é variável, sem referir ainda que, a legislação aplicável a cada um dos casos, e consequentes parâmetros de avaliação, são diferentes. Portanto, todos os parâmetros que dizem respeito à produção e consumo de energia deverão ser revistos. Nesta revisão necessitar-se-á de ter em conta a finalidade do consumo maioritário de energia, se numa habitação é a preparação de AQS, num edifício de edifícios potencialmente será a iluminação. Também será importante considerar *IEE* em vez de N_t. Uma proposta de alteração possível, já foi utilizada nesta avaliação, ao nível dos parâmetros *P7- Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização* e *P8 – Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis*, tendo por base a investigação levada a cabo por uma aluna da Universidade do Minho. Propõem-se também um estudo cuidado do RSECE, de modo a tirar partido de todos os parâmetros por si analisados que possam de alguma forma ser relevantes para todo o processo de avaliação de sustentabilidade.

Relativamente à avaliação das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos, propõem-se que esta se possa adaptar ao edifício em causa consoante a tipologia de serviço prestado. Para isso sugere-se a consideração não só de RSU mas também de outras categorias de resíduos que possam ser geradas no interior do edifício e que devem, de igual forma, ser alvo de uma gestão eficiente; por exemplo, num edifício de escritórios sem refeitório, à partida não será expectável a existência de um contentor para recolha de óleos alimentares usados, pelo que o seu peso na avaliação final não deverá ser significativo.

No que diz respeito ao consumo de água, a adaptação que poderia ser realizada, já foi englobada neste estudo, refazendo *benchmarkings* de forma a contemplar apenas os dispositivos existentes no edifício sobre estudo.

Quanto à avaliação do conforto acústico, também aqui já foi mencionado o ajuste passível de ser realizado consoante a tipologia do edifício e consequentes limites e parâmetros de análise constantes na legislação específica, Regulamente Geral do Ruído (RGR) (Portugal 2007b) e Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) (Portugal 2008).

Também as classes das amenidades a considerar na proximidade do edifico, poderão ser alvo de algumas alterações, por exemplo, considerar que na proximidade de um edifício de serviços será mais importante existir um banco, uma farmácia ou uma estação de correios, do que um talho ou uma pequena mercearia.

A inclusão do parâmetro de avaliação da sensibilização dos utilizadores/ocupantes numa avaliação a edifícios de serviços, poderá representar uma mais-valia ao edifício, no entanto, a obrigatoriedade da existência da ficha técnica do edifício, deverá ser revista já que este documento é apenas obrigatório para habitações.

Na quantificação dos custos de ciclo de vida, também foram encontradas dificuldades à aplicação directa do procedimento proposto, já que este recorre a valores unicamente disponíveis para edifícios residenciais, pelo que a aplicabilidade a edifícios de serviços é inexequível. Deste modo propõem-se um estudo alargado a vários edifícios de serviços para a quantificação do valor dos custos de investimento, criando, por exemplo, uma base de dados que apresente valores de preços por metro quadrado de área útil, para diferentes categorias de serviços.

Para finalizar, propõem-se a inclusão de um parâmetro que quantifique a qualidade do ar interior, tendo como base os poluentes e respectivas concentrações máximas impostas pelo RSECE.

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

CAPÍTULO 6

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. CONCLUSÕES DO ESTUDO

A presente dissertação teve como principal objectivo a avaliação da sustentabilidade de um edifício que se apresenta como uma referência nacional e internacional a nível da eficiência energética, baseando-se para isso na metodologia desenvolvida na Universidade do Minho, SBTool^{PT}. Na sequência deste objectivo apresentam-se seguidamente, as principais conclusões atingidas.

Neste trabalho procedeu-se primeiramente à revisão bibliográfica dos princípios a seguir tendo em vista a sustentabilidade. Esta revisão, para além da aquisição de novos conhecimentos, permitiu verificar a importância da aplicação de soluções construtivas que permitam a manutenção do conforto térmico e a salubridade do ar interior, através de boas condições de isolamento térmico, aumento de inércia térmica e propensão à exequibilidade de ventilação natural. Também a forma e disposição dos edifícios bem como dos seus compartimentos, deve ser estudada, sendo preferencial voltar a fachada principal a Sul, tirando maior proveito da radiação solar durante a estação de aquecimento e evitando-a, por inclusão de dispositivos como palas e estores exteriores, no decorrer da estação de arrefecimento. Soluções como coberturas ajardinadas ou de alta reflectância de materiais de revestimento exterior contribuem não só para a redução do efeito de ilha de calor nos centros urbanos, como também, auxiliam a redução dos consumos energéticos com a climatização interior. No que diz respeito à fase de utilização de edifícios, esta será muito influenciada pela forma como o edifício foi construído, no entanto optar pela inclusão de sistemas que permitam a utilização de fontes renováveis para a produção de energia, como colectores solares, painéis fotovoltaicos, micro-geração eólica ou hídrica, conduz à melhoria da eficiência energética, redução de custos e dos impactes ambientais associados. O recurso a equipamentos eficientes e de dimensão adequada às necessidades quer em termos energéticos quer tem termos de consumo de água, representam também um benefício significativo na sustentabilidade do meio edificado. Ainda no campo da utilização eficiente da água, incorporar sistemas de reciclagem e reutilização de águas cinzentas e pluviais, mostra-se um excelente campo que merece especial atenção e impulsionamento à sua utilização, já que permitem uma drástica redução do consumo de água potável, para fins menos nobres, como as descargas de retrete no interior, rega e outras utilizações exteriores.

A revisão bibliográfica conduziu ainda à demonstração que soluções e tecnologias construtivas anciãs, como a construção em terra, começam a ganhar terreno novamente graças às suas características comportamentais e estruturais que conduzem a uma maior sustentabilidade. Outras soluções como a construção em perfis metálicos leves e o betão celular autoclavado, vêm travar o avanço da construção pesada, em betão armado, bem como a utilização de materiais com conteúdo reciclado e a reutilização de outros, começam agora a ganhar importância e expansão no sector da construção.

A segunda, e principal, parte do presente trabalho focou-se na análise da sustentabilidade do edifício Solar XXI com recurso à metodologia SBTool^{PT} (Departamento de Engenharia Civil 2009). Para tal, num universo de 25 parâmetros, 20 foram alvo de avaliação, dizendo respeito aos três pilares do desenvolvimento sustentável: ambiente, sociedade e economia.

Na primeira dimensão, avaliou-se o impacte ambiental e a qualidade do ar exterior da fase de construção, a interacção com a biodiversidade e utilização do solo, o consumo de energia, água, materiais e resíduos sólidos. Todas as categorias apresentaram bons resultados, mostrando-se geralmente acima da prática corrente e por vezes acima daquela que foi considerada como melhor prática. Porém, a categoria da energia ficou aquém das expectativas; era esperado um excelente resultado relativamente à utilização de recursos renováveis como fonte de energia. Este fraco resultado é potencialmente devido à não adequação do processo de cálculo à tipologia do edifício, bem como ao modo como foram obtidos quer a contribuição dos colectores solares quer das necessidades de energia para preparação de AQS. Estes valores tiveram em conta consumos de água obtidos pela própria metodologia e não consumos reais, dado o facto do Solar XXI se encontrar num campus com outros edifícios e não possuir contador quer de água quer de gás natural, próprios, além do que, a simulação realizada no software *Solterm* não permitiu contabilizar a contribuição dos painéis solares para o aquecimento interior. No que diz respeito à categoria da água, embora o consumo previsto de água potável seja baixo, não existe a confirmação de que seja próximo da realidade, uma vez que, para além do consumo normal de um edifício idêntico a um edifício de escritórios, em que o consumo é essencialmente em casas de banho e na lavagem de pequenas quantidades de louça caso exista um bar, o Solar XXI dispõe de dois laboratórios cujo consumo de água não é conhecido. Fora o resultado energético já mencionado, concluiu-se que a penalizar o bom desempenho desta dimensão, encontra-se a inexistência de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e/ou cinzentas do Solar XXI.

A dimensão social, constituída pela análise do conforto e saúde dos utilizadores e do acesso a amenidades e transportes públicos, mostrou-se ser a mais eficiente das três categorias avaliadas, embora ficando por analisar o conforto acústico e a sensibilização e educação para a sustentabilidade. Foi possível verificar e comprovar a eficiência da ventilação natural, da inércia térmica resultante das soluções construtivas utilizadas e da solução de arrefecimento do ar interior através do sistema de tubos enterrados, na manutenção do conforto térmico do edifício. A grande área envidraçada e a existência do poço de luz em localizações estratégicas levaram à obtenção de um excelente resultado quando à disponibilidade de luz natural no interior do Edifício, que por si só contribui para a redução dos consumos energéticos. No que diz respeito à proximidade a transportes públicos, embora fique abaixo da melhor prática, encontra-se dentro da realidade portuguesa, tendo em conta a sua localização fronteiriça, na cidade de Lisboa. Pelo contrário, o resultado de proximidade a amenidades mostrou-se bastante favorável.

A terceira e última dimensão contou apenas com a avaliação do parâmetro referente ao custo de utilização. No entanto, a consulta bibliográfica sobre o edifício em questão, permitiu concluir que o custo de investimento do Solar XXI, aproximadamente 813 €/m^2, se encontra dentro dos valores típicos de edifícios com recurso a sistemas de aproveitamento energético (< 1000 €/m^2). Quanto ao custo de utilização, dado facto do processo de cálculo não ser idealizado para edifícios de serviços já que, engloba

valores do RCCTE e não do RSECE e das taxas de recolha de resíduos sólidos e drenagem de águas residuais não serem referentes à zona de Lisboa, o valor obtido não é uma representação fiel da realidade. Mesmo assim, não se mostrou muito discrepante da melhor prática considerada.

Da agregação das três dimensões resultou a nota de sustentabilidade, que permitiu concluir que o Solar XXI é de facto um edifico sustentável, para além do já reconhecimento energético, uma vez que, conseguiu alcançar a classe máxima atribuível - A^+.

Posto isto, conjugando a limitação temporal e a morosidade do trabalho proposto, pode afirmar-se que todos os objectivos inicialmente propostos foram alcançados.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Apesar de se considerar que todos os objectivos traçados foram atingidos, existe obviamente um vasto caminho a desbravar no âmbito da construção sustentável e sua avaliação.

Ainda no contexto específico do presente trabalho, sugere-se a determinação do nível médio do conforto térmico anual, tendo em conta os resultados de uma simulação dinâmica realizável com recurso ao software *Energy Plus*, ou equivalente, uma vez que, estes não se encontravam disponíveis aquando da execução da avaliação aqui exposta e dado o curto período de tempo disponível não foi possível realizar. Da mesma forma se propõem a realização de ensaios acústicos ao Solar XXI de forma a poder incluir, nesta avaliação, o nível de conforto acústico que, dadas as características do edifício, espera-se que obtenha um bom resultado. No que se refere à quantificação da energia produzida no edifício através de fontes renováveis, sugere-se a revisão do cálculo da contribuição dos colectores solares, tendo em conta que estes são utilizados quer para preparação de AQS, quer para aquecimento do ar interior. A quantificação dos custos deverá ser revista, utilizando as taxas de drenagem de águas residuais e de recolha de RSU aplicadas na cidade de Lisboa, bem como se propõe um estudo de mercado para obter os custos das soluções de *benchmarking*.

É relevante referir que, como este estudo não recorre a uma metodologia destinada a edifícios de serviços, trata-se apenas de uma avaliação preliminar que, para que possa ser validada deverão ser alvo de desenvolvimento e investigação dois campos; um passará pela adaptação da $SBTool^{PT}$ a edifícios de serviços, de forma a minimizar a dúvida dos utilizadores durante a sua aplicação e a melhor se ajustar às especificidades deste tipo de edifícios. O outro campo de trabalho deverá passar pela reavaliação do Solar XXI com essa nova versão da metodologia.

No que diz respeito directamente ao Solar XXI, visando aumentar a sua distinção perante os demais edifícios devido à sua alta eficiência energética, porque não, realizar um estudo de viabilidade de aproveitamento de águas cinzentas e pluviais, tornando-o também uma referência na utilização eficiente da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akbari, H. (2002). "Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from power plants." *Environmental Pollution*, 116(Supplement 1), S119-S126.

Aksoy, U. T., and Inalli, M. (2006). "Impacts of some building passive design parameters on heating demand for a cold region." *Building and Environment*, 41(12), 1742-1754.

Alcoforado, M.-J., Andrade, H., Lopes, A., and Vasconcelos, J. (2009). "Application of climatic guidelines to urban planning: The example of Lisbon (Portugal)." *Landscape and Urban Planning*, 90(1-2), 56-65.

Allecker, K., and DeTroyer, F. (2006). "Evaluation of the environment impact of buildings, includingg quality and financial cost." *13th of the CIRP Int. Conf. on Life Cycle Engineering*.

Alves, L. (2008). "Potential for PV integration in buildings: PORTUGAL CASE." In: *Conference on Pure*, Savona.

APA, A. P. d. A. (2008). "Caracterização da Situação dos Resíduos Urbanos em Portugal Continental em 2006." M. d. A. O. d. T. e. D. Regional, ed., Portugal.

Berge, B. (2001). *Ecology of Building Materials*, Architectural Press, England.

Boaventura, R., and Fonseca Almeida, M. (2007/2008). "Algumas Alternativas de Gestão de Lamas duma Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público." In: *Apontamentos das aulas teorias da cadeira - Tecnologias e Sistemas de Tratamento de Residuos II, Mestrado Integrado de Engenharia do Ambiente, 4º ano 2º semestre*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Bragança, L. (2008). "avaliação da sustentabilidade de edifícios: Metodologia SBTool^{PT}." T. e. I. INETI - Intituto Nacional de Engenharia, ed., Lisboa.

Bragança, L., Mateus, R., and Koukkari, H. (2007). "Assessment of building sustainability."

Câmara Municipal de Lisboa. "Lisboa verde." <http://lisboaverde.cm-lisboa.pt> (Junho de 2009, 2009).

Camões, A. (2005). "Betões de elevado desempenho com elevado volume de cinzas volantes." 55-64.

Carvalho, A. P. O. (2007). "Acústica Ambiental e de Edificios " In: *Texto de Apoio à disciplina - Acústica Ambiental - Mestrado Integrado de Engenharia do Ambiente, 4ºano , 2º semestre*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Carvalho, V. F. M. (2006). "Contributos Bioclimáticos para o Planeamento Urbano Sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas," FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, Porto.

CEETA, C. d. E. e. E. d. T. e. A., and Keep Cool. "Edifício Solar XXI." Centro de Estudos em Economia da Tecnologia e Ambiente, Lisboa, Portugal.

Chel, A., Nayak, J. K., and Kaushik, G. (2008). "Energy conservation in honey storage building using Trombe wall." *Energy and Buildings*, 40(9), 1643-1650.

