

Coolhouse – Projeto de Investigação em Estratégias Inovadoras de Ventilação e Arrefecimento no Sul de Portugal

Coolhouse – Investigation Project on Innovative Ventilation and Cooling Strategies in Southern Portugal

Afonso Henriques Monteiro, Engenheiro Civil, Project Manager.

afonso.henriques.monteiro@gmail.com

Resumo

Com o primordial objetivo de contribuir para o desenvolvimento sustentável, com foco em atividades chave cruciais para o bem estar social e competitividade econômica na Europa, o CORDIS, serviço de informação de pesquisa e desenvolvimento da Comunidade Europeia, lançou, em 1998, o Programa FP5-EESD – *Programme for research, technological development and demonstration on "Energy, environment and sustainable development* (Programa para pesquisa, desenvolvimento tecnológico e validação em “Desenvolvimento energético, ambiental e sustentável). Tendo por base este programa foi desenvolvido, no sul de Portugal, o projeto *Coolhouse-Cooling Houses in Southern Europe Using Innovative Ventilation Strategies*, o qual teve como desafio provar que alternativas para condicionamento de ar em edifícios domésticos existem, são práticas e fornecem condições de conforto idênticas a construções com sistemas de arrefecimento de ar convencional. No presente artigo descreve-se o desenvolvimento do projeto desde a sua fase conceptual até a sua execução prática, bem como resultados obtidos, tanto técnicos como econômicos.

Palavras-chave: Arquitetura Passiva; Eficiência Energética; Coolhouse; Arquitetura Sustentável.

Abstract

With the primary objective of contributing to sustainable development, with a focus on key activities crucial to social well-being and economic competitiveness in Europe, CORDIS, the research and development information service of the European Community, launched in 1998 FP5 - EESD - Program for research, technological development and demonstration on "Energy, environment and sustainable development." Based on this program was developed in the south of Portugal , the project Coolhouse - Cooling Houses in Southern Europe Using Innovative Ventilation Strategies, which main objective was to prove that alternatives for air conditioning in domestic buildings exist, are practical and provide the same conditions of comfort to constructions with conventional air conditioning. This article describes the development of the project from its conceptual phase to its practical execution, as well as technical and economic results.

Keywords: *Passive Architecture; Energy Efficiency; Coolhouse; Sustainable Architecture.*

1. Introdução



COOLHOUSE

Coolhouse é um projeto da iniciativa de uma empresa portuguesa de promoção imobiliária do Sul de Portugal, AlmaVerde que, tendo em vista o mercado alvo do seu produto, teve a iniciativa de recorrer ao Programa FP5-EESD - Programa para pesquisa, desenvolvimento tecnológico e validação em “Desenvolvimento energético, ambiental e sustentável”, lançado pelo CORDIS, serviço de informação de pesquisa e desenvolvimento da Comunidade Europeia.

Tendo como principal alvo do seu produto o mercado do Norte da Europa, isto é, potenciais compradores de habitação de férias no Sul de Portugal, originários dos países setentrionais da Europa que, por norma, são mais conscientes às questões relativas a sustentabilidade e eficiência energética, a AlmaVerde teve a iniciativa de desenvolver um projeto residencial diferenciado, o qual utilizasse soluções alternativas para o comum ar condicionado residencial, reduzindo deste modo as emissões de CO₂. O projeto envolveu a construção de mais de 80 moradias entre 2003 e 2011, ano em que deixei o projeto.

Sendo, de fato, os edifícios responsáveis por metade do consumo energético mundial, e por metade das emissões de CO₂ daí resultantes, a AlmaVerde considerou uma necessidade, e mesmo uma obrigação, a concepção de projetos que minimizassem o consumo de energia sem deixar de oferecer conforto ao longo de todo o ano.

2. Solução *Coolhouse*

A estratégia global do projeto fundamentou-se essencialmente em dois princípios físicos:

- a) a temperatura do terreno é praticamente constante ao longo do ano, a partir de determinada profundidade, sendo pouco ou nada influenciada pelas condições atmosféricas à superfície (no caso do Sul de Portugal aproximadamente 14° C a 1,8/2,0 metro de profundidade); e,
- b) materiais naturais de alta densidade são excelentes isolantes térmicos e acumulam grandes quantidades de energia.

