

Alterações climáticas e influência no desempenho de hotéis

Armando Pinto, LNEC

16º Seminário de outono, AVAC&R na reabilitação de edifícios

Lisboa, 19 de novembro de 2015



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



AdaPT A : T
AdaPTação às
Alterações Climáticas
no setor do Turismo

Sumário

1. Alterações climáticas
2. Estimativa do impacte das AC no desempenho de hotéis nas vertentes consumo de energia e de água
3. Projeto AdaPT
 1. Metodologia
 2. Alguns resultados

1 – Avaliação do impacto das alterações climáticas (AC)

A avaliação do impacto das alterações climáticas e desenvolvimento de estratégias de adaptação requer o estudo das vulnerabilidades e do risco face às variáveis climáticas.

O aumento da temperatura e o stress hídrico são críticos para a qualidade do serviço e para os custos de exploração.

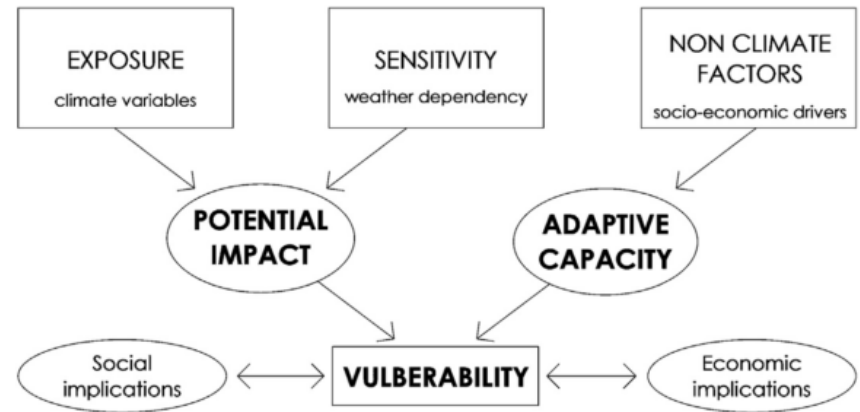
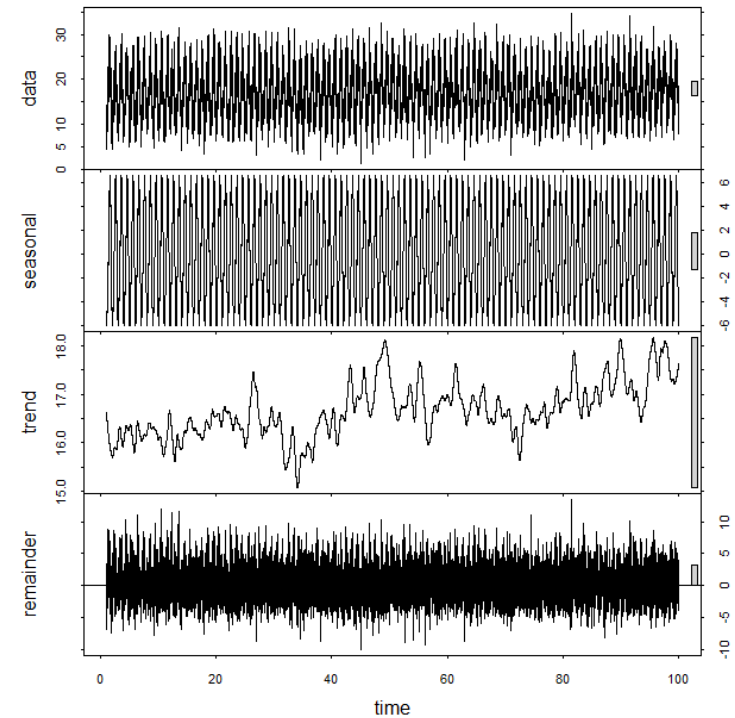
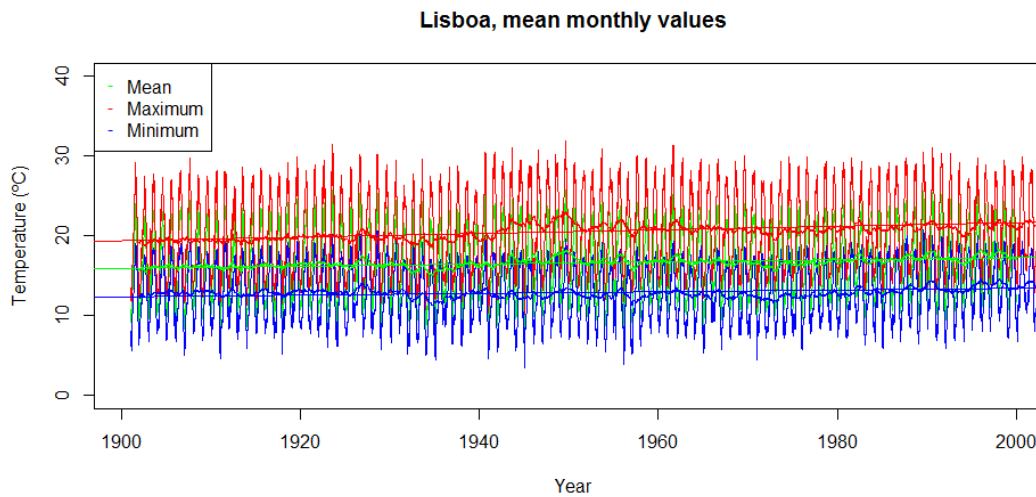
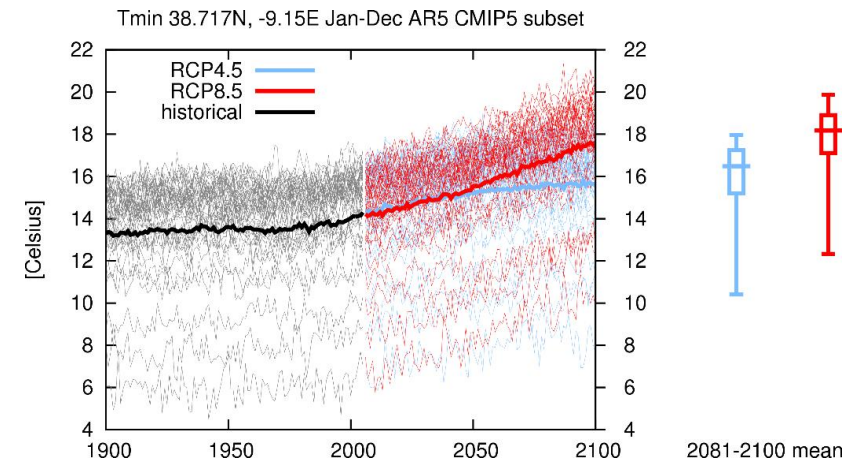
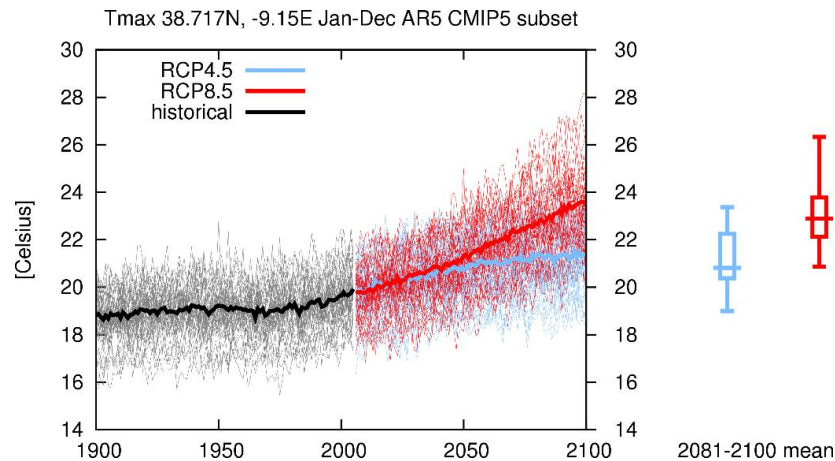
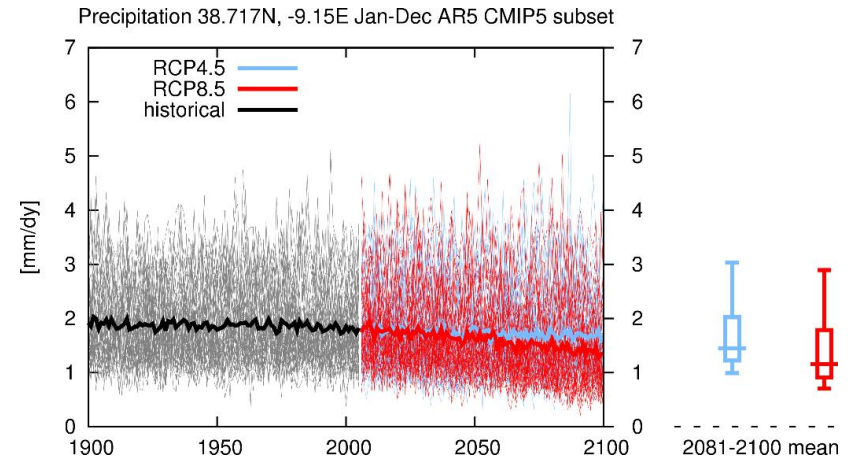
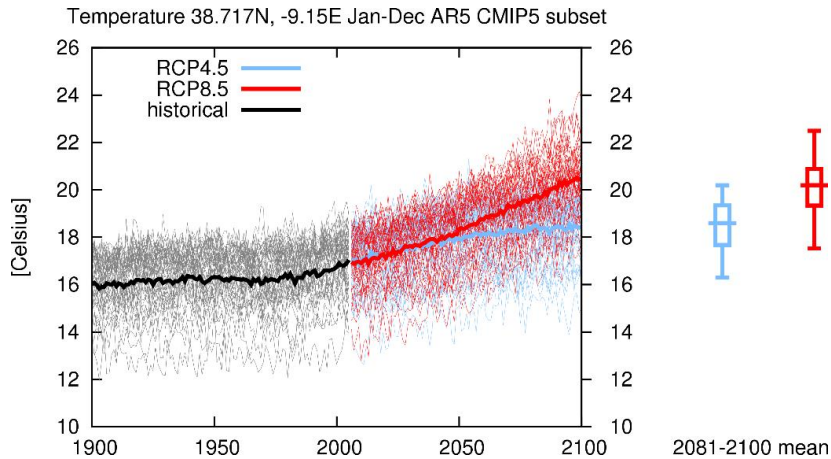