Cole, R. J., and Larsson, N. (2002). "GBTool User Manual." *Green Building challange 2002*, NRC and iiSBE - Internacional Initiative for a Sustainable Built Environment.

Comissão das Comunidades Europeias. (1994). "Carta das Cidades Europeias para a Sustentabilidade." *Conferência Europeia sobre Cidades Sustentáveis*, Aalborg, Dinamarca.

Commonwealth of Australia. (2008). "Technical Manual - Design for lifestyle and the future." <http://www.yourhome.gov.au/> (Junho 2009, 2009).

Construção Sustentável. (2009). <http://construcaosustentavel.pt/> (Junho de 2009, 2009).

CYPE Ingenieros S.A. "Gerador de preços." <www.lisboa.geradorprecos.info> (Junho de 2009, 2009).

Dae, D. d. A. e. E. I. (2009). "Eficiência Energética - Edifícios ", <<http://dae.ifdec.org.pt/>> (Junho de 2009, 2009).

Departamento de Energias Renováveis , I. N. d. E., Tecnologia e Inovação, I.P. . (2005). "Edifício Solar XXI - Um Edifício Energeticamente Eficiente em Portugal." **INETI**, ed., Lisboa.

Departamento de Engenharia Civil. (2009). "MARS - H - Guia de Avaliação V2009/1." In: *Universidade do Minho*, Guimarães, Portugal.

Díaz-Balteiro, L., and Romero, C. (2004). "In search of a natural systems sustainability index." *Ecological Economics*, 49(3), 401-405.

Direcção Geral do Ambiente. (2000). *Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*, Direcção Geral do Ambiente, Amadora.

Ecoarkitekt, A. B.-E. E. (2009). "Verão – Estratégias de Arrefecimento." <http://ecoarkitekt.com/> (Junho de 2009, 2009).

Energy Efficiency in Buildings. (2009). " Transforming the Market." World Business Council for Sustainable Development, França.

EPA, U. S. E. P. A. (2009a). "Basic Information ", <http://www.epa.gov/hiri/> (Junho, 2009).

EPA, U. S. E. P. A. (2009b). "Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies." <http://www.epa.gov/hiri/> (Junho, 2009).

Erlandsson, M., and Borg, M. (2003). "Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services--today practice and development needs." *Building and Environment*, 38(7), 919-938.

Forgo, F. s. (2009). "Revestimentos Vinílicos." <http://www.forbo-linoleum.pt/> (Junho de 2009 2009).

Gonçalves, H. (2009). "Edifício Solar XXI: Projecto de Demonstração na Área das Energias Renováveis e da Eficiência Energética nos Edifícios
", F. d. E. d. U. d. Porto, ed., Porto.

Gonçalves, H., and Cabrito, P. (2006). "Edifício Solar XXI - Um edifício energeticamente eficiente em Portugal."

Gonçalves, H., and Graça, J. M., eds. (2004). *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, DGGE / IP-3E Ed., Lisboa.

Gonçalves, H., Silva, A., Ramalho, A., and Rodrigues, C. (2008). "Thermal performance of a passive solar office building in Portugal." In: *1st Internacional Congress on Heating, Cooling and Buildings*, E. 2008, ed., Lisboa, Portugal.

Haapio, A., and Viitaniemi, P. (2008). "A critical review of building environmental assessment tools." *Environmental Impact Assessment Review*, 28(7), 469-482.

Hens, L., and Nath, B. (2003). "The Johannesburg Conference." *Environment, Development and Sustainability*, 5(Numers 1-2), 7-39.

INE, I. N. d. E. (2009). "Edíficios Concluídos - 2007." <www.ine.pt> (Junho 2009, 2009).

Joyce, A. (2007). "Edifício Solar XXI: an energy efficient building with BIPV." E. e.-B. S. E. i. Portugal", ed., INETI - Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação.

Kua, H. W., and Lee, S. E. (2002). "Demonstration intelligent building--a methodology for the promotion of total sustainability in the built environment." *Building and Environment*, 37(3), 231-240.

Kum, D. m., Bretz, S. E., Huang, B., and Akbari, H. (1994). "The Potencial for Reducing Urban Air Temperatures and Energy Consumption Through Vegetative Cooling." ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, California.

Langston, C. A., and Ding, G. K. C. (2001). *Sustainable Practices in the Built Environment*, 2 Ed., Butterworth Heinemann, Great Britain.

Lobão, R. J. A. S. (2004). "Modelo Simplificado de Previsão do Comportamento Térmico de Edifícios," Janeiro de 2004, Universidade do Minho, Guimarães.

Lomite, H., and Kare, S. (2009). "Impact of Construction Material on Environment (Steel & Concrete)," University College of Borås - School of Engineering, Boras.

Lourenço, P., Brito, J., and Branco, F. (2001). "Novas Tecnologias na Aplicação de Terra Crua na Construção." In: *Construção 2001 - Encontro Nacional da Construção*, IST - Lisboa.

Louripereiras - Serviços de Pintura Lda. (2007). "Sistema Hotskin." <http://www.louripereiras.pt/> (Junho de 2009, 2009).

Malthus, R. T. (1798). *An Essay on the Principle of Population*, J. Johnson, London.

Mateus, R. (2004). "Novas Tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção," Universidade do Minho, Guimarães.

Mateus, R., and Bragança, L. (2004). "Avaliação da sustentabilidade da construção: desenvolvimento de uma metodologia para a avaliação a sustentabilidade de soluções construtivas."

Mateus, R., and Bragança , L. (2006). *Tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção*, Edições Ecopy, Porto.

maxit - Tecnologias de Construção e Renovação Lda. (2002). "Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior - Reboco delgado armado sobre poliestireno expandido - etics ", Porto.

Meyn, S. K., and Oke, T. R. (2009). "Heat fluxes through roofs and their relevance to estimates of urban heat storage." *Energy and Buildings*, 41(7), 745-752.

Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional. (2007). "Plano Estratégico para os Residuos Sólidos Urbanos: 2007-2016." Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, Portugal.

Montávez, J. P., Rodríguez, A., and Jiménez, J. I. (2000). "A study of the Urban Heat Island of Granada." *International Journal of Climatology*, 20(8), 899-911.

OECD, O. f. E. C.-o. a. D. (2003). *Environmentally Sustainable Buildings - Challenges and policies*, OECD, Paris, Fança.

Oke, T. R. (1982). "The energetic basis of the urban heat island." *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.

Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2004). "Directiva 2004/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho." In: *Jornal Oficial da União Euripeia de 30 de Abril de 2004*, Portugal.

Pinheiro, M. D. (2006). *Ambiente e Construção Sustentável* Instituto do Ambiente, Amadora.

Pinho, A., and Aguiar, J. (2005). "Reabilitação em Portugal - A mentira denunciada pela verdade dos números!, ." Arquitecturas, Lisboa.

Pinho, O. S., and Orgaz, M. D. M. (2000). "The urban heat island in a small city in coastal Portugal." *International Journal of Biometeorology*, 44(4), 198-203.

Portugal. (2001). "Resolução de Conselho de Ministros n.º 152/2001." In: *Diário da Republica - I Série - B n. 236 de 11 de Outubro de 2001*.

Portugal. (2004a). "Decreto-Lei nº 68/2004." In: *Diário da Republica - I Série - A n. 72 de 25 de Março de 2004*.

Portugal. (2004b). "Portaria nº 317/2004." In: *Diário da Republica - I Série - B n. 166 de 16 de Julho de 2004*.

Portugal. (2005). "Resolução de Conselho de Ministros n.º 113/2005." In: *Diário da Republica - I Série - B n. 124 de 30 de Junho de 2005*.

Portugal. (2006a). "Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)." In: *Decreto-Lei nº 80/2006 de 04 de Abril*.

Portugal. (2006b). "Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)." In: *Decreto-Lei nº 79/2006 de 04 de Abril*.

Portugal. (2006c). "Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)." In: *Decreto-Lei n.º 78/2006 de 04 de Abril*.

Portugal. (2007a). "Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável e Plano de Implementação." In: *Resolução de Conselho de Ministros nº 107/2007 de 20 de Agosto*.

Portugal. (2007b). "Regulamento Geral sobre o Ruído (RGR)." In: *Decreto -Lei 9/07, de 17 de Janeiro*.

Portugal. (2008). "Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE)." In: *Decreto - Lei n.º 96/2008 de 9 de Junho*.

Primo, A. D. d. O. (2008). "Estudo da Durabilidade de Materiais e Sistemas Construtivos- Sistema ETICS," Universidade do Porto, Porto.

Representações Esferovite S.A. (2007). "Sistema Dryvit." <www.dryvit.pt> (Junho de 2009, 2009).

Rodrigo, P. (2009). "Gestão de RCD's - Estratégia Integrada para a Região do Grande Porto." In: *Experiências de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição na Região Norte*, O. d. E. R. Norte, ed., Porto, Portugal.

Roodman, D. M., and Lenssen, N. (1995). *A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction*, Worldwatch Institute, Washington, DC.

Santos, A. J. (2002). "Caracterização das condições ambientais de iluminação natural nos edifícios com base na avaliação "in situ"." In: *Conferência Científica e Tecnológica em Engenharia "O Saber do Passado e o Desafio do Futuro"*, L.-L. N. d. E. C. DED/NAI, ed., Lisboa.

Santos, M. J. N. (2005). *Desenvolvimento Sustentável e responsabilidade Empresarial*, Celta Editora, Oeiras.

Schlesinger, B. C. (2008). "**Report: CEN/TC 350 "Sustainability of construction works**" Meeting of TG Framework ", European Committee for Standardization Vienna

Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2006). "Convention on biological diversity." <www.cbd.int> (Maio, 2009).

Stewart, I. D. (2007). "Landscape Representation and the Urban-Rural Dichotomy in Empirical Urban Heat Island Literature, 1950-2006 " In: *Acya Climatologica et Chorologica*, U. Szegediensis, ed., Tomus.

Torgal, F. P., and Jalali, S. (2007). "Construção Sustentável. O caso dos Materiais de Construção " In: *Congresso Construção - 3º Congresso Nacional* U. d. Coimbra, ed., Coimbra, Portugal.

Trusty, W. B. (2000). "Introducing an Assessment Tool Classification System." *Advanced Building Newsletter*(25), Pg.18.

United Nations - Department of Economic and social Affairs (DESA). (2000). "Report oh the United Nations Conference on Environment and Development - Annex III." <www.un.org> (Maio, 2009).

United Nations. (1992). "Rio Declaration on Environment and Development." Rio de Janeiro.

United Nations. (2007). *Indicators of Sustainable Development:Guidelines and Methodologies* 3ª Ed., United Nations, New York.

United Nations. (2009a). "Programme for the Further Implementation of Agenda 21." <www.un.org/sea/dsd/index.shtml> (Maio, 2009).

United Nations. (2009b). "www.un.org/esa/dsd/index.shtml." (Maio, 2009).

United Nations Environment Programme. "www.unep.org." (Maio, 2009).

United Nations Environment Programme. (2005). "Agenda 21." <www.unep.org> (Maio, 2009).

United Nations Framework Convention on Climate Change. "Kyoto Protocol." <www.un.org> (Maio, 2009).

United Nations Framework Convention on Climate Change. "United Nations Framework Convention on Climate Change." <http://unfccc.int/2860.php> (Maio, 2009).

University of Warwick. (2006). "Rainwater tank performance calculator." <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/eng/research/dtu/rwh/model/input_data/> (Julho de 2009, 2009).

Verdelho, S. I. C. (2008). "Avaliação Do Potencial De Arrefecimento De Edifícios Através Da Ventilação Natural," Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Voogt, J. A., and Oke, T. R. (2003). "Thermal remote sensing of urban climates." *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370-384.

WBCSD Portugal, W. B. C. f. S. D. "Eficiência Energética em Edifícios - Realidades empresariais e oportunidades." World Business Council for Sustainable Development.

Wong, N. H., and Yu, C. (2005). "Study of green areas and urban heat island in a tropical city." *Habitat International*, 29(3), 547-558.

WRAP, T. W. R. A. P. a. A. R. L. (2008). "Choosing construction products - Guide to the recycled content of mainstream construction products." The Waste & Resources Action Programme, Oxon, Reino Unido.

Xu, S. (2009). "An approach to analyzing the intensity of the daytime surface urban heat island effect at a local scale." *Environmental Monitoring and Assessment*, 151(1), 289-300.

Yilmaz, Z., and Kundakci, A. (2008). "An approach for energy conscious renovation of residential buildings in Istanbul by Trombe wall system." *Building and Environment*, 43(4), 508-517.

ANEXOS

ANEXOS

A. CONSTRUÇÃO TÍPICA PORTUGUESA – SOLUÇÃO DE REFERÊNCIA

Quadro A.1. Descrição das soluções construtivas de referência

ESTRUTURA	
BETÃO ARMADO	sistema porticado de pilares e vigas em betão armado (densidade média para as armaduras de 100kg/m^3 de betão)
PISO TÉRREO	
SUPORTE	caixa de brita (20 cm); massame de betão armado com rede electrossoldada (15cm); membrana de PVC (1,8kg/m^2); camada de regularização em argamassa de cimento (5 cm)
REVESTIMENTO	cimento-cola (1cm); ladrilho cerâmico
PISOS ELEVADOS	
SUPORTE	laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas e blocos cerâmicos de cofragem; camada de compressão em betão; camada de regularização em argamassa de cimento (5 cm)
REVESTIMENTO	cimento-cola (1cm); ladrilho cerâmico; nos tectos aplicação de 1,5 cm de estuque, incluindo pintura
PAREDES EXTERIORES	
SUPORTE	dupla de alvenaria de tijolo furado (11+15cm); caixa-de-ar parcialmente preenchida com poliestireno expandido extrudido (3cm); reboco de ambos os lados com argamassa de cimento (1,5cm)
REVESTIMENTO	paramentos pintados com duas demãos de tinta plástica
PAREDES INTERIORES	
SUPORTE	simples de alvenaria de tijolo furado (11cm); reboco em ambos os lados com argamassa de cimento (1,5cm)
REVESTIMENTO	paramentos pintados com duas demãos de tinta plástica
COBERTURAS	
SUPORTE	laje aligeirada de vigotas pré-esforçadas e blocos cerâmicos de cofragem
REVESTIMENTO	telhas cerâmicas do tipo “aba-canudo”
VÃOS ENVIDRAÇADOS	
SUPORTE	vidro duplo (4+8+6) com caixilharia de alumínio
MANUTENÇÃO	janelas substituídas de 30 em 30 anos

Quadro A.2. Valores de parâmetros para os benchmarks, utilizados no estudo.