A partir destes dois princípios foi desenvolvido o conceito geral do projeto que optou por soluções de baixa tecnologia, tanto por razões de viabilidade econômica como por razões de baixa emissão de CO₂, estabelecendo as seguintes características para o projeto:

- ✓ utilização de tubos de PVC enterrados a aproximadamente 1,80 metros de profundidade, para conduzir ar refrigerado (do próprio solo) para dentro do edifício, via um pleno (caixa de ar) sob o piso térreo;
- ✓ circulação do ar assegurada por uma unidade de ventilação de velocidade variável de reduzido consumo, sendo a entrada na habitação situada ao nível dos rodapés;
- ✓ com base nas condições do solo e no clima local, o sistema foi projetado para obter uma redução média de até 8° C, na temperatura média de Verão, e um ganho de até 3° C no Inverno.
- ✓ utilização de adobe, material de alta densidade, na face interior das paredes exteriores e nas paredes interiores do edifício (com exceção de zonas de umidade

- elevada), devido às suas características térmicas e de acumulação de energia, bem como devido à sua disponibilidade no local; e,
- ✓ criação de solução integrada global com especial preocupação na sustentabilidade e na eficiência energética, tanto na fase de construção como na utilização e manutenção do edifício.

As figuras 1 e 2 a seguir expostas, esquematizam o princípio de funcionamento desenvolvido para as situações de Verão e Inverno.