Fig. 2. Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme (CIVAS) methodology [34].

1 – Dados meteorológicos



1 – Alterações climáticas: Lisboa



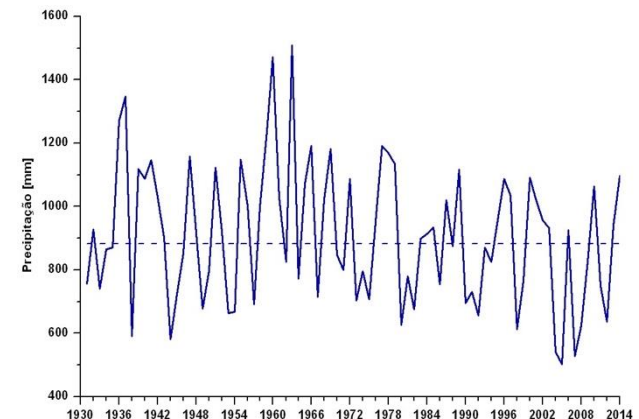
1 - Alterações observadas no clima atual

Temperatura

- **Aumento** das ondas de calor e **dos dias muito quentes** ($T_x \geq 35^\circ\text{C}$);
- **Aumento** das **noites quentes** em todas as estações do ano, em particular no Verão;
- **Diminuição** dos dias frios.

Precipitação

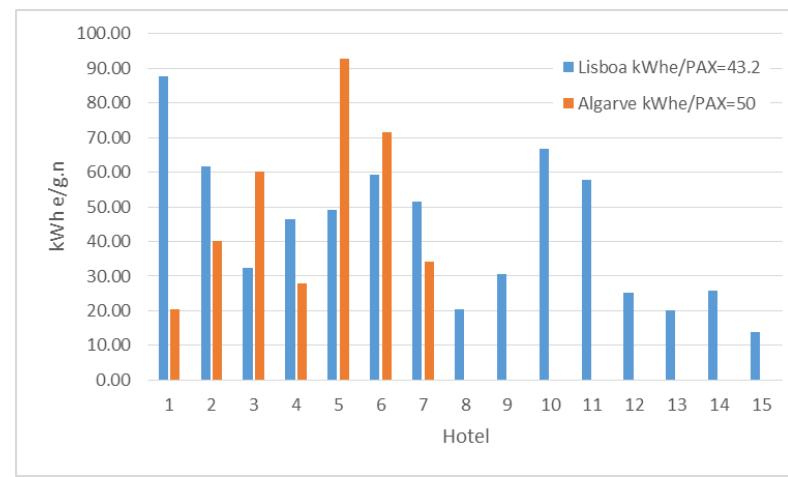
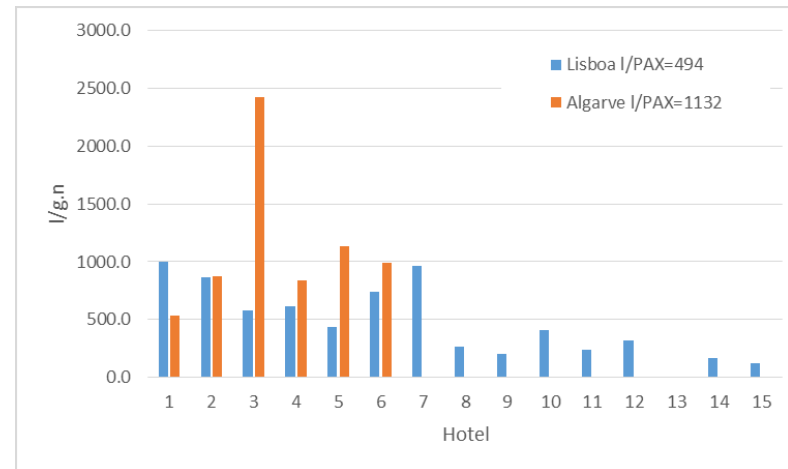
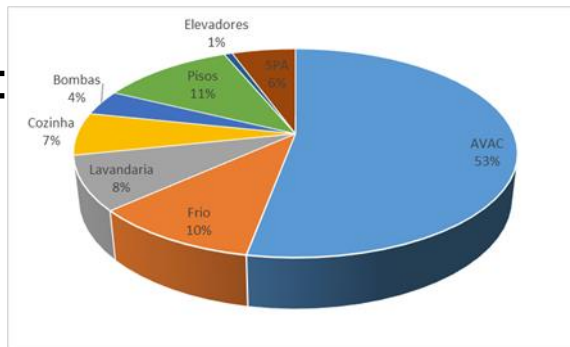
- À escala anual, **diminuição da precipitação total**, especialmente nos últimos 32 anos, acompanhada pela diminuição do número de dias muito chuvosos;
- Na Primavera diminuição da precipitação total; No Outono tendência positiva, com aumento no número de dias com precipitação.



1 - Hotéis

- Hotéis são edifícios com elevado consumo de energia e de água (habitações: 100 to 150 l/p/dia, 3 to 4 kWh/p/dia)
- Parte desse consumo de energia (climatização, frio) e de água (rega, piscinas exteriores) é dependente do clima

- 1 exemplo:



1 - Hotéis

A variabilidade climática e as situações climáticas extremas podem afetar o desempenho dos empreendimentos turísticos repercutindo-se na qualidade e no custo do serviço prestado.