PARÂMETRO		MELHOR PRÁTICA	PRÁTICA CONVENCIONAL
Utilização do solo disponível (%)		90	50
Índice de impermeabilização (%)		30	60
Área de intervenção previamente edificada ou contaminada (%)		90	0
Áreas verdes ocupadas por plantas autóctones (%)		90	30
Área em planta com reflectância igual ou superior a 60% (%)		90	40
Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização (Kgep/m^2.ano)		31	40
Energia produzida no edifício através de fontes renováveis (kgep/ano)		22888,2	369,09
Custo de materiais reutilizados (%)		15	0
Peso do conteúdo reciclado do edifício (%)	Bloco aligeirado de betão	50	93
	Bloco de betão	0	93
	Tijolo cerâmico	0	30
	Envidraçados	0	10
Custo de produtos de base orgânica certificados (%)		50	0
Massa de materiais substitutos do cimento (%)		60	0
Condições do edifício para promoção da separação de resíduos sólidos		50	10
Volume anual de água consumido *per capita* no interior do edifício (m^3/ocupante.ano)		9,1	15,9
Redução do consumo de água potável (%)		51,17	0
Ventilação natural		60	30
Peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV (%)		90	0
Temperatura operativa mínima, temperatura que é excedida em pelo menos 95% das horas da estação de aquecimento (ºC)		19	18
Temperatura que não é excedida em pelo menos 95% das horas da estação de aquecimento (ºC)		2	4
Factor de Luz do Dia Médio (%)	Escritórios	1,0	3
	Cozinhas	2,0	3
Acessibilidade a transportes públicos		11	3,5
Acessibilidade a amenidades		30	15
Custo de utilização (€/m^2.ano)		14,4	923,6

B. CATEGORIAS, INDICADORES E PARÂMETROS AVALIADOS PELA SBTOOL^{PT}

Quadro B.1. Categorias, indicadores e parâmetros avaliados

DESEMPENHO AMBIENTAL

C1 - ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E QUALIDADE DO AR EXTERIOR

- **Impacte ambiental associado ao ciclo de vida dos edifícios**

P1 - Valor agregado das categorias de impacte ambiental de ciclo de vida de área útil de pavimento por ano

C2 - BIODIVERSIDADE E USO DO SOLO

- **Densidade urbana**

P2 - Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível

P3 - Índice de impermeabilização

- **Reutilização de solo previamente edificado ou contaminado**

P4 - Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada

- **Uso de plantas autóctones**

P5 - Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones

- **Efeito de ilha de calor**

P6 - Percentagem da área em planta com reflectância igual ou superior a 60%

C3 - ENERGIA

- **Energia primária não renovável**

P7 - Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização

- **Energia produzida localmente a partir de fontes renováveis**

P8 - Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis

C4 - MATERIAIS E RESÍDUOS SÓLIDOS

- **Reutilização de materiais**

P9 - Percentagem em custo de materiais reutilizados

- **Reutilização de materiais reciclados**

P10 - Percentagem em peso de conteúdo reciclado do edifício

- **Recurso a materiais certificados**

P11 - Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados

- **Uso de substitutos de cimento no betão**

P12- Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão

- **Condições de armazenamento de resíduos durante a fase de utilização do edifício**

P13 - Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos

C5 - ÁGUA

- **Consumo de água**

P14 - Volume anual *per capit*a no interior do edifício

- **Reutilização e utilização de água não potável**

P15 - Percentagem de redução do consumo de água potável

Quadro B.1. Categorias, indicadores e parâmetros avaliados (continuação).

DESEMPENHO SOCIAL

C6 – CONFORTO E SAÚDE DOS UTILIZADORES

- **Eficiência da ventilação natural em espaços interiores**

P16 – Potencial de ventilação natural

- **Toxicidade dos materiais de acabamento**

P17 – Percentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV

- **Conforto térmico**

P18 – Nível de conforto térmico médio anual

- **Conforto visual**

P19- Média do factor de luz do dia médio

- **Conforto acústico**

P20 – Nível médio de isolamento sonoro

C7- ACESSIBILIDADE

- **Acessibilidade a transportes públicos**

P21 – Índice de acessibilidade a transportes públicos

- **Acessibilidade a amenidades**

P22 – Índice de acessibilidade a amenidades

C8- SENSIBILIZAÇÃO E EDUCAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE

- **Formação dos ocupantes**

P23 – Disponibilidade e conteúdo do Manual do utilizador do Edifício

DESEMPENHO ECONÓMICO

C9 - CUSTOS DE CICLO DE VIDA

- **Custo inicial**

P24 – Valor do custo do investimento inicial por m^2 de área útil

- **Custos de utilização**

P25 – Valor do custo de utilização por m^2 de área útil

C. PLANTAS DE LOCALIZAÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E ENQUADRAMENTO NO SOLAR XXI

Município de Lisboa

Plantas de Localização Online

Carta de Ruído

Número: 2746/09

Requerente: Joana Bonifácio Andrade

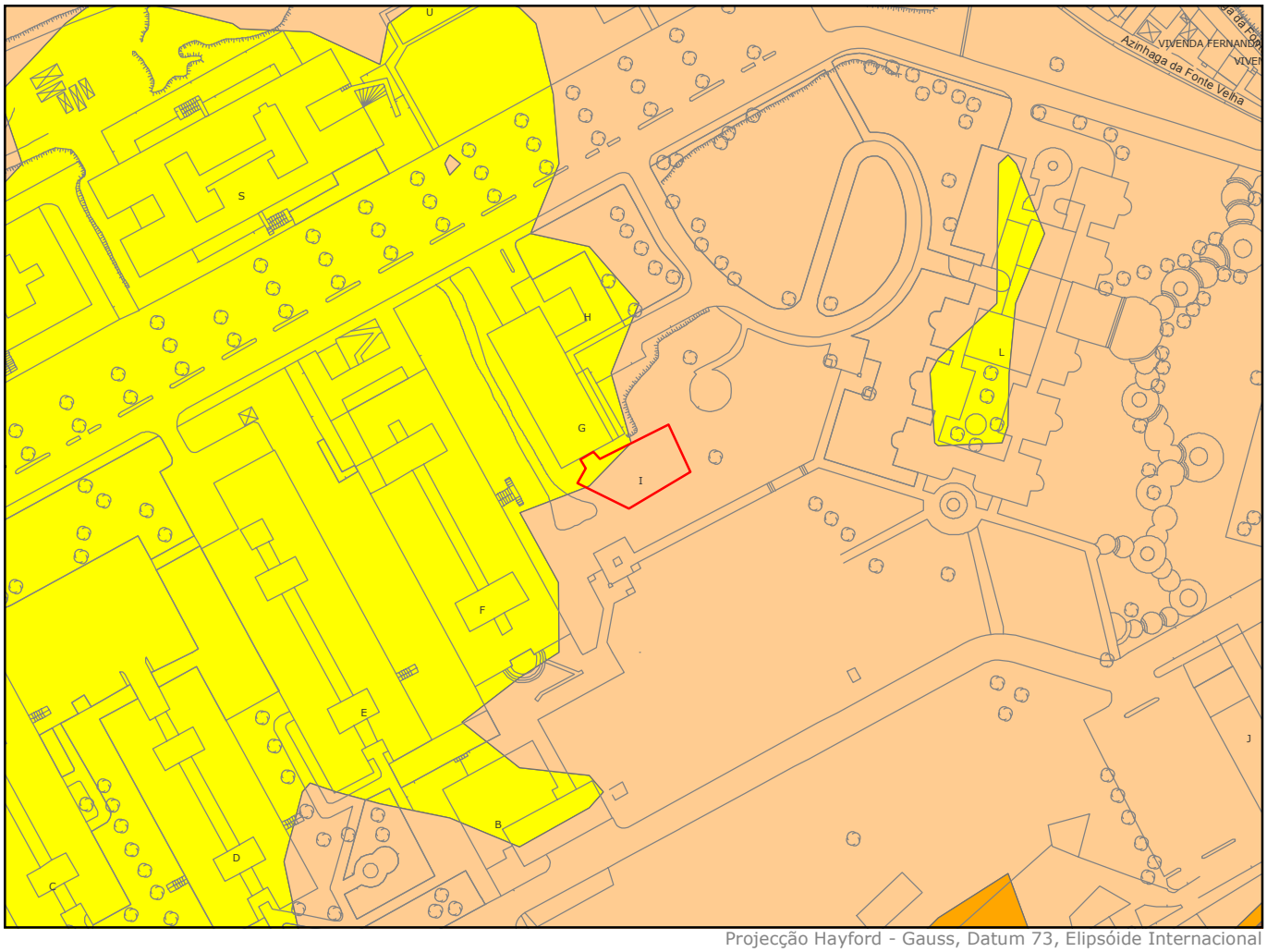
Escala 1: 2000

Morada: FEUP

Freguesia: Porto

Data de Emissão: 07-07-2009

Validade de um mês a partir da data de emissão



Projecção Hayford - Gauss, Datum 73, Elipsóide Internacional

Listagem de Ruído:

Valor do Ruído: > 45

Valor do Ruído: > 50

LAeq Db(a)

Ruído Geral Diurno (db)

- <= 45
- > 45
- > 50
- > 55
- > 60
- > 65
- > 70
- > 75
- > 80

Campo Grande, 25 1749-099 LISBOA Tel. 217988000 Fax 217988008 municipe@cm-lisboa.pt

Município de Lisboa

Plantas de Localização Online

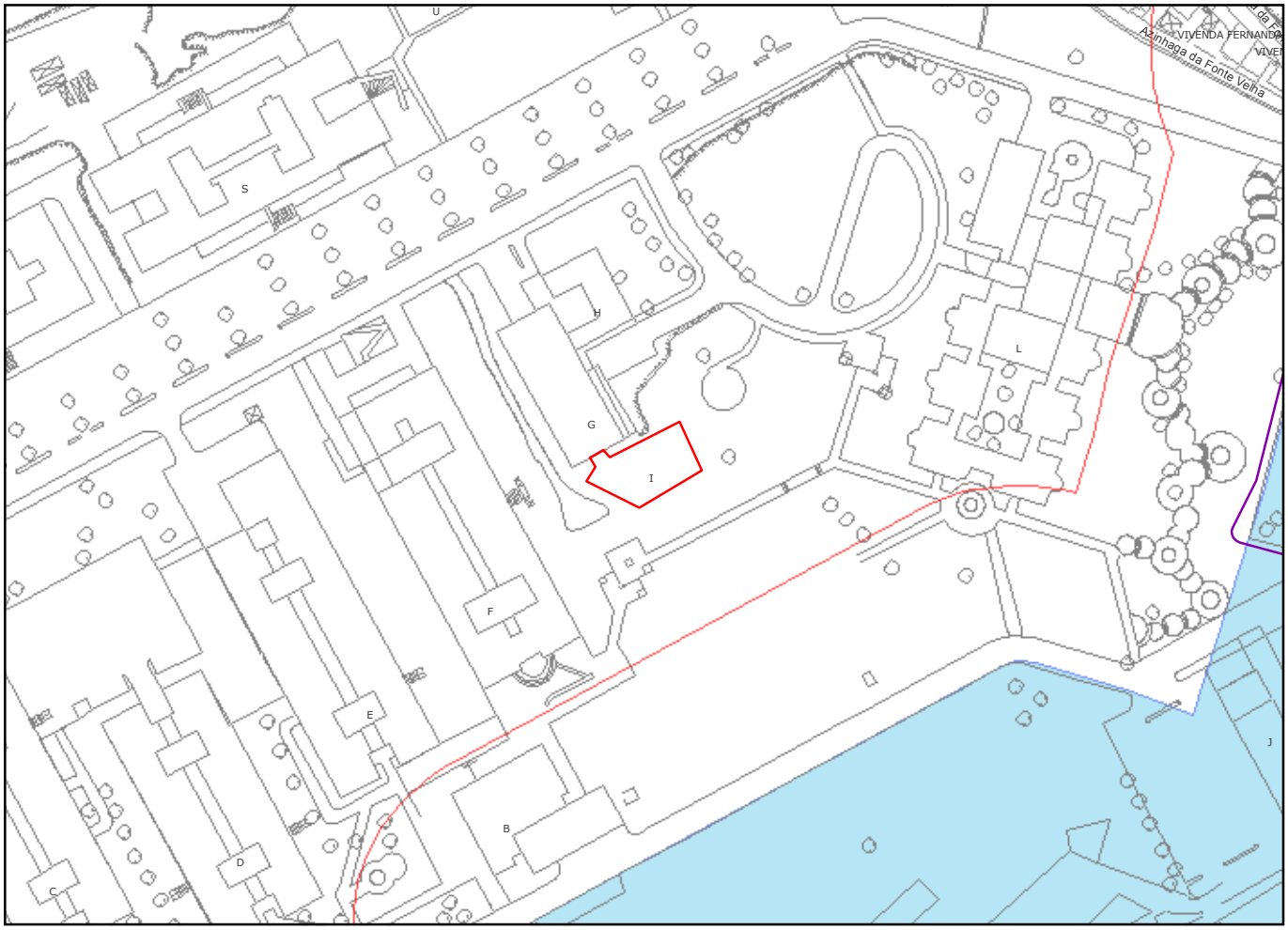
COMUNICAÇÃO PARA O EXERCÍCIO DO DIREITO LEGAL DE PREFERÊNCIA

Número: 10198/09

Escala 1: 2000

Data de Emissão: 07-07-2009

Validade de um mês a partir da data de emissão



Projecção Hayford - Gauss, Datum 73, Elipsóide Internacional

Prédio: Investigação e Tecnologia

Local: FEUP

Fracção: Solar XXI

Freguesia: Porto

Concelho: Lisboa

Ao abrigo do Decreto-Lei nº 794/76, de 5 de Novembro, da lei nº 107/2001, 8 de Setembro, e legislação complementar, o imóvel referenciado não está situado em área abrangida por direito de preferência do Munícipio de Lisboa.
Este documento vale como certificado desta situação.