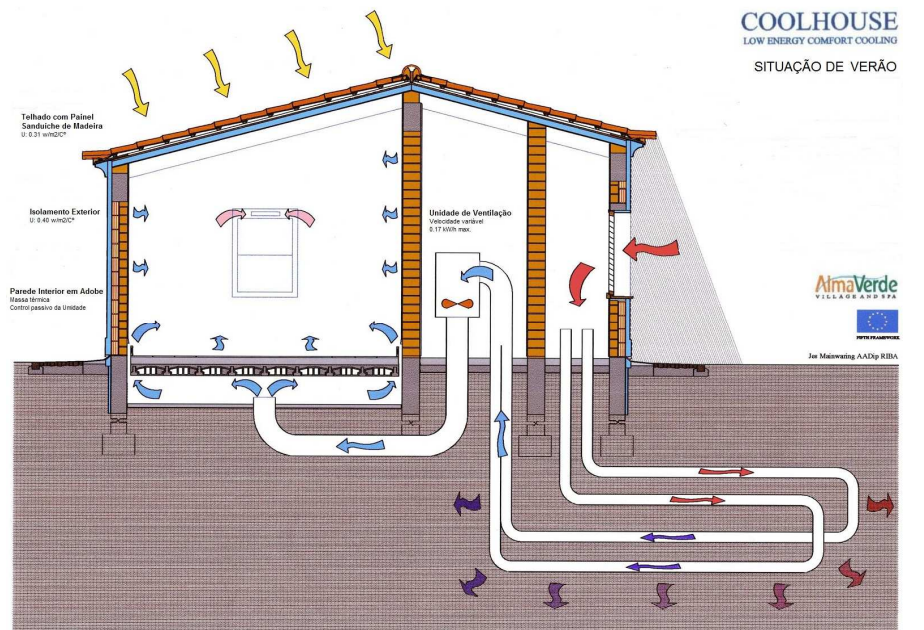


Figura 1: Esquema Coolhouse Situação de Verão. Fonte: Arq. Jes Mainwaring

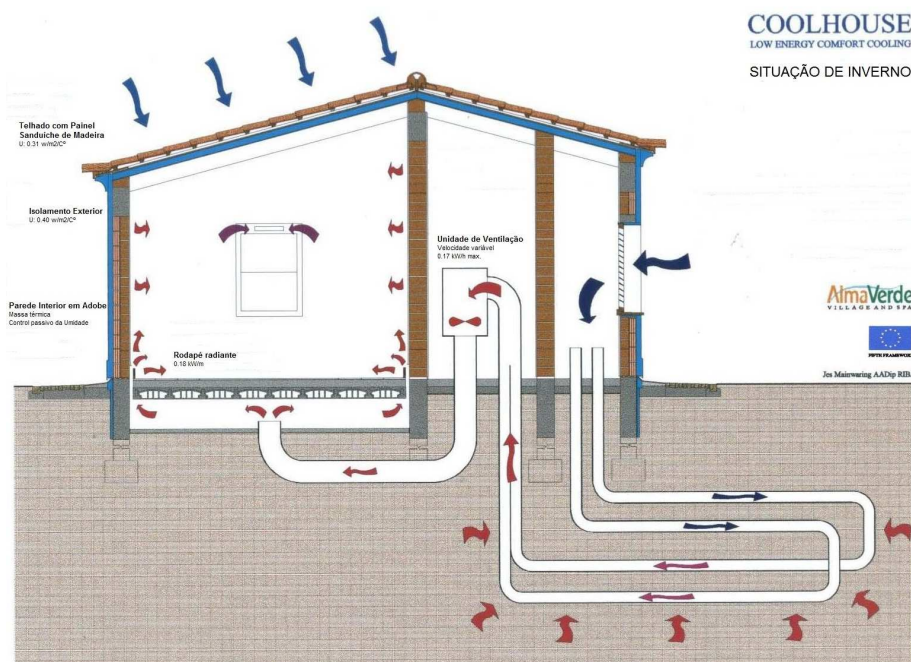


Figura 2: Esquema Coolhouse Situação de Inverno. Fonte: Arq. Jes Mainwaring

3. A Solução Integrada Global

Uma vez definido o conceito geral, passou-se ao detalhamento do projeto. Nesta etapa, dedicou-se especial atenção à solução integrada previamente caracterizada. O foco desta fase esteve na persecução do objetivo do projeto *Coolhouse* e na viabilidade econômica do empreendimento.

Neste ponto será conveniente realçar que o projeto *Coolhouse* foi o primeiro projeto da Comunidade Europeia a conceder fundos de investigação e pesquisa a uma entidade privada, mas que, para garantia de sucesso, impunha a essa entidade privada a aplicação do resultado da investigação e pesquisa a casos reais, tendo no presente caso exigido ao privado a construção de um mínimo de 24 unidades habitacionais com a aplicação do conceito desenvolvido. Ou seja, a experimentação do conceito ou conceitos desenvolvidos iria se realizar em ambiente real.

Era, pois, do especial interesse da empresa o sucesso prático do conceito desenvolvido, já que esse seria fator preponderante para o êxito comercial do empreendimento turístico.

E assim, de uma forma simplificada, as especificações técnicas definidas para as casas a edificar foram (aqui se reproduzindo apenas os itens de interesse ao tema em discussão):

- Estrutura - a estrutura é constituída por vigas e pilares de concreto, estes suportados por sapatas individuais e foi projetada para suportar cargas normais e para resistir a cargas sísmicas adicionais. As paredes exteriores são suportadas por uma viga térrea de concreto armado com isolamento exterior de EPS de 30 mm para prevenir perdas ou ganhos de calor para o solo.

- Pisos - os pisos térreos são constituídos por uma laje de concreto ou por um pavimento de vigas e blocos de concreto, com uma camada de concreto estrutural, construído sobre uma caixa de ar, ambos com contrapiso de assentamento. Onde necessário, tanto a laje térrea como os pavimentos e as paredes da caixa de ar são impermeabilizados. O acabamento dos pavimentos é feito com ladrilhos cerâmicos. As galerias e outros pisos superiores poderão ser em soalho flutuante.

- Paredes exteriores - são constituídas por um paramento interior de blocos de adobe de alta densidade, com 115 mm de espessura, e por um paramento exterior de tijolos cerâmicos furados com 100 mm de espessura. O paramento exterior foi concebido para deixar o vapor transpirar para o exterior. As paredes exteriores estão dotadas de um isolamento exterior de EPS, com 60 mm de espessura, e um acabamento de reboco de silicato mineral reforçado com fibras e permeável ao vapor, de 5 mm de espessura. As superfícies interiores têm um acabamento de reboco de barro especial, com 15 mm de espessura, sendo aplicada tinta branco mate, permeável ao vapor.

- Paredes interiores - constituídas por um único paramento de blocos de adobe, de 115 mm ou 240 mm (largura total), com vista a proporcionar inércia térmica, possuindo um acabamento de reboco de barro especial com 15 mm de espessura e uma pintura tinta branco mate, permeável ao vapor. As paredes das casas de banho, formadas por tijolos cerâmicos com 100 mm de espessura, são acabadas com 15 mm de reboco de cimento e pintura acrílica ou com azulejos cerâmicos.