Box 18 The impacts of the 2003 summer heat wave on tourism in France

During the first two weeks of August 2003, France was struck by the most severe heat wave since 1873. The heat wave was not only exceptional by its temperatures (15% of meteorological stations recorded temperatures exceeding 40° C), but also by its length. It was associated to serious, though not exceptional drought, in spring and the beginning of summer (causing forest fires) and to a lack of wind towards its end. The best known impact was the rise in mortality (nearly 15,000 deaths) ⁵⁵⁰, but it also had consequences for economic activities including tourism.

Shifts in destinations were noted; some of which have been documented by tourism statistics. The hotels on the northern and northwestern shores benefited from additional customers, while the opposite occurred in the Mediterranean and the southwest. The central mountains accommodated holiday makers leaving the southern shores. Camping sites with shade and swimming pools were most favoured. Attractions such as lakes also benefited from increased visitation. The heat was also detrimental to urban tourism. There were some modifications in consumption habits across the whole population: more light meals, more mineral water (+18%), more soft drinks (+13%), more ice creams (+14%) and less clothing sold. ⁵⁵¹

There were impacts on environmental resources that were detrimental to tourism: access was denied to forests (risk of fire) or to some mountain sites, some streams dried and the quality of recreational water deteriorated; fishing was forbidden over large parts of the country, so was canoeing and sometimes bathing. Restrictions on the use of water were severe (irrigation of lawns, swimming pools, etc.). Other vulnerabilities were discovered in the transportation and accommodation sectors. The number of trains arriving on time dropped from 87% to 77% often because their cooling systems broke down. The refrigerating systems at one quarter of the food trade (restaurants and markets) enterprises proved insufficient to cope with such heat. A very significant portion of accommodation proved uncomfortable, whereas the increased need for space cooling was confronted by difficulties in the production of electricity and by breakdowns in the network due to excessive heat. ⁵⁵² Though no catastrophic failures in the power grid occurred, the situation was considered very critical and it would certainly have been worse if more tourist accommodation had been equipped with space cooling.

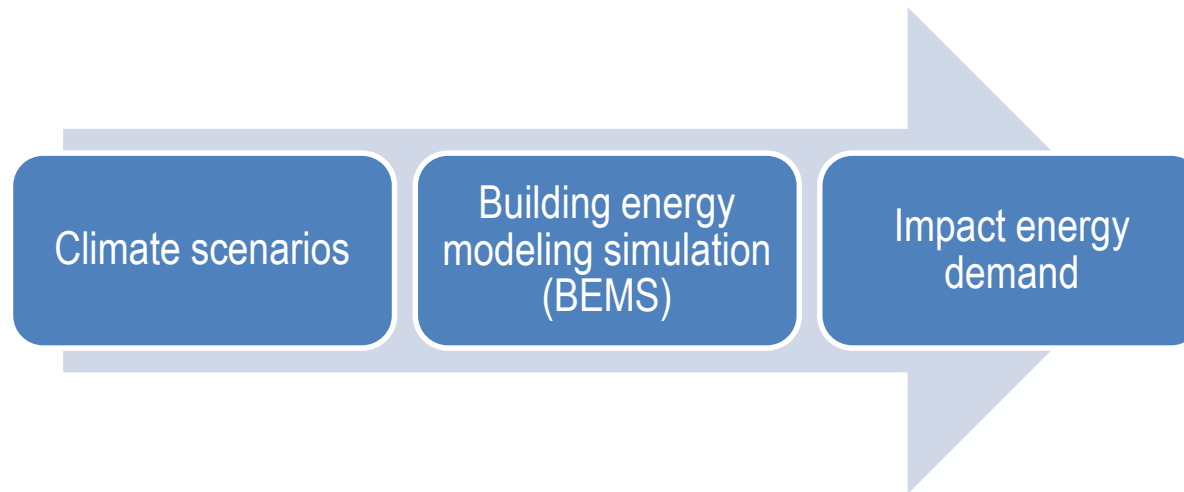
Relative adaptive capacity of major tourism sub-sectors



Fonte: Adaptation to Climate Change in the Tourism Sector, World Tourism Organization (UNWTO)

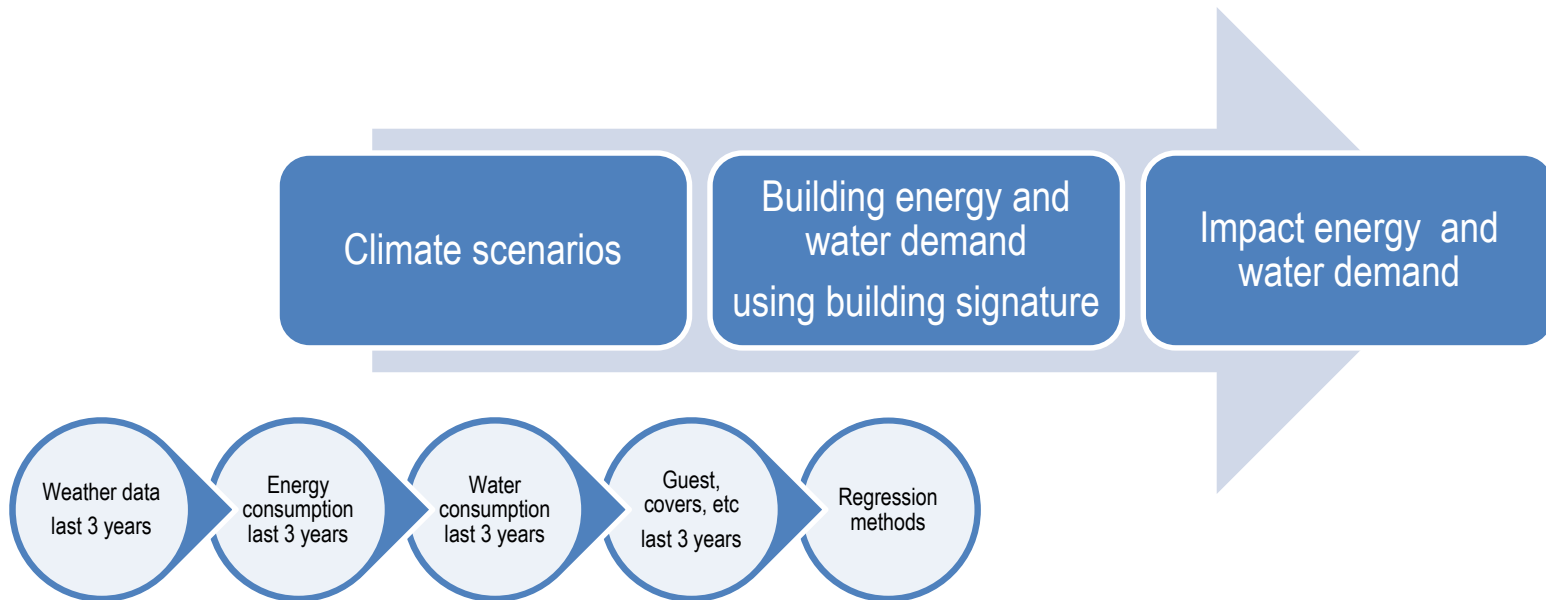
Fonte: Climate Change and Tourism – Responding to Global Challenges, 2008 WTO e United Nations Environment Programme

1 – Estudos anteriores / metodologia



- Grécia (Asimakopoulos et al., 2012) BEM, redução das necessidades de aquecimento em 50% e aumento das necessidades de arrefecimento de 248%.
- Portugal (SIAM II,2006) estimam consume de energia elétrica de 250 a 465kWh/PAX, e aumento de 30% nas necessidades de energia devido às AC.

2 – Proposta de metodologia simplificada para estimar impacto CC



2 – Proposta de metodologia simplificada para estimar AC

- Utilizar dados mensais dos consumos e usos (limitação: fenómenos com dinâmica superior a 1 mês são ignorados)
- A assinatura do edifício permite estimar consumos de edifícios complexos (exploração business as usual) com poucos parâmetros e baixa incerteza
- Os métodos de regressão/assinatura do edifícios são reconhecidos e utilizados como base line em contratos de serviços de eficiência energética.