Esta declaração, só por si, não é válida se o imóvel estiver onerado com direito de superfície

Campo Grande, 25 1749-099 LISBOA Tel. 217988000 Fax 217988008 municipe@cm-lisboa.pt

Municipio de Lisboa

Plantas de Localização Online

PDM- Classificação Espaço Urbano

Número: 3745/09

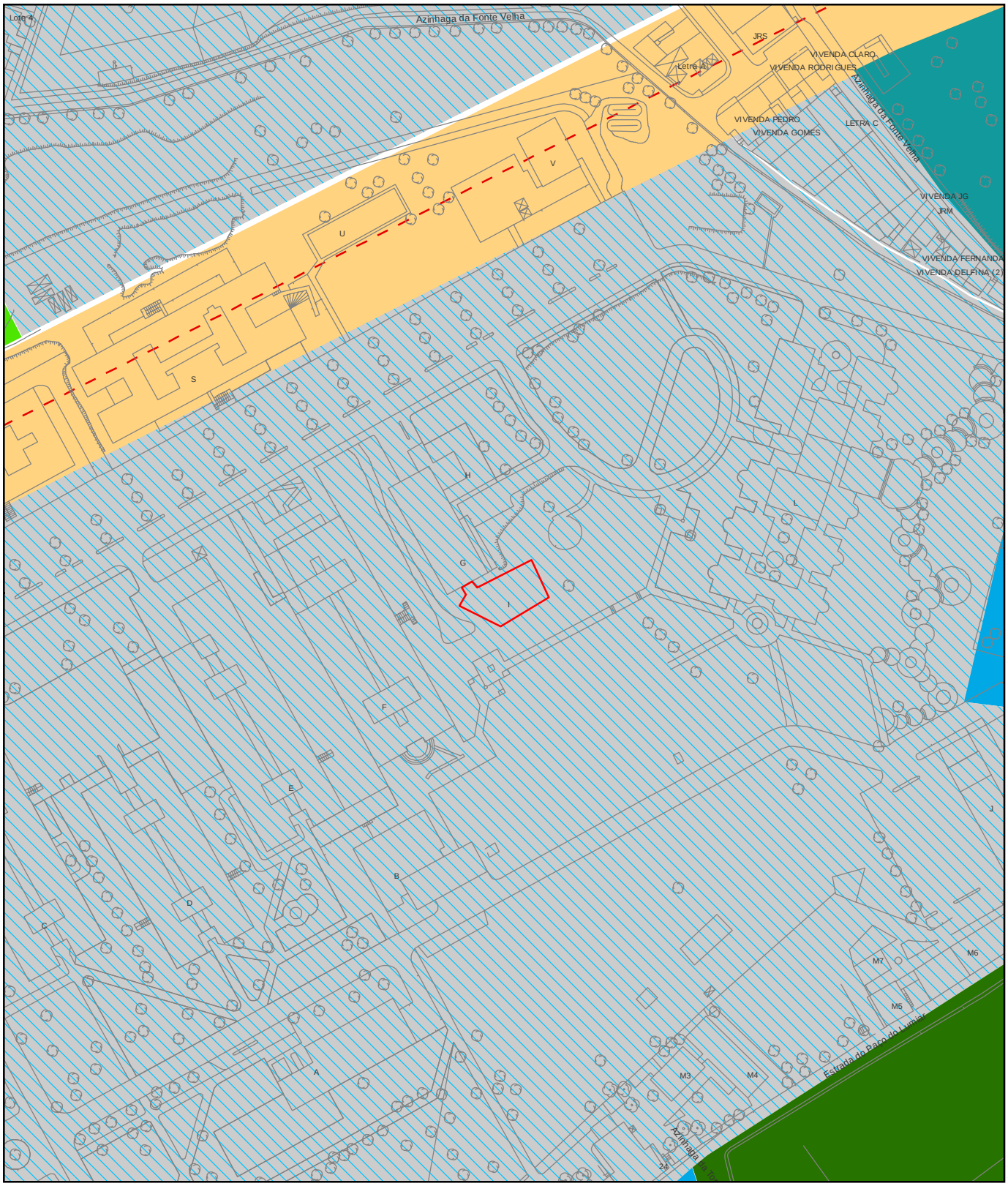
Requerente: Joana Bonifácio Andrade

Escala 1: 2000

Morada: FEUP

Freguesia: Porto

Data de Emissão: 07-07-2009



Validade de um mês a partir da data de emissão

Projecção Hayford - Gauss, Datum 73, Elipsóide Internacional

Campo Grande, 25 1749-099 LISBOA Tel. 217988000 Fax 217988008 municipe@cm-lisboa.pt

Planta de Localização Online

Classificação de Espaço Urbano

Requerente: Joana Bonifácio Andrade
Morada: FEUP
Freguesia: Porto

Número: 3745/09

Data de Emissão: 07-07-2009

Legenda

- Área Histórica Habitacional
- Área Histórica da Baixa
- Quintas Integradas nas Áreas Históricas
- Área Consolidada de Moradias
- Área Consolidada de Edificios de Utilização Colectiva Habitacional
- Área Consolidada de Edificios de Utilização Colectiva Terciária
- Área Consolidada de Edificios de Utilização Colectiva Mista
- Área Consolidada Industrial
- Área de Reconversão Urbanística Habitacional
- Área de Reconversão Urbanística Mista
- Área de Estruturação Urbanística Mista
- Área de Estruturação Urbanística Habitacional
- Área de Estruturação Urbanística Terciária
- Área Verde de Recreio
- Área Verde de Protecção
- Área Verde de Produção
- Quintas e Jardins Históricos
- Quintas a Reconverter
- Área de Usos Especiais
- Área de Equipamentos e Serviços Públicos
- Área de Investigação e Tecnologia
- Zona de Intervenção da EXPO 98
- Área Canal Técnica
- Área Canal Rodoviária Existente
- Área Canal Rodoviária Proposta com Projecto
- Área Canal Ferroviária Existente
- Área Canal Rodoviária Proposta
- Área Canal Ferroviária Proposta
- Rede Rodoviária Fundamental - Túnel Existente
- Rede Rodoviária Fundamental -Túnel Proposto
- Rede Rodoviária Fundamental -Via Arterial Existente
- Rede Rodoviária Fundamental -Via Arterial Proposta
- Rede Rodoviária Fundamental -Via Principal Existente
- Rede Rodoviária Fundamental -Via Principal Proposta
- 1 Nós de Nível 1
- 2 Nós de Nível 2
- 3 Nós de Nível 3
- Rede Ferroviária Pesada - Existente
- Rede Ferroviária Pesada - Proposta
- Rede Ferroviária Pesada - Túnel Existente
- Rede Ferroviária Pesada - Túnel Proposto
- Interface de mercadorias de nível 1
- Interface de passageiros- Nível 1
- Interface de passageiros- Nível 2
- Interface de passageiros- Nível 3
- Terminal de mercadorias
- Terminal de passageiros

Nota: Esta planta não dispensa da consulta do plano em vigor

Resultados da intersecção cartográfica

Designação: Área de Investigação e Tecnologia

Municipio de Lisboa

Plantas de Localização Online

Planta de Condicionantes

Número: 8825/09

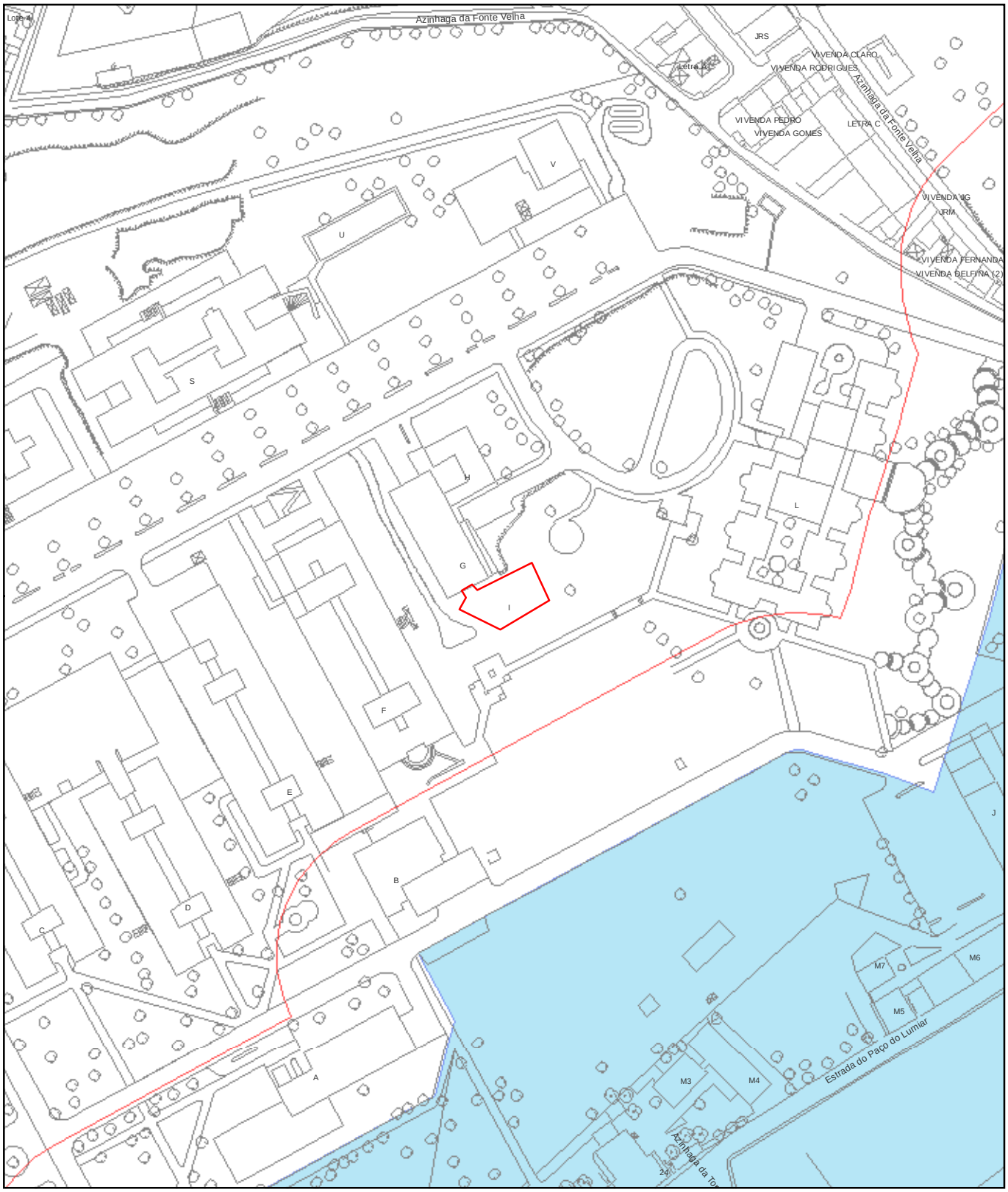
Requerente: Joana Bonifácio Andrade

Escala 1: 2000

Morada: FEUP

Freguesia: Porto

Data de Emissão: 07-07-2009



Validade de um mês a partir da data de emissão

Projecção Hayford - Gauss, Datum 73, Elipsóide Internacional

Planta de Localização Online

Planta de Condicionantes

Requerente: Joana Bonifácio Andrade
Morada: FEUP
Freguesia: Porto

Número: 8825/09

Data de Emissão:07-07-2009

Legenda

- Zona de Protecção dos Imóveis
- Monumento Nacional
- Imóvel de Interesse Público