2 – Proposta de metodologia simplificada para estimar AC

$$\text{Gas(kWh)} = (\text{Q}_{\text{heat}} + \text{Q}_{\text{hot water}}) / \eta_{\text{boiler}} + \eta_p \text{G}_{\text{kitchen}}$$

$$\text{Q}_{\text{heat}} (\text{kWh}) = \sum \left[\sum A \cdot U + \rho \dot{V} c_p \right] (T_i - T_o) - \eta (\text{G}_{\text{solar}} + \text{G}_{\text{internal}})$$

$$\text{Q}_{\text{hot water}} (\text{kWh}) = \sum \rho_w c_{pw} \eta_p W_p (T_{\text{hot w}} - T_w) + \sum \rho_w c_{pw} A_{\text{pool}} W_{\text{pool}} (T_{\text{pool}} - T_w)$$

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 \hat{X}_1 + \beta_2 \hat{X}_2 + \dots + \beta_p \hat{X}_p$$

$$E(\text{kWh}) = a_e + b_e \cdot T + c_e \cdot G$$

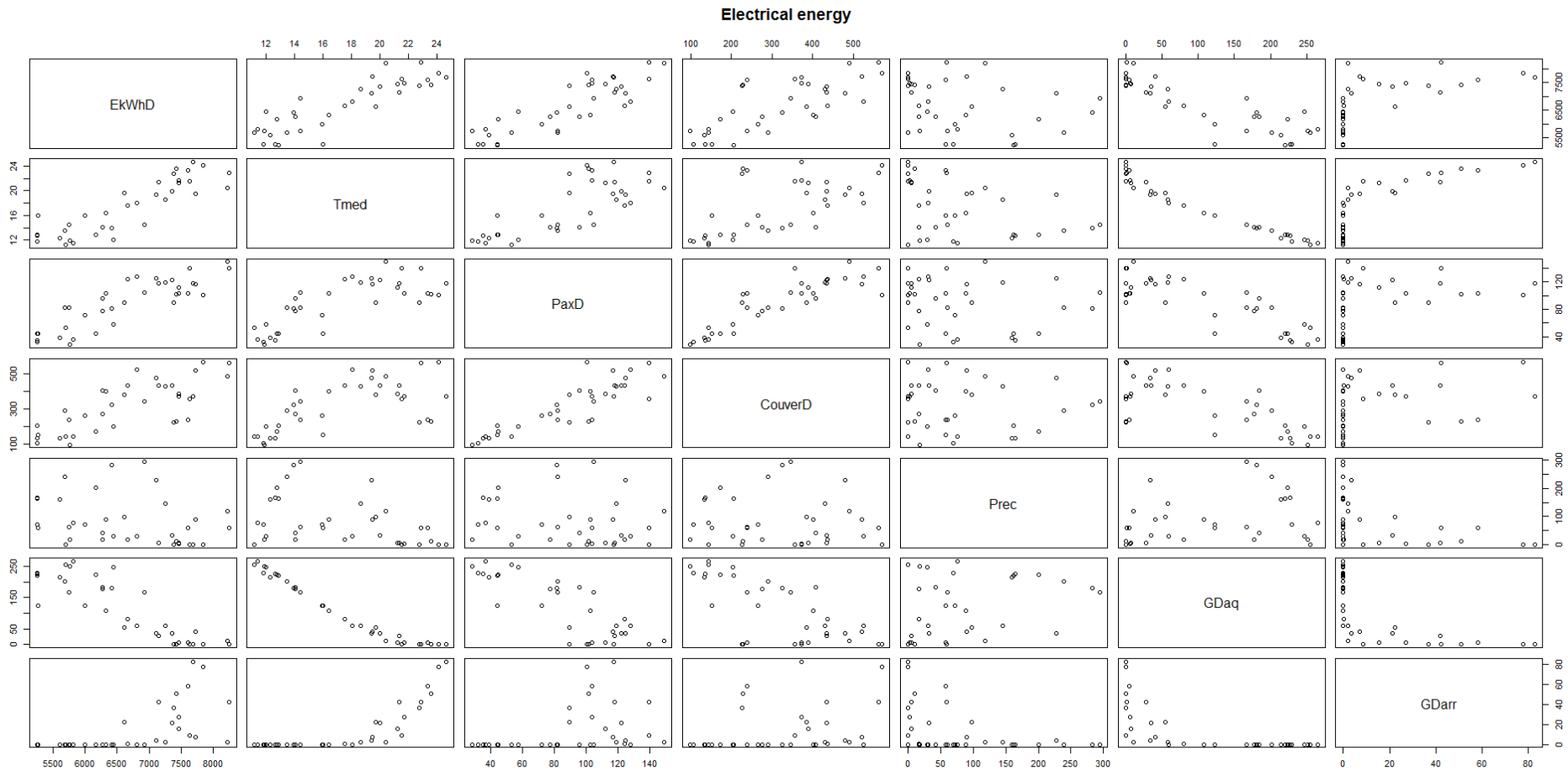
$$G(\text{kWh}) = a_g + b_g \cdot T + c_g \cdot G$$

$$W(\text{m}^3) = a_w + b_w \cdot T + c_w \cdot G + d_w \cdot P$$

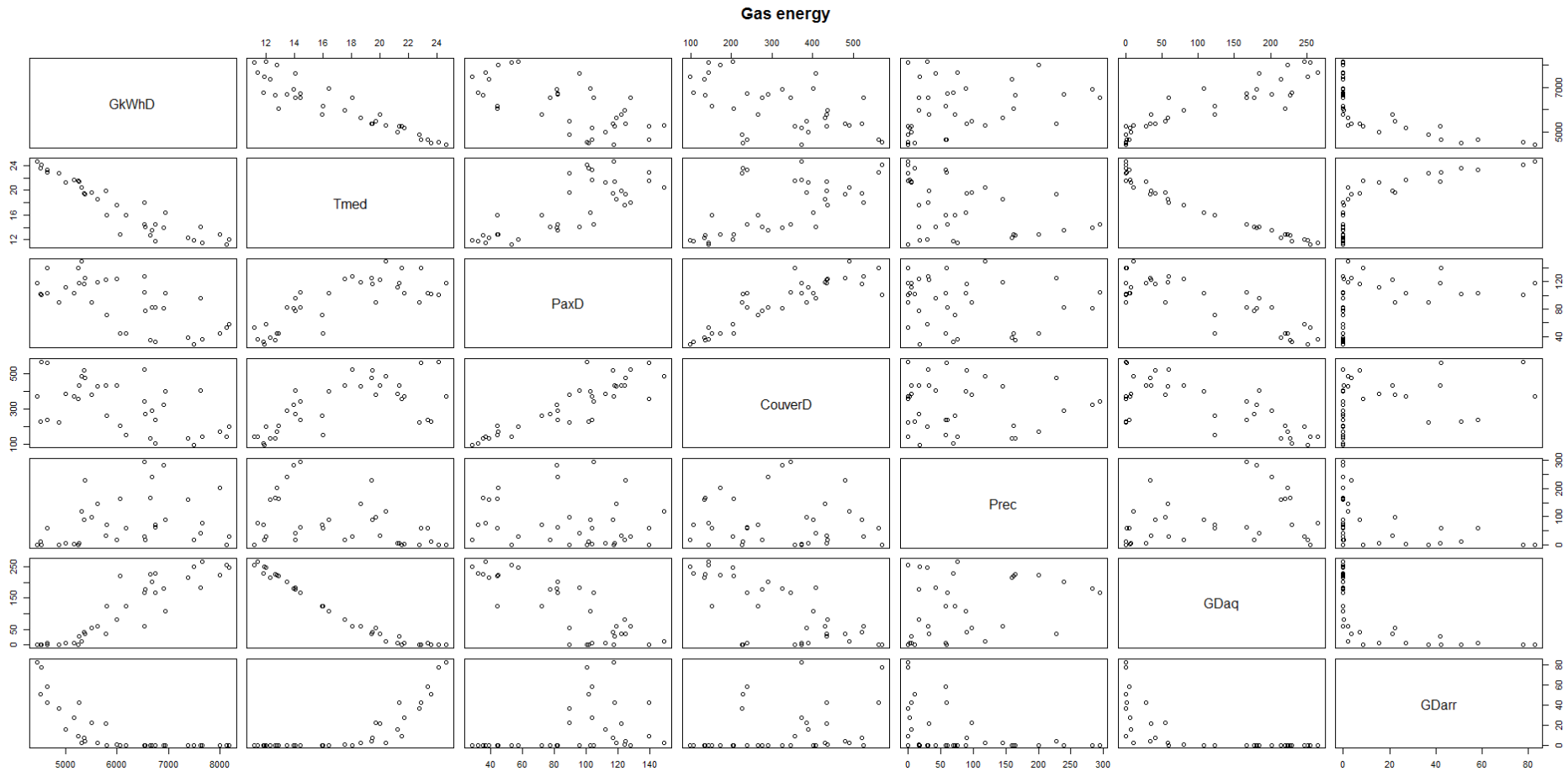
- E – Eletricidade
- G – Gás
- W – Água
- T – Temperatura (exterior)
- G – Guest/night
- P – Precipitação
- Valores: médias mensais

$$R^2 \geq 0.75, \text{ p-value} \leq 5\%$$

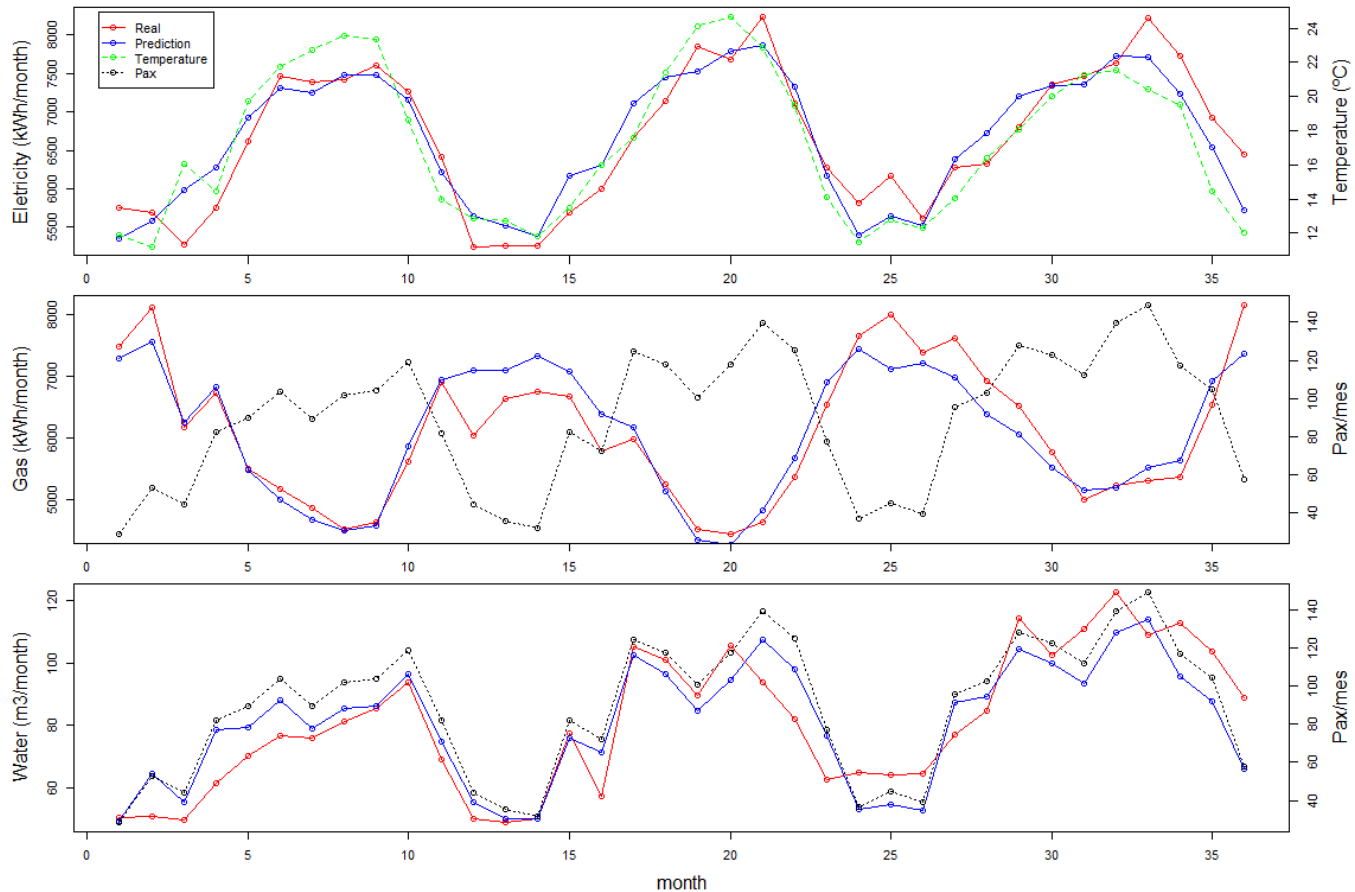
2 – Proposta de metodologia simplificada para estimar AC