Descrição

Não existem condicionantes para o imóvel referenciado

Entidades a consultar

Municipio de Lisboa

Plantas de Localização Online

Planta de Localização

Número: 13393/09

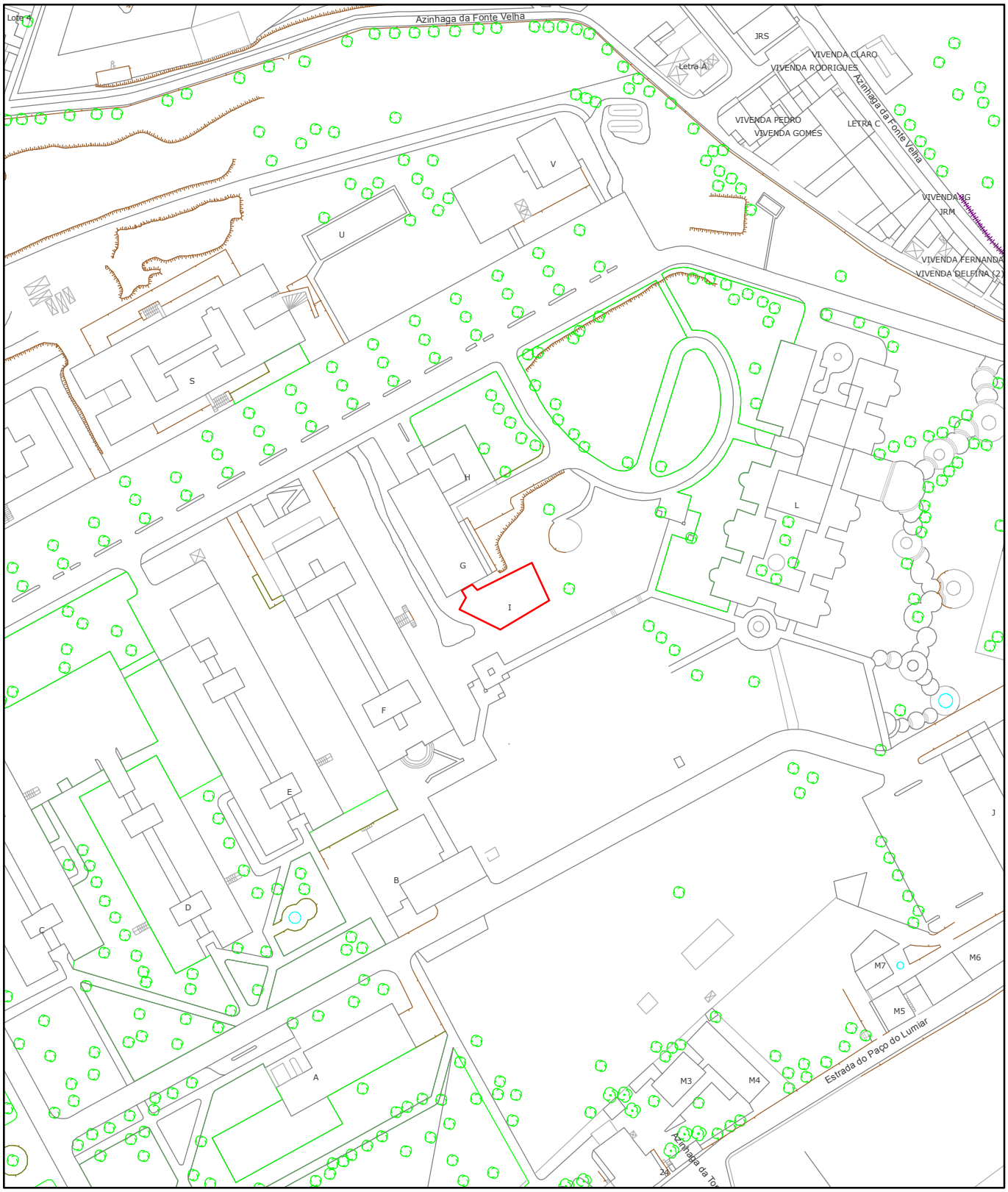
Requerente: Joana Bonifácio Andrade

Escala 1: 2000

Morada: FEUP

Freguesia: Porto

Data de Emissão: 07-07-2009

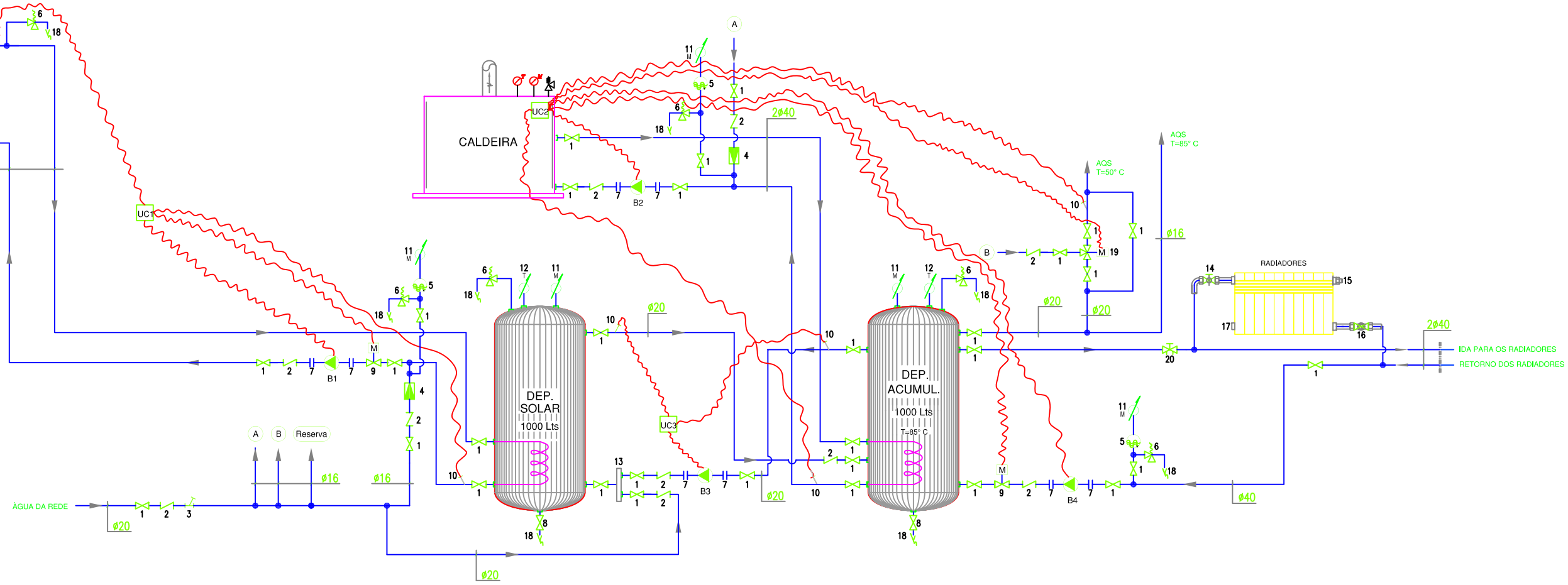


Projecção Hayford - Gauss, Datum 73, Elipsóide Internacional

Campo Grande, 25 1749-099 LISBOA Tel. 217988000 Fax 217988008 municipe@cm-lisboa.pt

D. SISTEMA DE PRINCIPIO DE AVAC DO SOLAR XXI

ESQUEMA DE PRINCÍPIO



Simbologia:

1- Válvula de seccionamento tipo macho esférico
2- Válvula de retenção
3- Filtro de água
4- Válvula de enchimento redutora de pressão
5- Vaso de expansão
6- Válvula de Segurança
7- Juntas anti-vibrateis
8- Válvula de purga
9- Válvula de corte electromagnética
10- Sondas de temperatura
11- Manómetro
12- Termómetro
13- Colectores
14- Válvula termostática
15- Redução com purgador automático
16- União com válvula de fecho
17- Tampão
18- Esgoto com sifão
19- Válvulas de 3 vias motorizada tipo modulante
20- Válvula de regulação de caudal com tomada de pressão

B's- Bombas de circulação de água
UC's- Unidades de controlo

MANUEL MENDES NOGUEIRA — Engº. Mecânico IST		DATA: JULHO-03
Projecto de AVAC		ESCALA: S/ Escala
		DESENHO:
Esquema de Princípio	DESENHO Nº 10	PROJECTO:

E. DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DO SOLAR XXI

Quadro E.1. Descrição das soluções construtivas utilizadas e respectiva quantidade.

ELEMENTO	FUNÇÃO	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	
ESTRUTURA	SUPORTE	Betão armado, armadura em aço A400NR		
		Fundações	213.600	kg
		Muros de suporte	182.400	kg
		Pilares	138.000	kg
		Paredes resistentes	178.800	kg
		Lajes de escadas	65.000	kg
		Vigas e platibandas	184.800	kg
		Aço 100% reciclado	40.000	kg
PISO TÉRREO	SUPORTE	Camada de enrocamento, com 0,15m espessura, masseme de betão com 0,15m de espessura, armaduras em aço A500ER	512,09	m^2
		EPS de 0,10 m de espessura	512,09	m^2
		Membrana betuminosa	512,09	m^2
	REVESTIMENTO	Betonilha afagada	109,09	m^2
		Pedra + betão celular + argamassa de assentamento	27,64	m^2
		Vinílio + regularização +argamassa de assentamento	234,86	m^2
		Linóleo + regularização + argamassa de assentamento	94	m^2
		Mosaico cerâmico + argamassa de assentamento	30,74	m^2
PISOS ELEVADOS	SUPORTE	Betão armado com armadura em aço A400NR, fungiformes nervuradas, com 0,2m espessura e lâmina de compressão mínima de 0,1m	933,47	m^2
	REVESTIMENTO	Gesso cartonado	492,0	m^2
		Alumínio lacado	114,0	m^2
		Betão pintado	365,05	m^2
		Linóleo	370,0	m^2
		Linóleo + pavimento sobrelevado em aglomerado de madeira	486,54	m^2
		Pedra	34,0	m^2
		Mosaico cerâmico	61,48	m^2
PAREDES EXTERIORES	SUPORTE	Tijolo de 30x20x22 + argamassa de assentamento	520,4	m^2
		Tijolo de 30x20x9 + argamassa de assentamento	60	m^2
		Betão armado	312	m^2
		EPS de 0,06m e 0,02m de espessura com revestimento próprio	892,4	m^2

Quadro E.1. Descrição das soluções construtivas utilizadas e respectiva quantidade (continuação).

ELEMENTO	FUNÇÃO	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	
PAREDES INTERIORES	SUPORTE	Tijolo 30x20x7, 30x20x11, 30x20x15 e 30x20x20 incluindo argamassa assentamento	1214	m^2
	REVESTIMENTO	Estuque liso projectado	1648,89	m^2
		Salpico e reboco desempenado afagado de argamassa	736	m^2
		Mosaico cerâmico incluindo e assentamento	254,97	m^2
		Tinta aquosa	2845,74	m^2
COBERTURA	SUPORTE	Betão armado com armadura em aço A400NR,	554,32	m^2
		EPS de 0,1 m e 0,06 m de espessura	585,75	m^2
		XPS de 0,05m de espessura	437,95	m^2
		Membrana betuminosa	585,75	m^2
	REVESTIMENTO	Gesso cartonado	4,97	m^2
		Tinta aquosa	4,97	m^2
		Pedra Lioz	189,58	m^2
		Lajetas de betão	437,95	m^2
VÃOS ENVIDRAÇADOS		Vidros duplos de 6cm+6cm com10mm de caixa-de-ar transparente e opaco	264,78	m^2
		Caixilharia em alumínio anodizado		m^2

F. CÁLCULOS E RESULTADOS INTERMÉDIOS DA APLICAÇÃO DA SBTOOL^{PT} AO SOLAR XXI

F.1. DIMENSÃO AMBIENTAL

Quadro F.1. Impacto ambiental de alguns materiais utilizados na construção e respectiva massa superficial. (Fonte: base de dados do software *SimaPro*,(Mateus and Bragança 2006).

	MASSA SUPERFICIAL	GWP	ODP	AP	POCP	EP	FFDP
	kg/m^2	kg CO_2	kg CFC11	kg SO_2	kg C_2H_4	kg PO4	MJ eq
AGLOMERADO DE MADEIRA/CIMENTO	700*	$-3{,}27\times10^{-2}$	$5{,}97\times10^{-9}$	$3{,}10\times10^{-4}$	$1{,}40\times10^{-5}$	$4{,}33\times10^{-5}$	1,21
AÇO 100% RECICLADO	100**	1,22	$6{,}72\times10^{-8}$	$4{,}77\times10^{-3}$	$2{,}74\times10^{-4}$	$4{,}09\times10^{-4}$	$1{,}65\times10^{-1}$
ALUMÍNIO, 50% RECICLADO	2712*	4,28	$1{,}84\times10^{-6}$	$3{,}80\times10^{-2}$	$2{,}23\times10^{-3}$	$1{,}21\times10^{-3}$	$6{,}82\times10^{1}$
ARGAMASSA DE CAL	1200*	$6{,}10\times10^{-1}$	$2{,}08\times10^{-8}$	$8{,}64\times10^{-4}$	$3{,}91\times10^{-5}$	$1{,}3\times10^{-4}$	3,26
ARGAMASSA DE CIMENTO	20	$1{,}95\times10^{-1}$	$8{,}00\times10^{-9}$	$3{,}15\times10^{-4}$	$1{,}29\times10^{-5}$	$4{,}87\times10^{-5}$	1,31
BETÃO ARMADO	2500* / 850	$1{,}48\times10^{-1}$	$3{,}55\times10^{-9}$	$5{,}56\times10^{-4}$	$5{,}28\times10^{-5}$	$5{,}76\times10^{-5}$	1,24
BETUME	1,24	$5{,}81\times10^{-1}$	$7{,}27\times10^{-1}$	$1{,}94\times10^{-3}$	$1{,}98\times10^{-4}$	$3{,}02\times10^{-4}$	$5{,}33\times10^{1}$
CLORETO DE POLIVINIL (PVC)	2,7	1,97	$2{,}84\times10^{-9}$	$5{,}35\times10^{-3}$	$3{,}12\times10^{-4}$	$7{,}59\times10^{-4}$	$5{,}94\times10^{1}$
LINÓLEO	2,7	1,10	$3{,}05\times10^{-9}$	$9{,}08\times10^{-3}$	$2{,}96\times10^{-4}$	$1{,}43\times10^{-2}$	$6{,}26\times10^{1}$
PEDRA	2703	$2{,}63\times10^{-1}$	$3{,}43\times10^{-8}$	$1{,}56\times10^{-3}$	$4{,}66\times10^{-5}$	$3{,}13\times10^{-4}$	7,58
PEDRA CALCÁRIA	1200*	$1{,}92\times10^{-3}$	$2{,}26\times10^{-10}$	$3{,}37\times10^{-5}$	$5{,}38\times10^{-7}$	$7{,}79\times10^{-6}$	$2{,}80\times10^{-2}$
PLACA DE GESSO CARTONADO	9,5	$3{,}50\times10^{-1}$	$3{,}89\times10^{-8}$	$1{,}09\times10^{-3}$	$4{,}69\times10^{-5}$	$1{,}73\times10^{-4}$	5,74
PLACAS DE PEDRA	2703	$4{,}35\times10^{-1}$	$5{,}53\times10^{-8}$	$2{,}56\times10^{-3}$	$7{,}85\times10^{-5}$	$5{,}07\times10^{-4}$	$1{,}36\times10^{1}$
POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)	15*	4,14	$1{,}10\times10^{-7}$	$1{,}49\times10^{-2}$	$6{,}75\times10^{-3}$	$1{,}24\times10^{-3}$	$1{,}05\times10^{2}$
POLIESTIRENO EXPANDIDO EXTRUDIDO (XPS)	15*	9,60	$1{,}64\times10^{-4}$	$1{,}53\times10^{-2}$	$8{,}48\times10^{-4}$	$1{,}19\times10^{-3}$	$9{,}24\times10^{1}$
TELHAS CERÂMICAS	28,8	$8{,}16\times10^{-1}$	$8{,}41\times10^{-8}$	$2{,}90\times10^{-3}$	$1{,}55\times10^{-4}$	$2{,}85\times10^{-4}$	$1{,}46\times10^{1}$
TIJOLO CERÂMICO	65,5 – 155,2	$2{,}20\times10^{-1}$	$1{,}58\times10^{-8}$	$5{,}48\times10^{-4}$	$4{,}00\times10^{-5}$	$6{,}71\times10^{-5}$	2,50

* Este valor é dado em kg/m^3 e não kg/m^2.
** 100kg/m^3 de betão armado

Quadro F.2. Quantificação das categorias de impacte para as soluções construtivas do Solar XXI. ***P1- Alterações Climáticas e Qualidade do Ar Exterior.***