2 – Proposta de metodologia simplificada para estimar AC

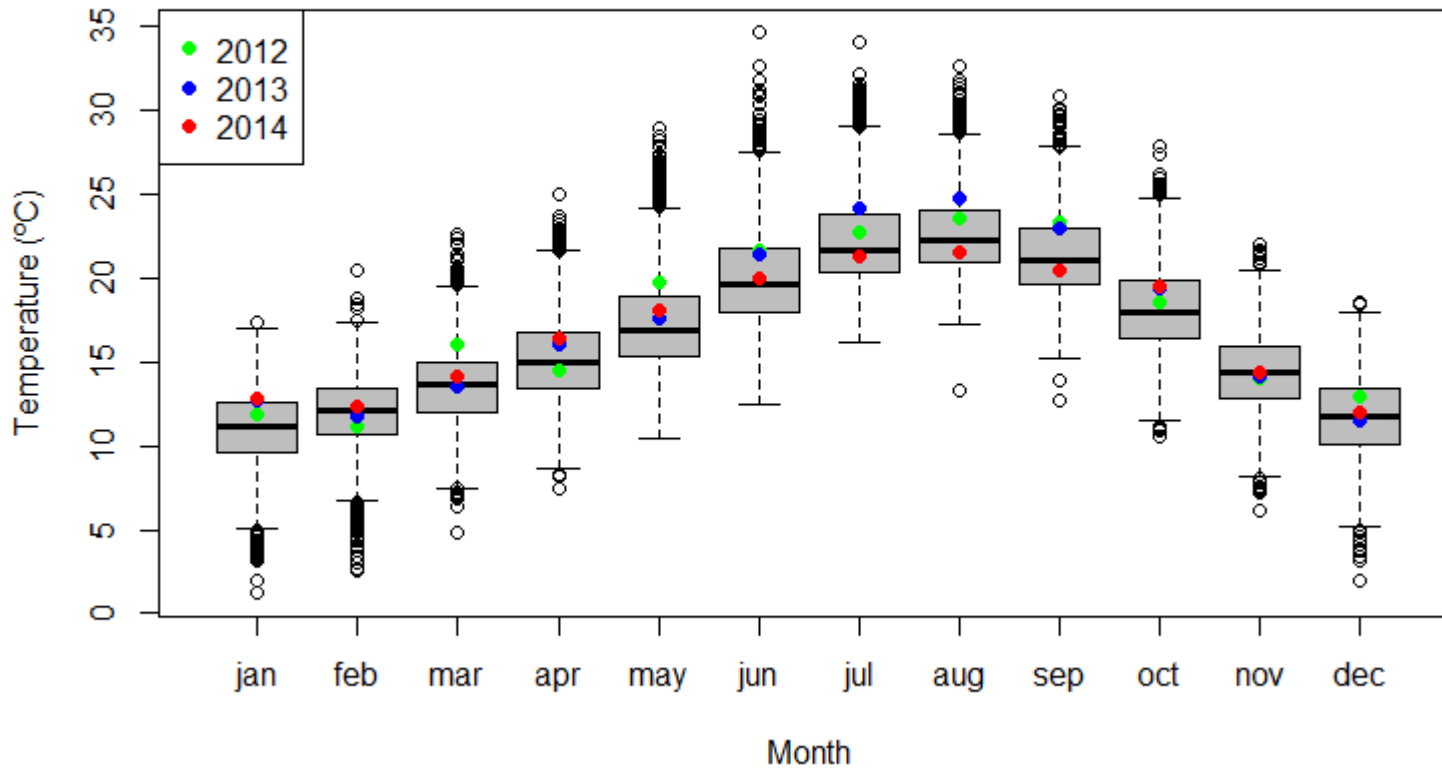


2 – Proposta de metodologia simplificada para estimar AC



2 – Proposta de metodologia simplificada para estimar AC

Temperature Lisboa 1900-2000



2 – Estimativa do impacto das AC

| Hotel n.º | Place | N.º beds: | N.º rooms | Average occupancy annual | E eletricity (kWh/PAX) | E gas (kWh/PAX) | Water (l/pax) | Scenario RCP 8.5 | | | | | | Scenario RCP 4.5 | | | | | |
|-----------|---------|-----------|-----------|--------------------------|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | | | | | E CC (2030 a 2050) | E CC (2080 a 2100) | G CC (2030 a 2050) | G CC (2080 a 2100) | W CC (2030 a 2050) | W CC (2080 a 2100) | E CC (2030 a 2050) | E CC (2080 a 2100) | G CC (2030 a 2050) | G CC (2080 a 2100) | W CC (2030 a 2050) | W CC (2080 a 2100) |
| 1 | Lisboa | 380 | 180 | <50% | 49 | 46 | 609 | 0% | 10% | -1% | -26% | 1% | 0% | 2% | 5% | -5% | -13% | 0% | 0% |
| 2 | Lisboa | 252 | 126 | <50% | 29 | 13 | 511 | 0% | 6% | 0% | -29% | 3% | 44% | 1% | 3% | -5% | -15% | 9% | 21% |
| 3 | Lisboa | 249 | 198 | <50% | 15 | 10 | 348 | 0% | 16% | -1% | -32% | 2% | 34% | 3% | 8% | -6% | -16% | 7% | 16% |
| 4 | Lisboa | 48 | 26 | <50% | 27 | 25 | 396 | 0% | 10% | -1% | -26% | 2% | 1% | 2% | 5% | -5% | -13% | 1% | 0% |
| 5 | Lisboa | 274 | 137 | <50% | 30 | 17 | 283 | 1% | 16% | 0% | -19% | 2% | 0% | 3% | 7% | -3% | -9% | 1% | 0% |
| 6 | Lisboa | 56 | 28 | <50% | 36 | 65 | 1,079 | 0% | 17% | -2% | -65% | 1% | 0% | 3% | 8% | -12% | -33% | 1% | 0% |
| 7 | Lisboa | 140 | 70 | 50% a 70% | 12 | 7 | 133 | 0% | 17% | 0% | 0% | 0% | 0% | 3% | 8% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| 8 | Lisboa | 528 | 301 | 50% a 70% | 22 | 1 | 421 | 0% | 12% | 0% | -3% | 0% | 0% | 2% | 6% | -1% | -2% | 0% | 0% |
| 9 | Lisboa | 518 | 259 | 50% a 70% | 8 | 19 | 162 | 1% | 24% | -1% | -29% | 0% | 0% | 4% | 12% | -5% | -14% | 0% | 0% |
| 10 | Algarve | 514 | 257 | <50% | 13 | 13 | 424 | 4% | 29% | -15% | -97% | 14% | 66% | 8% | 16% | -30% | -57% | 24% | 47% |
| 11 | Algarve | 624 | 312 | <50% | 27 | 21 | 715 | 6% | 40% | 8% | 54% | 15% | 69% | 12% | 22% | 16% | 30% | 22% | 40% |
| 12 | Algarve | 462 | 231 | <50% | 30 | 22 | 1,188 | 2% | 10% | -22% | -150% | 3% | 12% | 3% | 5% | -47% | -92% | 4% | 7% |
| 13 | Algarve | 128 | 55 | <50% | 17 | 19 | 618 | 2% | 15% | -2% | -14% | 6% | 25% | 4% | 8% | -4% | -8% | 8% | 15% |
| 14 | Algarve | 378 | 231 | <50% | 49 | 20 | 878 | 3% | 22% | -3% | -23% | 20% | 119% | 6% | 12% | -7% | -13% | 33% | 64% |
| 15 | Algarve | 508 | 182 | <50% | 23 | 20 | 497 | 9% | 17% | -10% | -70% | 12% | 61% | 16% | 31% | -21% | -41% | 18% | 34% |
| 16 | Algarve | 382 | 114 | <50% | 15 | 5 | 609 | 3% | 23% | -11% | -74% | 10% | 58% | 7% | 13% | -23% | -43% | 16% | 31% |

2 - Notas

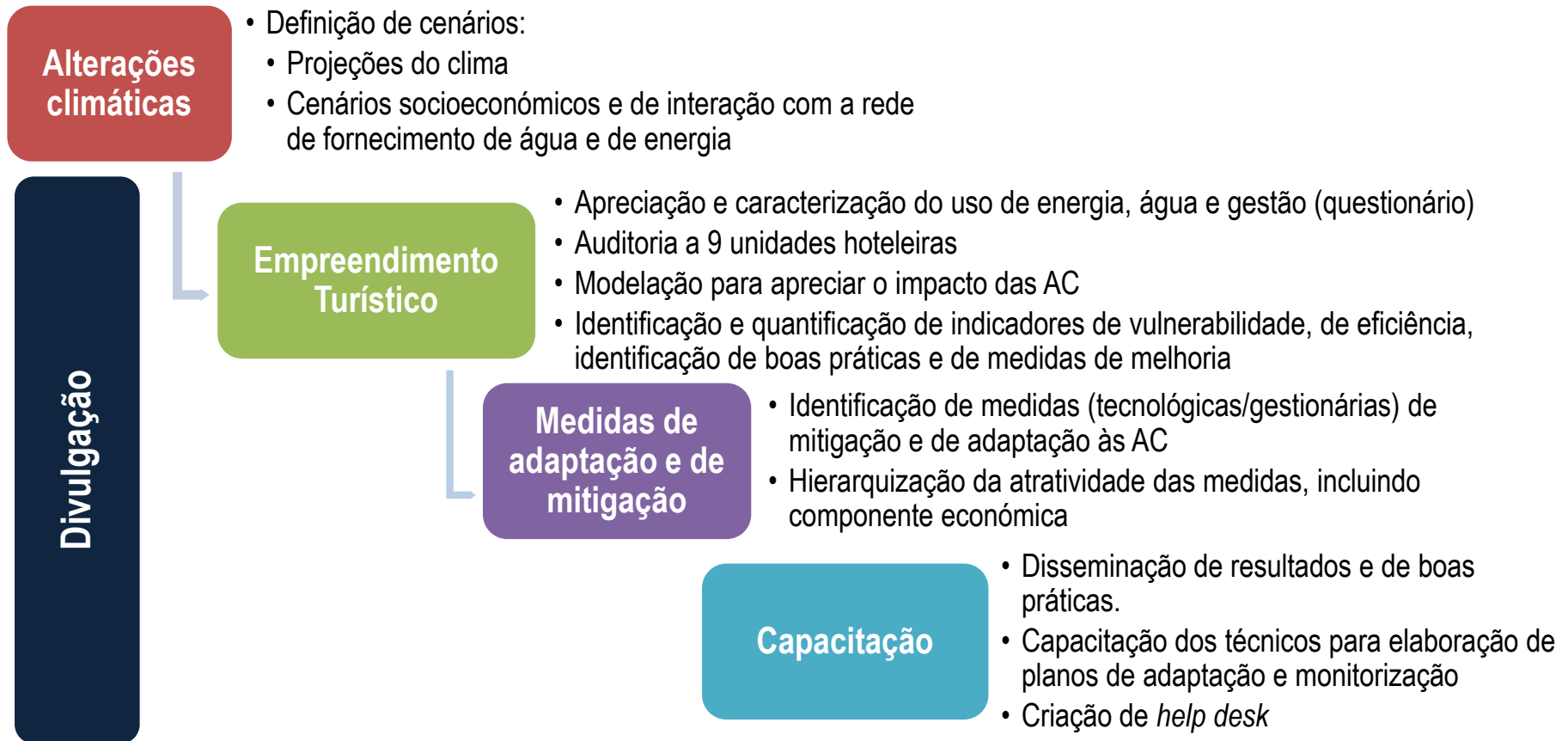
- Em 16 hotéis as variáveis independentes relevantes são a temperatura, ocupação e precipitação.
- Com os cenários RPC 4.5 e RCP 8.5 (2030-2100):
 - É estimado um aumento das necessidades de energia elétrica de 10% a 28%, principalmente para climatização e para os sistemas de frio (28% Algarve, 14% Lisboa).
 - É estimado um aumento das necessidades de água, possivelmente para jardins e piscinas (50% Algarve, 9% Lisboa).
 - É estimada uma redução das necessidades de calor e de gás.
- Os hotéis do Algarve são mais vulneráveis do que os de Lisboa.
- Estudos anteriores para hotéis no Algarve, efetuados com base em BEMS e perfis nominais, sobre estimaram os consumos de energia (250 to 465 kWh/PAX vs 25 to 70 kWh/PAX) e o impacto das AC CC na climatização.
- Estes resultados evidenciam a importância de planos de adaptação no setor dos hotéis para se reduzirem as necessidades de arrefecimento, água e dependência de fontes não renováveis de energia.
- O estudo da variabilidade climática numa escala de tempo mais pequena (um dia ou uma hora) está a ser desenvolvido no âmbito do projeto AdaPT.

3 - Objetivos do Projeto AdaPT AC:T

- Criar método para avaliar vulnerabilidade das unidades hoteleiras às AC.
- Identificar e disseminar boas práticas do sector.
- Capacitar unidades hoteleiras no desenvolvimento e implementação de planos de adaptação às AC.

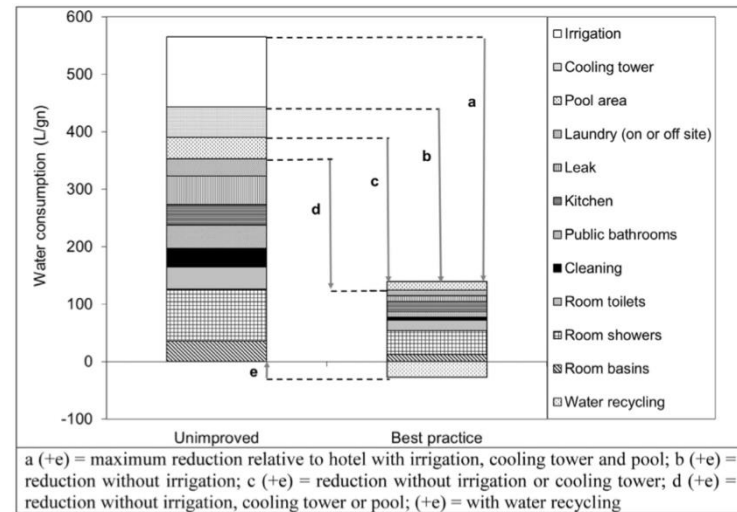
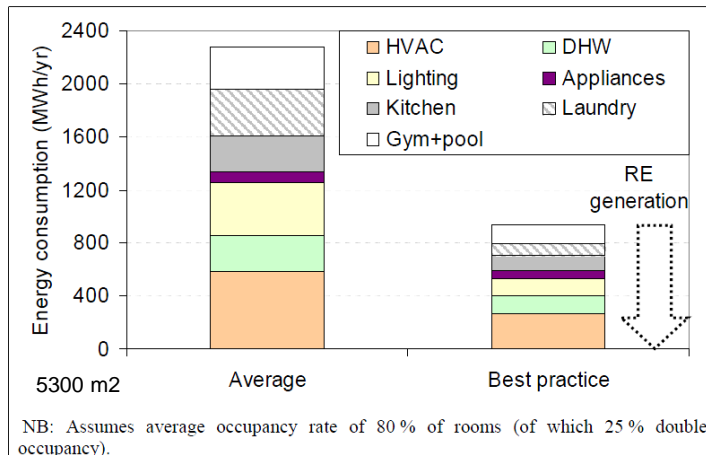
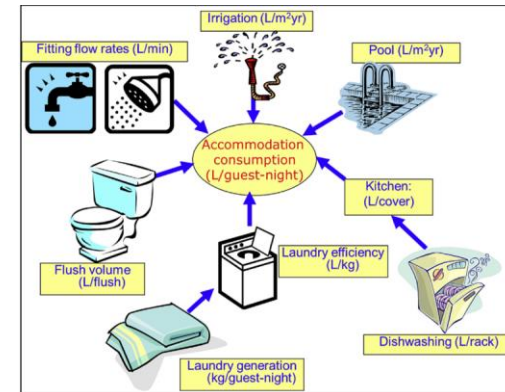


3 - Tarefas e métodos



3 – Indicadores (eficiência, vulnerabilidade às AC)

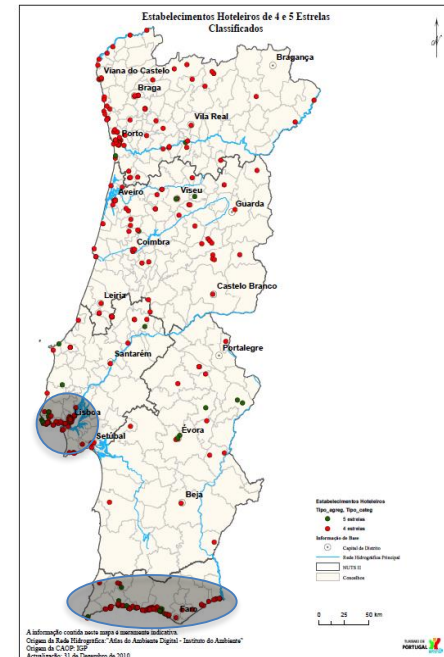
- Literatura indicia grandes oportunidades de melhoria e de adaptação.
- Indicadores por unidade funcional para se avaliar eficiência e vulnerabilidade às AC.



3 - Diversidade das unidades hoteleiras objeto de auditoria AdaPT AC:T

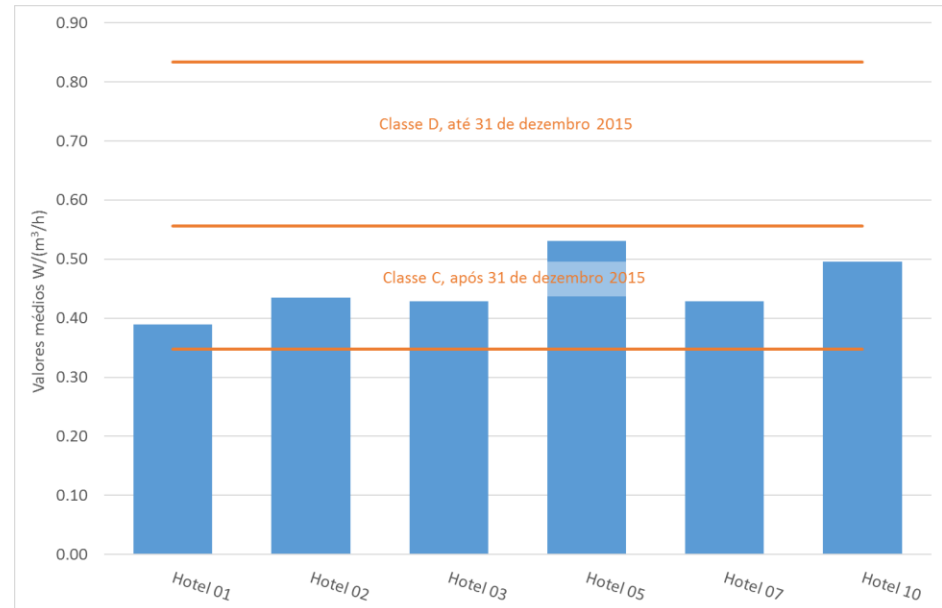
Nove unidades hoteleiras de 4 ou 5 estrelas:

- Situadas em Lisboa e no Algarve.
- Com data de construção de 1950 a 2014.
- Envolvente:
 - Janelas vidro simples a janelas atuais.
 - Envolvente opaca sem isolamento a soluções atuais.
- AVAC: Chillers arrefecidos a ar, chillers arrefecidos a água, multisplits. Sistemas com recuperação de calor, bancos de gelo.
- Sistemas com coletores solares térmicos e PV.
- Água: abastecimento da rede pública, captação própria, aproveitamento águas pluviais, dessalinização, dispositivos mais eficientes.
- Organização: diferentes rácios pessoal contratado/efetivo, diferentes estruturas e qualificação de recursos humanos.