ELEMENTO	TIPO	CATEGORIAS DE IMPACTE					
		GWP kg CO_2	**ODP** kg CFC-11	**AP** kg SO_2	**POCP** kg C_2H_4	**EP** kg PO_4	**FFDP** MJ eq
ESTRUTURA		$1{,}97x10^{5}$	$6{,}24x10^{-3}$	$7{,}47x10^{2}$	$6{,}38x10^{1}$	$7{,}40x10^{1}$	$1{,}9x10^{6}$
PISO TÉRREO	1	$1{,}60x10^{4}$	$7{,}18x10^{-4}$	$5{,}63x10^{1}$	6,06	5,96	$1{,}63x10^{5}$
	2	$4{,}73x10^{3}$	$2{,}93x10^{-4}$	$1{,}95x10^{1}$	1,70	2,57	$6{,}96x10^{4}$
	3	$2{,}54x10^{3}$	$3{,}29x10^{-4}$	$1x10^{1}$	1,54	4,45	$6{,}25x10^{4}$
	4	$3{,}29x10^{4}$	$1{,}44x10^{-3}$	$1{,}22x10^{2}$	$1{,}33x10^{1}$	$1{,}27x10^{1}$	$3{,}73x10^{5}$
	5	$5{,}36x10^{3}$	$2{,}63x10^{-4}$	$2{,}22x10^{1}$	1,99	8,45	$8{,}56x10^{4}$
PISOS ELEVADOS	1	$2{,}40x10^{4}$	$5{,}74x10^{-4}$	$9{,}15x10^{1}$	8,37	$1{,}61x10^{1}$	$2{,}27x10^{5}$
	2	$2{,}14x10^{4}$	$5{,}26x10^{-4}$	$8{,}42x10^{1}$	7,69	$1{,}48x10^{1}$	$2{,}09x10^{5}$
	3	$4{,}77x10^{3}$	$1{,}82x10^{-4}$	$1{,}75x10^{1}$	1,53	1,82	$4{,}74x10^{4}$
	4	$1{,}65x10^{4}$	$3{,}10x10^{-3}$	$9{,}74x10^{1}$	6,96	8,65	$2{,}02x10^{5}$
	5	$2{,}65x10^{3}$	$9{,}42x10^{-4}$	9,67	$9{,}35x10^{-1}$	1,13	$8{,}19x10^{4}$
	6	$2{,}46x10^{4}$	$1{,}20x10^{-3}$	$1{,}11x10^{2}$	9,41	$1{,}84x10^{1}$	$3{,}06x10^{5}$
	7	$2{,}20x10^{4}$	$5{,}87x10^{-4}$	$8{,}59x10^{1}$	7,76	$1{,}51x10^{1}$	$2{,}18x10^{5}$
	8	$4{,}81x10^{3}$	$1{,}83x10^{-4}$	$1{,}76x10^{1}$	1,54	1,84	$4{,}78x10^{4}$
	9	$1{,}65x10^{4}$	$3{,}10x10^{-3}$	$9{,}74x10^{1}$	6,96	8,65	$2{,}02x10^{5}$
PAREDES EXTERIORES	1	$2{,}57x10^{3}$	$1{,}64x10^{-4}$	6,53	$8{,}71x10^{-1}$	$7{,}70x10^{-1}$	$3{,}30x10^{4}$
	2	$1{,}90x10^{4}$	$1{,}15x10^{-3}$	$4{,}45x10^{1}$	5,03	5,44	$2{,}17x10^{5}$
	3	$2{,}86x10^{3}$	$1{,}99x10^{-4}$	7,17	$6{,}46x10^{-1}$	$8{,}68x10^{-1}$	$3{,}45x10^{4}$
	4	$1{,}22x10^{3}$	$6{,}39x10^{-5}$	2,73	$3{,}90x10^{-1}$	$3{,}34x10^{-1}$	$1{,}36x10^{4}$
	5	$2{,}27x10^{4}$	$5{,}59x10^{-4}$	$8{,}24x10^{1}$	8,54	8,57	$1{,}97x10^{5}$
	6	$3{,}89x10^{3}$	$1{,}06x10^{-4}$	$1{,}32x10^{1}$	2,70	1,33	$5{,}14x10^{4}$
	7	$3{,}33x10^{3}$	$2{,}09x10^{-4}$	8,10	$9{,}34x10^{-1}$	$9{,}83x10^{-1}$	$3{,}99x10^{4}$
PAREDES INTERIORES	1	$2{,}70x10^{4}$	$1{,}79x10^{-3}$	$6{,}30x10^{1}$	4,35	7,96	$2{,}92x10^{5}$
	2	$2{,}30x10^{3}$	$9{,}44x10^{-5}$	3,72	$1{,}52x10^{-1}$	$5{,}75x19^{-1}$	$1{,}55x10^{4}$
	3	$1{,}06x10^{4}$	$3{,}60x10^{-4}$	$1{,}49x10^{1}$	$6{,}76x10^{-1}$	2,27	$5{,}64x10^{4}$
	4	5,78x103	$5{,}96x10^{-4}$	$2{,}05x10^{1}$	1,10	2,02	$1{,}03x10^{5}$
COBERTURAS	1	$3{,}04x10^{2}$	$5{,}76x10^{-5}$	1,60	$1{,}44x10^{-1}$	$2{,}90x10^{-1}$	$1{,}05x10^{4}$
	2	$2{,}03x10^{4}$	$9{,}37x10^{-4}$	$7{,}48x10^{1}$	7,72	7,88	$2{,}08x10^{5}$
	3	$1{,}45x10^{5}$	$1{,}64x10^{-1}$	$8{,}95x10^{2}$	$5{,}99x10^{1}$	$4{,}62x10^{1}$	$1{,}86x10^{6}$
TOTAL		**8,84**	**$2{,}53x10^{-6}$**	**$3{,}77x10^{-2}$**	**$3{,}10x10^{-3}$**	**$3{,}73x10^{-3}$**	**$9{,}77x10^{1}$**

Quadro F.3. Valores de referência dos impactes ambientais das soluções construtivas – unitários. (Departamento de Engenharia Civil 2009).

ELEMENTO		CATEGORIAS DE IMPACTE					
		GWP kg CO_2	**ODP** kg CFC-11	**AP** kg SO_2	**POCP** kg C_2H_4	**EP** kg PO_4	**FFDP** MJ eq
ESTRUTURA		$3{,}70x10^{2}$	$8{,}87x10^{-6}$	1,39	$1{,}32x10^{-1}$	$1{,}44x10^{-1}$	$3{,}10x10^{3}$
PISO TÉRREO	Suporte	$1{,}17x10^{2}$	$1{,}11x10^{-5}$	$3{,}99x10^{-1}$	$1{,}50x10^{-2}$	$6{,}83x10^{-2}$	$1{,}25x10^{3}$
	Revestimento	$5{,}59x10^{1}$	$6{,}47x10^{-6}$	$2{,}07x10^{-1}$	$1{,}11x10^{-2}$	$2{,}53x10^{-2}$	$1{,}01x10^{3}$
PISOS ELEVADOS	Suporte	$8{,}78x10^{1}$	$7{,}28x10^{-6}$	$2{,}66x10^{-1}$	$1{,}57x10^{-2}$	$4{,}90x10^{-2}$	$9{,}69x10^{2}$
	Revestimento	$6{,}53x10^{1}$	$7{,}26x10^{-6}$	$2{,}34x10^{-1}$	$1{,}22x10^{-2}$	$3{,}03x10^{-2}$	$1{,}11x10^{3}$
PAREDES EXTERIORES	Suporte	$1{,}27x10^{2}$	$1{,}07x10^{-4}$	$3{,}33x10^{-1}$	$1{,}67x10^{-2}$	$5{,}49x10^{-2}$	$1{,}34x10^{3}$
	Revestimento	1,12	$1{,}61x10^{-7}$	$7{,}08x10^{-3}$	$3{,}40x10^{-4}$	$1{,}49x10^{-3}$	$2{,}32x10^{1}$
PAREDES INTERIORES	Suporte	$1{,}27x10^{2}$	$1{,}07x10^{-4}$	$3{,}33x10^{-1}$	$1{,}67x10^{-2}$	$5{,}49x10^{-2}$	$1{,}34x10^{3}$
	Revestimento	1,12	$1{,}61x10^{-7}$	$7{,}08x10^{-3}$	$3{,}40x10^{-4}$	$1{,}49x10^{-3}$	$2{,}32x10^{1}$
COBERTURAS	Suporte	$1{,}27x10^{2}$	$1{,}07x10^{-4}$	$3{,}33x10^{-1}$	$1{,}67x10^{-2}$	$5{,}49x10^{-2}$	$1{,}34x10^{3}$
	Revestimento	1,12	$1{,}61x10^{-7}$	$7{,}08x10^{-3}$	$3{,}40x10^{-4}$	$1{,}49x10^{-3}$	$2{,}32x10^{1}$

Quadro F.4. Valores de referência dos impactes ambientais das soluções construtivas – totais. Têm em consideração a área útil de pavimento do edifício em estudo.

ELEMENTO		CATEGORIAS DE IMPACTE					
		GWP kg CO_2	**ODP** kg CFC-11	**AP** kg SO_2	**POCP** kg C_2H_4	**EP** kg PO_4	**FFDP** MJ eq
ESTRUTURA		$3{,}85x10^{8}$	9,22	$1{,}45x10^{6}$	$1{,}37x10^{5}$	$1{,}50x10^{5}$	$3{,}22x10^{9}$
PISO TÉRREO	Suporte	$5{,}77x10^{4}$	$5{,}48x10^{-3}$	$1{,}97x10^{2}$	7,40	$3{,}37x10^{1}$	$6{,}17x10^{5}$
	Revestimento	$2{,}76x10^{4}$	$3{,}19x10^{-3}$	$1{,}02x10^{2}$	5,48x10	$1{,}25x10^{1}$	$4{,}98x10^{5}$
PISOS ELEVADOS	Suporte	$8{,}20x10^{4}$	$6{,}80x10^{3}$	$2{,}48x10^{2}$	$1{,}47x10^{1}$	$4{,}57x10^{1}$	$9{,}05x10^{5}$
	Revestimento	$6{,}10x10^{4}$	$6{,}78x10^{-3}$	$2{,}18x10^{2}$	$1{,}14x10^{1}$	$2{,}83x10^{1}$	$1{,}04x10^{6}$
PAREDES EXTERIORES	Suporte	$1{,}13x10^{5}$	$9{,}55x10^{-2}$	$2{,}97x10^{2}$	$1{,}49x10^{1}$	$4{,}90x10^{1}$	$1{,}20x10^{6}$
	Revestimento	$9{,}99x10^{2}$	$1{,}44x10^{-4}$	6,32	$3{,}03x10^{-1}$	1,33	$2{,}04x10^{4}$
PAREDES INTERIORES	Suporte	$1{,}54x10^{5}$	$1{,}30x10^{-1}$	$4{,}04x10^{2}$	$2{,}03x10^{1}$	$6{,}66x10^{1}$	$1{,}63x10^{6}$
	Revestimento	$1{,}36x10^{3}$	$1{,}95x10^{-4}$	8,60	$4{,}13x10^{-1}$	1,81	$2{,}82x10^{4}$
COBERTURAS	Suporte	$7{,}56x10^{4}$	$6{,}37x10^{-2}$	$1{,}98x10^{2}$	9,94	$3{,}27x10^{1}$	$7{,}98x10^{5}$
	Revestimento	$6{,}67x10^{2}$	$9{,}58x10^{-5}$	4,21	$2{,}02x10^{-1}$	$8{,}87x10^{-1}$	$1{,}38x10^{4}$
TOTAL - PRATICA CONVENCIONAL		**$5{,}14x10^{3}$**	**$1{,}27x10^{-4}$**	**$1{,}93x10^{1}$**	**1,83**	**2,00**	**$4{,}31x10^{4}$**
MELHOR PRÁTICA		**$1{,}28x10^{3}$**	**$3{,}18x10^{-5}$**	**4,82**	**$4{,}58x10^{-1}$**	**$5{,}00x10^{-1}$**	**$1{,}08x10^{4}$**

Quadro F.5. Cálculos auxiliares para verificação do parâmetro ***P10 – Percentagem em peso de conteúdo reciclado do edifício.***

TIPO DE PRODUTO/ MATERIAL	PRODUTO/ MATERIAL	CONTEÚDO EM MASSA (% DA MASSA)			VALOR NORM. [A]	QUANTIDADE (ton)	=[A] X [B]
		BENCHMARKS		MATERIAL UTILIZADO			
		CONV.	MELHOR				
ARGAMASSA	Dose convencional	3	70	3,0	0,00	65,18	0,00
AÇO	Aço 100% reciclado	80	100	100,0	1,00	40,0	0,18
BETÃO	Armado *in situ* C30 ou superior	24	44	24,0	0,00	897,78	0,00
ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO	EPS	0	25	0	0,00	3,07	0,00
	XPS	0	25	0,1	0,00	0,87	0,00
	Lã de vidro	30	80	30	0,00	39,62	0,00
	Polietileno	1	4	1	0,00	0,22	0,00
	Betuminosas	18	98	90	0,90	2,32	2,09
	Fibras de celulose	80	100	80	0,00	0,29	0,00
REVESTIMENTO DE PAREDES E TECTOS	Cerâmicos	0	20	5	0,25	3,66	0,92
	Alumínio	73	72	25,0	48,00	6,32	303,56
PAVIMENTOS	Linóleo	5	37	37	1,00	2,35	2,35
	vinílo	0	100	40	0,40	0,63	0,25
	Pavimento lajetas betão	3	75	3	0,00	50,36	0,00
	Aglomerado madeira	50	95	95	1,00	8,13	8,13
	Gesso cartonado	36	98	36	0,00	8,48	0,00
TIJOLOS	Tijolo cerâmico	0	30	5	0,17	300,16	50,03
VIDRO	Envidraçados	0	10	0	0,00	79,43	0,08
					SOMATÓRIO	**1651,12**	**407,41**

Quadro F.6. Cálculos auxiliares para verificação do parâmetro ***P14 – Volume anual de água consumido <u>per capita</u> no interior do edifício.***

DISPOSITIVO DE UTILIZAÇÃO	TIPO DE DISPOSITIVO	CONSUMO P/UTILIZAÇÃO (L)	PROPORÇÃO NO EDIFÍCIO (SOMA=1)	Nº UTILIZAÇÕES POR ANO	Nº UTILIZAÇÕES/ DIA.OCUPANTE	VOLUME DE AGUA CONS. (m^3/OCUP.ANO)
BACIAS DE RETRETE	Descarga 3 e 6 l	4	0,67	261	6	4,20
	Descarga 4 l	4	0,33	261	6	2,07
TORNEIRAS	C/ arejador	0,5	1	261	10	1,30
LAVA-LOUÇA	Torneira c/ arejador	6	1	261	1	1,57
					P_{CA} (m^3/ocup.ano)	**9,14**

Ilustração F.1. Relatório de simulação do software Solterm para cálculo do parâmetro ***P8 Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis.***

```
                                relatório_energético.txt
-------------------------------------------------------------------------------

        SolTerm 5.0

        Licenciado      a       Armando Oliveira
(Faculdade      de      Engenharia      da      Universidade    do      Porto)

        Estimativa      de      desempenho      de      sistema solar   térmico
-------------------------------------------------------------------------------

        Campo   de      colectores
-------------------------------------------------------------------------------

        Modelo  de      colector:       CPC     AO      SOL
        Tipo:   CPC
        Concentração:   1       2x
        Ângulo  de      aceitação:      1°
        Ângulo  de      truncatura:1    °
        Orientação      do      eixo    do      CPC:    NS
        8       módulos (15     8       m²)
        Inclinação      45°     -       Azimute Sul

        Coeficiente     de      perdas  térmicas:       a1=     4       690     W/m²/K

        Rendimento      óptico: 74      9%

        Modificador     de      ângulo: a       0°      5°      10°     15°     20°     25°
30°     35°     40°
        1       0       1       1       1       1       1       2       1       2       1
2       1       1       1       1       1       0

        a       45°     50°     55°     60°     65°     70°     75°     80°     85°     90°
        0       98      0       95      0       92      0       89      0       86      0
81      0       71      0       52      0       0       0       0
-------------------------------------------------------------------------------

        Permutador
-------------------------------------------------------------------------------

        Interno ao      depósito        tipo    serpentina      com     eficácia        55%

        Caudal  no      grupo   painel/permutador:      45      3       l/m²    por     hora
(=0     20      l/s)

                                        Page 1
```

Ilustração F.1. Relatório de simulação do software Solterm para cálculo do parâmetro ***P8 Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis.*** *(continuação)***.**

relatório_energético.txt

Depósito

Modelo: 1000 l

Volume: 1000 l

Área externa: 10 0 m²

Material: médio condutor de calor

Posição vertical

Deflectores interiores

Coeficiente de perdas térmicas: 8 94 W/K

Um conjunto depósito/permutador

Tubagens

Comprimento total: 70 0 m

Percurso no exterior: 17 5 m com protecção mecânica

Diâmetro interno: 37 0 mm

Espessura do tubo metálico: 3 0 mm

Espessura do isolamento: 36 0 mm

Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K

Condutividade térmica do isolamento: 0 30 W/m/K

Carga térmica: segunda a sexta

---

solar XXI

Temperatura nominal de consumo: 50°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Page 2

Ilustração F.1. Relatório de simulação do software Solterm para cálculo do parâmetro ***P8 Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis.*** *(continuação)***.**

relatório_energético.txt

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
12	13	14	16	17	18	17	16	14	14	13	12

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19												
20												
21												
22												
23												
24												
diário	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Carga térmica: fim-de-semana

---

fds sem consumo

Page 3

Ilustração F.1. Relatório de simulação do software Solterm para cálculo do parâmetro ***P8 Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis.*** *(continuação)***.**

relatório_energético.txt

Temperatura nominal de consumo: 50°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
12	13	14	16	17	18	17	16	14	14	13	12

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
diário												

Localização posição e envolvente do sistema

Page 4

Ilustração F.1. Relatório de simulação do software Solterm para cálculo do parâmetro ***P8 Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis.*** *(continuação)***.**

relatório_energético.txt

Concelho de Lisboa

Coordenadas nominais: 38 7°N 9 2°W

TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (fonte: INETI - versão 2004)

Obstruções do horizonte: 3°(por defeito)

Orientação do painel: inclinação 45° - azimute 0°

Balanço energético mensal e anual

	Rad.Horiz.	Rad.Inclin.		Desperdiçado	Fornecido	Carga	Apoio
	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	
Janeiro	63	90	517	840	323		
Fevereiro		81	95	493	688	195	
Março	118	116	521	712	190		
Abril	156	131	572	672	100		
Maio	197	146	8	659	729	70	
Junho	207	144	554	595	41		
Julho	228	162	4	680	691	11	
Agosto	210	168	25	699	712	12	
Setembro		148	140	10	636	670	34
Outubro	107	120	703	795	93		
Novembro		73	99	525	731	206	
Dezembro		60	91	489	751	262	
Anual	1648	1501	46	7047	8586	1539	

Fracção solar: 82 1%

Rendimento global anual do sistema: 30% Produtividade: 445 kWh/[m² colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78 79 80/06)

Page 5

F.2. DIMENSÃO SOCIAL

Quadro F.7. Cálculos auxiliares para verificação do parâmetro ***P16 – Potencial de ventilação natural***.