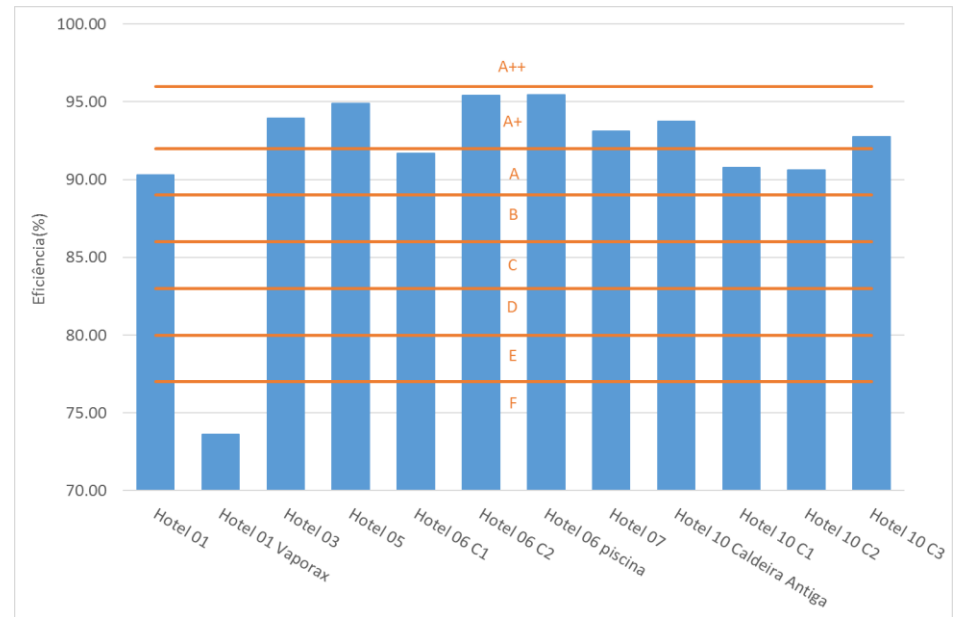
3 – Alguns indicadores

- Avaliação do consumo específico de ventilação de algumas unidades de tratamento de ar e ventiladores de extração.
- Valores médios na classe C, RECS



3 – Alguns indicadores

- “Rendimento” de caldeiras



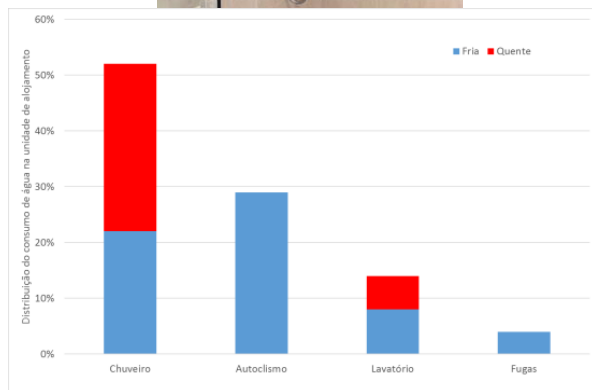
Classe B até 31 dezembro de 2015
Classe A após 31 dezembro de 2015

3 – Alguns indicadores

- Débito de chuveiros



| Hotel | Dispositivo | Caudal (L/min) |
|-------|--|----------------|
| 01 | Chuveiro fixo de teto sem redutor | 20 |
| 01 | Chuveiro fixo de teto com redutor | 8.3 |
| 02 | Chuveiro de mão | 20 |
| 03 | Chuveiro de mão sem redutor | 16.5 |
| 03 | Chuveiro de mão com redutor | 7.9 |
| 04 | Chuveiro de mão | 14.5 a 18.3 |
| 04 | Chuveiro fixo de teto | 7.5 a 8.3 |
| 05 | Chuveiro de mão | 16.7 |

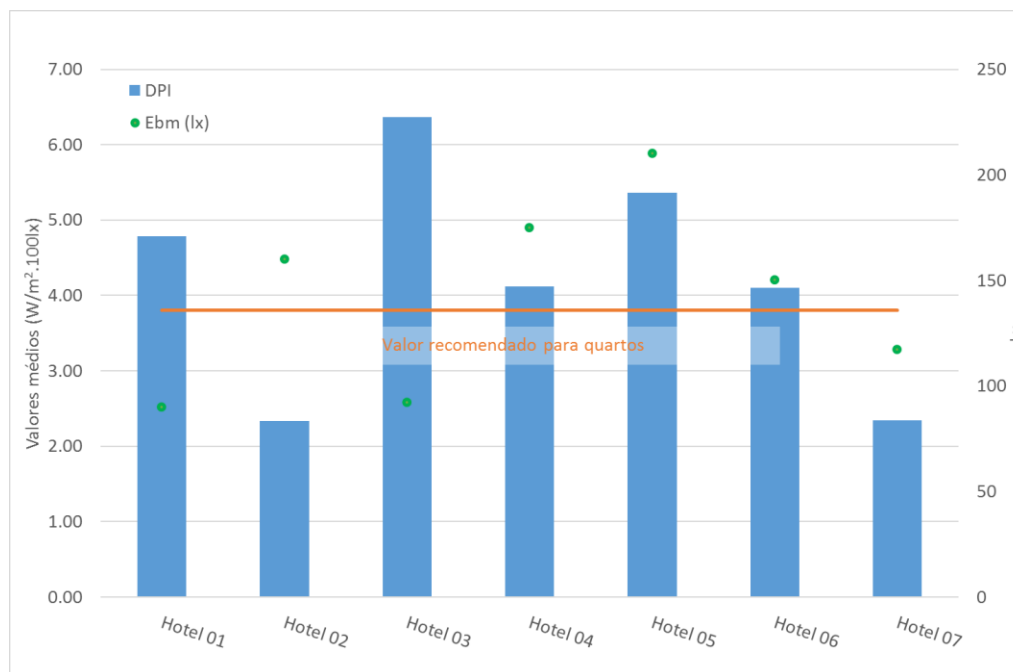


$$Q_{duche} \text{ (kWh/PAX)} = 4.1855 \times \text{Vol(l)} \times \Delta T / 3600$$

| Debito (l/min) | t (min) | %AQ/Total | DT (°C) | kWh térmico | kWh/0.85 |
|----------------|---------|-----------|---------|-------------|----------|
| 20 | 6 | 60% | 35 | 2.9 | 3.4 |
| 15 | 6 | 60% | 35 | 2.2 | 2.6 |
| 10 | 6 | 60% | 35 | 1.5 | 1.7 |
| 7 | 6 | 60% | 35 | 1.0 | 1.2 |

3 – Alguns indicadores

- Iluminação do quarto



Agradecimentos

Financiamento



Consórcio



Parceiros



Muito obrigado pela vossa atenção

Slides:

<http://adapt-act.lnec.pt/>

Armando Pinto, LNEC

Adapt-act@lnec.pt

António Silva Santos, LNEC

Fátima Espírito Santo Coelho, IPMA

Mariana Bernardino, IPMA



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



AdaPT A : T
AdaPTação às
Alterações Climáticas
no setor do Turismo