RPH	(h^{-1})	0,6
$\mathbf{A_{HVC}}$	(m^2)	819,1
$\mathbf{A_{Htot}}$	(m^2)	981,5
$\mathbf{P_{AH}}$	(%)	83,45
$\mathbf{A_U}$	(m^2)	1518,2
$\mathbf{A_{VAOS\ EXT.}}$	(m^2)	264,78
$\mathbf{P_{A.EXT}}$	(%)	18,46

ONDE: **RPH** representa a taxa de renovação nominal de ar; $\mathbf{A_{HVC}}$ área correspondente a todos os compartimentos habitáveis atravessados por uma corrente de ar que circula entre duas fachadas paralelas, com comprimento até 5 vezes o pé-direito livre, e todos os compartimentos habitáveis com aberturas para o exterior em pelo menos duas fachadas contíguas que apresentem dimensões em planta inferiores a 4,5mx4,5m; $\mathbf{A_{Htot}}$ área habitável total; $\mathbf{P_{AH}}$ percentagem de área habitável; $\mathbf{A_U}$ área de pavimento útil; $\mathbf{A_{VAOS\ EXT}}$ área de aberturas para o exterior; $\mathbf{P_{A.EXT}}$ percentagem de aberturas para o exterior.

Quadro F.8. Cálculos auxiliares para verificação do parâmetro ***P19 – Média do Factor de Luz do Dia Médio*.**

	COMPARTIMENTO	M	W (m^2)	H	D	Tw	Hw	α	β	θ	T	R	A (m^2)	FLDM	$FLDM_{NORM}$
PISO 0	BAR	1,00	8,27	2,25	20,00	0,58	2,53	6,42	12,91	70,67	0,60	0,50	133,02	10,55	8,55
	GABINETES SUL (16,7)	1,00	4,43	2,25	20,00	0,58	2,53	6,42	12,91	70,67	0,60	0,50	92,70	8,10	3,55
	GABINETES SUL (16,7)	1,00	4,43	2,25	20,00	0,58	2,53	6,42	12,91	70,67	0,60	0,50	92,70	8,10	3,55
	GABINETES SUL (16,7)	1,00	4,43	8,75	60,00	0,58	2,53	8,30	12,91	68,79	0,60	0,50	92,70	7,89	3,44
	SALA MONITORIZAÇÃO	1,00	17,51	-	-	0,58	2,53	0,00	12,91	77,09	0,60	0,50	252,13	12,85	5,92
	SALA BOLSEIROS			7,75	2,70	0,29	3,00	70,79	5,52	13,69	0,70	0,50			
				8,75	93,00	0,29	0,50	5,37	30,11	54,51					
		1,00	15,00					38,08	17,82	34,10	0,70	0,50	313,01	4,58	1,79
	SALA POLIVALENTE	1,00	12,15	6,10	31,73	0,38	1,50	10,88	14,22	64,90	0,70	0,50	268,90		
				7,75	2,70	0,38	2,50	70,79	8,64	10,56					
		1,00	12,15					40,84	11,43	37,73	0,70	0,50	268,90	4,77	1,89
PISO 1	GABINETES SUL (16,7)	1,00	4,43	0,00	20,00	0,58	2,53	0,00	12,91	77,09	0,60	0,50	92,70	8,84	3,92
	GABINETES SUL (16,7)	1,00	4,43	5,25	60,00	0,58	2,53	5,00	12,91	72,09	0,60	0,50	92,70	8,26	3,63
	GABINETES SUL (16,7)	1,00	4,43	5,25	60,00	0,58	2,53	5,00	12,91	72,09	0,60	0,50	92,70	8,26	3,63
	GABINETES SUL (16,7)	1,00	4,43	5,25	60,00	0,58	2,53	5,00	12,91	72,09	0,60	0,50	92,70	8,26	3,63
	SALA DE REUNIÕES			0,00	20,00	0,58	2,53	0,00	12,91	77,09	0,60	0,50			
				5,39	1,75	0,30	1,75	72,01	9,73	8,26	0,70	0,50			
		1,00	14,11					36,01	11,32	42,67	0,65	0,50	161,91	9,67	4,33
	SALA DIRECÇÃO	1,00	8,86	5,25	60,00	0,58	2,53	5,00	12,91	72,09	0,60	0,50	149,00	10,28	4,64
	SALA DE REUNIÕES	1,00	4,43	5,25	60,00	0,58	2,53	5,00	12,91	72,09	0,60	0,50	62,60	12,24	5,62
	SALA DE REUNIÕES	1,00	8,65	5,25	60,00	0,58	2,53	5,00	12,91	72,09	0,60	0,50	127,70	11,72	5,36

Quadro F.8. Cálculos auxiliares para verificação do parâmetro ***P19 – Média do Factor de Luz do Dia Médio*** (continuação).

	COMPARTIMENTO	M	W (m^2)	H	D	Tw	Hw	α	β	θ	T	R	A (m^2)	FLDM	$FLDM_{NORM}$
	SALA DESENHO E COMPUTADORES			3,95	2,70	0,29	3,00	55,65	5,52	28,83	0,70	0,50			
				4,95	93,00	0,29	0,50	3,05	30,11	56,84					
		1,00	15,00					29,35	17,82	42,84	0,70	0,50	313,01	5,75	2,37
	AUDITÓRIO	1,00	12,15	2,30	31,73	0,38	1,50	4,15	14,22	71,64	0,70	0,50	268,90		
				3,95	2,70	0,38	2,50	55,65	8,64	25,71					
		1,00	12,15					29,90	11,43	48,67	0,70	0,50	268,90	6,16	2,58
PISO -1	ECOMATO (15,4)	1,00	0,00			0,33				0,00	0,00	0,50	84,28	0,00	-0,50
	ECOMATO (16)	1,00	0,00			0,33				0,00	0,00	0,50	85,48	0,00	-0,50
	ECOMATO (16)	1,00	0,00			0,33				0,00	0,00	0,50	85,48	0,00	-0,50
	ECOMATO (16)	1,00	0,00			0,33				0,00	0,00	0,50	85,48	0,00	-0,50
	SALA CALDEIRA	1,00	0,00			0,33				0,00	0,00	0,50	204,81	0,00	-0,50
	LAB. TUNEL DE VENTO			1,25	2,00	0,38	2,50	32,01	8,64	49,35					
				0,75	2,00	0,33	1,50	20,56	12,41	57,04					
		1,00	16,50			0,36	2,00	26,28	10,53	53,19	0,60	0,50	318,93	6,60	4,60
	LAB. BIOMASSA			1,25	2,00	0,38	2,50	32,01	8,64	49,35	0,70	0,50			
				0,75	2,00	0,33	1,50	20,56	12,41	57,04					
		1,00	16,50					26,28	10,53	49,35	0,70	0,50	285,85	7,98	5,98
												SOMATÓRIO	**4387,14**	**160,85**	**76,49**

Quadro F.9. Factores tidos em conta na quantificação do parâmetro ***P21 - índice de acessibilidade a transportes públicos.***

LINHA DE AUTOCARRO	D_{TPi} (m)	T_{Pi} (min)	nj	T_{Ej} (min)	F_{EEEj} (min^{-1})	I_{At}
3	6	0,075	24	5	4,24	
78	400	5	12	10	1,76	6,00
768	400	5	12	10	1,76	

ONDE: D_{TPi} é a distância da paragem à porta do LNEG; T_{Pi} tempo de percurso até à paragem considerando uma velocidade média de um peão de 80 m/min ; n_j número de serviços que partem ou chegam nas horas de ponta; T_{Ej} tempo de espera; F_{EEEj} Frequência Equivalente à entrada do edifício; I_{At} índice de acessibilidade.

Quadro F.10. Distâncias e respectivos créditos atribuídos a cada amenidade em função da sua classe, para quantificação do parâmetro ***P22 - índice de acessibilidade a amenidades em função da classe e distância.***

	AMENIDADE	DISTÂNCIA REAL (m)	DISTANCIA CONSIDERADA (m)	CRÉDITOS
CLASSE 1	Café/snack bar	300	300	9
	Espaços públicos exteriores	1400	1500	4
	Mercearia	1400	1500	4
	Talho	1400	1500	4
CLASSE 2	Banco/ caixa ATM	1200	1500	3
	Escola primária	900	1000	5
	Estação correios	1600	2000	2
	Farmácia	500	500	6
	Parque infantil	-	-	0
CLASSE 3	Centro comercial	1800	2000	2
	Centro desportivo	1600	1600	2
	Centro médico	600	1000	3
	Centro recreativo	600	1000	3
	Local de oração	1300	1500	2
	Outros serviços	1500	1500	2
	Restaurante	500	500	4

F.3. DIMENSÃO ECONÓMICA

Quadro F.11. Valores necessários ao cálculo do parâmetro ***P25 - Custo de Utilização.***

DESCRIÇÃO		VALOR	DESCRIÇÃO		VALOR
Ni	kWh/m^2.ano	51,2	**i**	%	1,37
Nv	kWh/m^2.ano	18	**n**	ano	50
Na	kWh/m^2.ano	18,45	$\mathbf{T_a}$	€/kWh	0,043
$\mathbf{N_{ic}}$	kWh/m^2.ano	7	$\mathbf{T_i}$	€/kWh	0,043
$\mathbf{N_{vc}}$	kWh/m^2.ano	6,7	$\mathbf{T_v}$	€/kWh	0,097
$\mathbf{N_{ac}}$	kWh/m^2.ano	10,7	$\mathbf{T_{EE}}$	€/ kWh	0,097
ηi	%	0,87	$\mathbf{T_{GPL}}$	€/ kg	0,0423
ηv	%	3	$\mathbf{P_{CA}}^*$	m^3/ocup.ano	9,1
$\mathbf{T_{AP}}$	€/m^3	1,39	$\mathbf{P_{CA*}}$	m^3/ocup.ano	15,9
$\mathbf{T_{AR}}$	€/ano	0,033	$\mathbf{P_{CA}}$	m^3/ocup.ano	9,135
$\mathbf{T_{RS}}$	€/ano	0,0125	$\mathbf{P_{RCA}}^*$	%	45,94
n. ocup.		50	$\mathbf{P_{RCA*}}$	**%**	0
$\mathbf{A_p}$	m^2	1434,087	$\mathbf{P_{RCA}}$	%	0
$\mathbf{CI_{PC}}$	€/m^2.ano	900			

Ni – necessidades anuais de energia para aquecimento, limite máximo aplicável; *fonte:(Gonçalves 2009);*

Nv – necessidades anuais de energia para arrefecimento, limite máximo aplicável; *fonte:(Gonçalves 2009);*

Na – necessidades anuais de energia para preparação de AQS, limite máximo aplicável, calculado segundo RCCTE, tendo em conta o consumo de água de referencia obtido do parâmetro ***P14***;

Niv - necessidades anuais de energia para aquecimento no Solar XXI; *fonte:(Gonçalves 2009);*

Nvc - necessidades anuais de energia para arrefecimento no Solar XXI; *fonte:(Gonçalves 2009);*

Nac - necessidades anuais de energia para preparação de AQS, tendo em conta os cálculos do ***P8****;*

ηi – eficiência nominal de referencia para equipamento utilizado para aquecimento; *fonte: (Departamento de Engenharia Civil 2009);*

ηv – eficiência nominal de referencia para equipamento utilizado para arrefecimento; *fonte: (Departamento de Engenharia Civil 2009);*

T_{AP} – tarifa de água potável do sistema público de abastecimento. Valor obtido para edifícios do estado em Lisboa; *fonte: [www.epal.pt];*

T_{AR} – custo anual correspondente à drenagem das águas residuais. Na ausência do valor para edifícios do estado em Lisboa utilizou o valor referente a um consumo residencial na cidade de Vila Nova de Gaia; *fonte: Águas de Gaia;*

T_{RS} – custo anual correspondente à recolha de resíduos sólidos urbanos. Na ausência do valor para edifícios do estado em Lisboa utilizou o valor referente a um consumo residencial na cidade de Vila Nova de Gaia; *fonte: Águas de Gaia;*

n. ocup. – número de referência de ocupantes do Solar XXI tendo em conta uma ocupação de 30 m^2/ocupante

CI_{PC} – custo de investimento da prática corrente; *fonte: (Joyce 2007)*

i – taxa euribor a 12 meses; *fonte [www.euribor.org] a 29 de Julho de 2009*

n – duração prevista para o ciclo de vida do edifício; *fonte: (Departamento de Engenharia Civil 2009);*

Ti, Ta, Tv – Custo anual de 1kWh de electricidade, e gás natural, utilizados respectivamente no equipamento do sistema de aquecimento ambiente, preparação de AQS e sistema de arrefecimento; *fonte: [www.edp.pt] e [www.edpgas.com];*

T_{EEE} – custo de 1kWh de electricidade na tarifa correspondente; *fonte: [www.edp.pt];*

T_{GPL} – custo do gás natural, sem substituição do custo para 1kg de gás propano; *fonte: [www.edpgas.com]*

P_{CA}^{*}, P_{CA*}, P_{CA}, - Consumo de água potável para melhor prática, prática corrente e solução de estudo, respectivamente, obtidas no ***P14;***

P_{RCA}^{*}, P_{RCA*}, P_{RCA}, - Percentagem de redução do consumo de água potável respectivamente para melhor prática, prática corrente e solução em estudo, obtidos no ***P15***;

Quadro F.12. Cálculos auxiliares para verificação do parâmetro ***P25 - Custo de Utilização.***

MELHOR PRÁTICA		
$\mathbf{CE_{PC}}$	€/m^2·ano	0,61
$\mathbf{CE_{PM}}$	€/m^2·ano	0,15
$\mathbf{V_{AMP}}$	m^3/m^2·ano	0,15
$\mathbf{CA_{PM}}$	€/m^2·ano	0,25
$\mathbf{RA_{PM}}$	€/m^2·ano	0,4

PRÁTICA CORRENTE		
$\mathbf{V_{APC}}$	m^3/m^2·ano	0
$\mathbf{CA_{PC}}$	€/m^2·ano	0,046
$\mathbf{RA_{PC}}$	€/m^2·ano	0,65
$\mathbf{V_{APC}}$	m^3/m^2·ano	0
$\mathbf{CA_{PC}}$	€/m^2·ano	0,046

SOLUÇÃO EM ESTUDO		
$\mathbf{CE_{SE}}$	€/m^2·ano	0,52
$\mathbf{V_{ASE}}$	m^3/m^2·ano	0
$\mathbf{CA_{SE}}$	€/m^2·ano	0,046
$\mathbf{RA_{SE}}$	€/m^2·ano	0,56

CE_{PC}, CE_{PM}, CE_{SE} – Custo anual associado ao perfil de consumo convencional, da melhor prática e da solução em estudo, calculado segundo *(Departamento de Engenharia Civil 2009);*

V_{AMP}, V_{APC}, V_{ASE}, - Volume anual total de água potável consumida na melhor prática, prática convencional e solução em estudo, calculado segundo *(Departamento de Engenharia Civil 2009);*

CA_{PC}, CA_{PM}, CA_{SE} – Custo anual do consumo de água potável e da produção de águas residuais e RSU, para prática corrente, melhor prática e solução em estudo, calculado segundo *(Departamento de Engenharia Civil 2009);*

RA_{PC}, RA_{PM}, RA_{SE} – somatório de CE e CA, da solução correspondente, melhor prática, prática convencional e solução em estudo, calculado segundo *(Departamento de Engenharia Civil 2009).*

G. LINHAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS QUE SERVEM O SOLAR XXI

Percurso | Horário

Charneca → Bº. Sta. Cruz

3

Tempo aproximado em minutos

Charneca

- Campo Amoreiras
- Igreja Charneca
- Estr. S. Bartolomeu
- Vale Castanheira
- Av. Nuno Kruz Abecassis
- Az. S. Gonçalo
- *Ameixoeira*
- Ameixoeira (Metro)
- Az. Cidade
- *Lumiar*
- Lumiar / Av. Padre Cruz
- Igreja Lumiar
- Estr. Lumiar
- Lg. Paço
- Paço Lumiar
- Az. Torre Fato
- *INETI*
- B.º Horta Nova
- Qta. Inglesinhos
- R. Padre Américo
- Esc. Sec. Carnide
- Lg. Luz
- Igreja Carnide
- Qta. Luz
- *Colégio Militar (Metro)*
- Calhariz
- Esc. Pedro Santarém
- Estr. Benfica / Av. Gomes Pereira
- R. Morais Sarmento
- *Estação Benfica*
- R. Venezuela
- Estação Sta. Cruz

Bº Sta. Cruz

Dias úteis - Inverno

1ª. viagem: ***06:06*** *- última viagem:* ***00:30***

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		05	10	04	06	13	01	05	09	13	01	05	00	06	10	11	03	18	00	00	
		20	22	15	16	29	17	21	25	29	17	21	11	17	25	28	20	39	30	30	
		35	34	25	27	45	33	37	41	45	33	37	22	29	40	45	37				
		47	44	35	37		49	53	57		49	49	33	41	55		57				
		58	54	45	47								44	55							
				56	57								55								

da Charneca para o Calhariz

Dias úteis - Verão

1ª. viagem: ***06:06*** *- última viagem:* ***00:30***

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		05	00	09	09	13	01	05	09	13	01	05	03	08	08	11	03	18	00	00	
		20	12	21	21	29	17	21	25	29	17	21	16	22	24	28	20	39	30	30	
		35	23	33	33	45	33	37	41	45	33	37	29	36	40	45	37				
		47	34	45	45		49	53	57		49	50	42	52	55		57				
			45	57	57								55								
			57																		

da Charneca para o Calhariz

Sábados

1ª. viagem: ***06:22*** *- última viagem:* ***00:30***

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		20	00	08	14	08	02	14	10	10	10	10	10	11	14	17	03	11	00	00	
		40	18	24	32	26	20	32	30	30	30	30	30	32	35	40	25	35	30	30	
			35	40	50	44	38	50	50	50	50	50	50	53	55		48				
			52	56			56														

da Charneca para o Calhariz

Domingos e Feriados

1ª. viagem: ***06:45*** *- última viagem:* ***00:30***

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		45	10	00	15	05	10	10	10	10	10	10	10	11	14	17	03	11	00	00	
			35	25	40	30	30	30	30	30	30	30	30	32	35	40	25	35	30	30	
				50		50	50	50	50	50	50	50	50	53	55		48				

da Charneca para o Calhariz

Dias úteis - Férias Escolares

1ª. viagem: ***06:06*** *- última viagem:* ***00:30***

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		05	10	07	02	13	01	05	09	13	01	05	01	01	10	11	03	18	00	00	
		20	22	18	13	29	17	21	25	29	17	21	13	14	25	28	20	39	30	30	
		35	34	29	24	45	33	37	41	45	33	37	25	27	40	45	37				
		47	45	40	35		49	53	57		49	49	37	40	55		57				
		58	56	51	46								49	55							
					57																

da Charneca para o Calhariz

Dias úteis - Agosto

1ª. viagem: ***06:06*** *- última viagem:* ***00:30***

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		05	00	09	09	15	09	03	15	09	03	15	00	06	08	11	03	18	00	00	
		20	12	21	21	33	27	21	33	27	21	33	13	21	24	28	20	39	30	30	
		35	23	33	33	51	45	39	51	45	39	46	26	36	40	45	37				
		47	34	45	45			57			57		39	52	55		57				
			45	57	57								53								
			57																		

da Charneca para o Calhariz

Para mais informações contacte: 213 613 000
linha.aberta@carris.pt ou www.carris.pt

carris

ICL/003/06007/4

Percurso | Horário

Campo Grande → Paço Lumiar

78

Tempo aproximado em minutos

Campo Grande (Metro)

Inst. Ricardo Jorge

5

R. Prof. Fernando Fonseca

R. Prof. Francisco Gentil (Metro)

Telheiras

R. Prof. João Barreira

R. Prof. Queirós Veloso

6

Alto Faia Sul

R. Prof. Prado Coelho

R. Frederico George

Alto Faia

R. Fernando Lopes Graça

4

R. Fernando Mello Moser

R. Prof. Orlando Ribeiro

Paço Lumiar

Intervalos / Horas de passagem nesta paragem

Dias úteis - Inverno

1ª. viagem: ***06:15*** *- última viagem:* ***21:15***

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		15	14	15	20	00	00	00	00	00	00	00	03	09	14	15	15				
		45	34	37	40	20	20	20	20	20	20	20	25	31	34	45					
			54	59		40	40	40	40	40	40	41	47	53	54						

Dias úteis - Verão

1ª. viagem: ***06:15*** *- última viagem:* ***21:15***

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		15	14	15	20	00	00	00	00	00	00	00	03	09	14	15	15				
		45	34	37	40	20	20	20	20	20	20	20	25	31	34	45					
			54	59		40	40	40	40	40	40	41	47	53	54						

Sábados

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1

Não funciona

Domingos e Feriados

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1

Não funciona

Dias úteis - Férias Escolares

1ª. viagem: ***06:15*** *- última viagem:* ***21:15***

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		15	14	15	20	00	00	00	00	00	00	00	03	09	14	15	15				
		45	34	37	40	20	20	20	20	20	20	20	25	31	34	45					
			54	59		40	40	40	40	40	40	41	47	53	54						

Dias úteis - Agosto

1ª. viagem: ***06:15*** *- última viagem:* ***21:15***

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		15	14	15	20	00	00	00	00	00	00	00	03	09	14	15	15				
		45	34	37	40	20	20	20	20	20	20	20	25	31	34	45					
			54	59		40	40	40	40	40	40	41	47	53	54						

Para mais informações contacte: 213 613 000
linha.aberta@carris.pt ou www.carris.pt

carris

ICL/078/05809/0

Percurso | Horário

Cid. Universitária → Qta. Olival

SERVIÇO CERTIFICADO certif

768

Tempo aproximado em minutos

- **Cidade Universitária**
- Hosp. Sta. Maria
- 10 — Universidade Católica
- Palma
- Estr. Laranjeiras
- *Sete Rios*
- Estr. Benfica (Furnas)
- R. Duarte Galvão
- B.º Novo
- S. Domingos Benfica
- 12 — Alto Moinhos (Metro)
- R. João Freitas Branco
- R. Soeiros
- Estr. Luz / R. Soeiros
- Colégio Militar
- *Lg. Luz*
- Carnide
- Carnide (Metro)
- 5 — Estação Pontinha
- Pontinha (Metro)
- *Pontinha*
- Mal Penteada
- Estr. Militar (Escorpiões)
- 8 — Serra Luz
- R. Rio Minho
- *Cemitério Carnide*
- Vale Forno
- 3 —
- **Qta. Olival**

Intervalos / Horas de passagem nesta paragem

Dias úteis - Inverno

1ª. viagem: **06:00** - última viagem: **21:10**

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		00	00	00	06	01	17	16	16	16	14	11	01	07	13	10	10				
		20	15	16	23	20	36	36	36	36	33	29	17	24	29	30					
		40	30	33	42	39	56	56	56	55	52	45	34	40	50	50					
			45	49		58							51	57							

nº. a vermelho para o Cemitério Carnide

Dias úteis - Verão

1ª. viagem: **06:00** - última viagem: **21:10**

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		00	00	00	06	01	17	16	16	16	14	11	01	07	13	10	10				
		20	15	16	23	20	36	36	36	36	33	29	17	24	29	30					
		40	30	33	42	39	56	56	56	55	52	45	34	40	50	50					
			45	49		58							51	57							

nº. a vermelho para o Cemitério Carnide

Sábados

1ª. viagem: **06:10** - última viagem: **21:10**

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		10	10	14	00	09	18	04	13	22	08	17	03	12	21	06	10				
		30	30	37	23	32	41	27	36	45	31	40	26	35	44	27					
		50	51		46	55		50	59		54		49	58		49					

de Cidade Universitária para Cemitério Carnide

Domingos e Feriados

1ª. viagem: **06:10** - última viagem: **21:10**

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		10	10	10	01	09	18	04	13	22	08	17	03	12	21	06	10				
		40	40	40	23	32	41	27	36	45	31	40	26	35	44	27					
					46	55		50	59		54		49	58		49					

de Cidade Universitária para Cemitério Carnide

Dias úteis - Férias Escolares

1ª. viagem: **06:00** - última viagem: **21:10**

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		00	00	00	06	01	17	16	16	16	14	11	01	07	13	10	10				
		20	15	16	23	20	36	36	36	36	33	29	17	24	29	30					
		40	30	33	42	39	56	56	56	55	52	45	34	40	50	50					
			45	49		58							51	57							

nº. a vermelho para o Cemitério Carnide

Dias úteis - Agosto

1ª. viagem: **06:00** - última viagem: **21:10**

4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
		00	00	00	06	01	17	16	16	16	14	11	01	07	13	10	10				
		20	15	16	23	20	36	36	36	36	33	29	17	24	29	30					
		40	30	33	42	39	56	56	56	55	52	45	34	40	50	50					
			45	49		58							51	57							

nº. a vermelho para o Cemitério Carnide

Rede 7

Para mais informações contacte: 213 613 000
linha.aberta@carris.pt ou www.carris.pt

carris

ICL/768/13511/1

H. CERTIFICADO DE SUSTENTABILIDADE

Certificado
de Sustentablidade

Nº Certificado 123 - 2009

SBTOOL pt
ferramenta para a construção sustentável

1 – IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO

Foto (alçado principal)

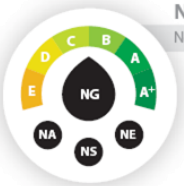
TIPO: (x) Edif. Serviços ( ) Edif. habitação

MORADA/SITUAÇÃO:
Rua/Avenida/Praça: Estrada Paço do Lumiar, 22
Localidade: Lisboa
Freguesia: Lumiar
Concelho: Lisboa Código Postal: 1649/038, Lisboa
Imóvel inscrito na _____ Conservatória do Registo Predial de _____
Sob o nº ___. Art. Matricial nº _____.

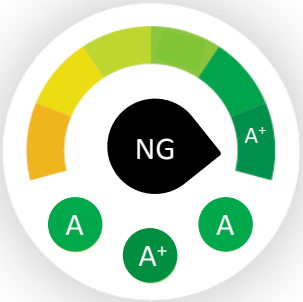
2- ETIQUETA DE SUSTENTABILIDADE

Desempenho ao nível de cada dimensão
Nota Global (NG)

Legenda da ferramenta SBTOOLpt



NG	NA	NS	NE
Nota Global	Nota Ambiental	Nota Social	Nota Económica
	- Alterações climáticas e qualidade do ar exterior - Biodiversidade - Energia - Materiais e resíduos sólidos - Água	- Saúde e conforto dos utilizadores - Acessibilidade - Sensibilidade e educação para a sustentabilidade	- Custos de ciclo de vida



NG
Nota Global

3- DESAGREGAÇÃO DO DESEMPENHO POR CADA CATEGORIA

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
A+	●			●		●	●		
A									●
B									
C		●	●		●				
D									
E									

Legenda

NA	C1 Alterações climáticas e qualidade do ar exterior
	C2 Biodiversidade
	C3 Energia
	C4 Materiais e resíduos sólidos
	C5 Água
NS	C6 Saúde e conforto dos utilizadores
	C7 Acessibilidade
	C8 Sensibilidade e educação para a sustentabilidade
NE	C9 Custos de ciclo de vida

Nome do responsável pela emissão do certificado

Perito nº

Data de emissão

ENTIDADE SUPERVISORA

Laboratório de Física e Tecnologia das Construções
da Universidade do Minho

APOIO THINK ENERGY ECOCHOICE

ESPECIMEN SEM VALIDADE