- Zonas de Cobertura - os telhados inclinados são constituídos por painéis tipo sanduíche de madeira isolada com EPS suportados por madres de madeira. Um sistema

tradicional português de telhas de canudo é instalado sobre sarrafos, por cima de uma membrana impermeável à água e permeável ao ar, que garante uma boa ventilação por baixo das telhas e impede a penetração da água da chuva. A face interior dos painéis de tipo sanduíche forma um teto de madeira inclinado com um acabamento a condizer com a madeira natural das portas, janelas e armários. As coberturas em terraço e outras áreas planas são constituídas por lajes de betão isoladas de forma inversa à dos telhados. As coberturas em terraço são revestidas com ladrilhos em betão de cor para pavimentos.

- Janelas, portas, escadas de acesso à galeria e balaustradas - as portas e as janelas são executadas em madeira tratada resistente. Além de serem dotadas de resistência térmica, as janelas e portas de vidro duplo estão equipadas com grelhas de ventilação de fluxo controlado e vidro térmico aos lados sul e oeste para impedir os ganhos solares. As portas da fachada principal são de madeira maciça resistente. Todas as janelas e portas de vidro possuem vidro de baixa-emissão para resistência térmica e possuem também vidro laminado para segurança adicional. Portadas em madeira tratada resistente são executadas de acordo com as plantas nas posições de maior incidência solar. As portas interiores são revestidas com madeira natural. As guarnições das portas são construídas com madeira a condizer. As escadas de acesso à galeria e as balaustradas são constituídas por madeira maciça resistente. Toda a madeira utilizada provém de fontes sustentáveis. Todas as janelas abrem para dentro exceto indicações contrárias nas plantas.

- Aquecimento central e sistema de aquecimento de água - dada a disponibilidade do gás natural canalizado, é possível o uso de um sistema de aquecimento central a gás económico e eficiente. O sistema base possui uma caldeira de condensação programável de ultraeficiência energética, bem como um sistema de rodapé radiante de alumínio com 140 mm de altura com acabamento branco em todos os quartos e salas. O rodapé radiante distribui o calor de forma homogênea através do quarto, aquecendo eficientemente a massa térmica das paredes sem ocupar qualquer espaço de parede. A caldeira a gás aquece também a água para fins domésticos, armazenada num cilindro de água quente com 150 litros de capacidade. Posteriormente foram adotados painéis solares, resultado da transposição de legislação europeia (Diretiva n.º 2010/31/UE) para a legislação portuguesa.

- Arrefecimento e ventilação - Coolhouse - a casa possui o sistema experimental de eficiência energética Coolhouse de arrefecimento e ventilação. O sistema utiliza tubos subterrâneos em PVC com 160 mm de diâmetro que conduzem ar fresco arrefecido para o interior da casa através de uma caixa de ar debaixo da casa. Os tubos são enterrados a uma profundidade de 1,5 a 2 m. O comprimento total dos tubos excede os 70 metros. O ar fresco é introduzido nas áreas habitáveis através de uma unidade de tratamento de ar de velocidade variável 170 W alojada num compartimento próprio acessível pelo exterior. A unidade de tratamento de ar introduz o ar através dos tubos à velocidade pretendida e está concebido para atingir os 2500 W de arrefecimento e permitindo reduzir as temperaturas interiores em 3°C, conseguindo obter uma redução máxima de 8°C nas áreas habitáveis durante o dia. O ar entra pelas áreas habitáveis ao nível do chão, através de grelhas de ventilação situadas acima do rodapé radiante. No Verão, o sistema fornece ar fresco arrefecendo durante o dia e durante a noite, arrefecendo desta forma a massa térmica da estrutura. No Inverno, o sistema permite a entrada de ar fresco para dentro casa, aumentando ao mesmo tempo a temperatura em vez de diminuí-la. Nestas grelhas, o ar fresco é pré-aquecido e flui por detrás e por cima do rodapé radiante onde a sua temperatura aumenta ainda mais. Desta forma, o sistema permite que o ar interior seja renovado mesmo que as janelas estejam fechadas.

4. A Construção

A construção iniciou-se por um conjunto de seis casas situadas lado a lado, utilizando, desde logo, três diferentes modelos arquitetônicos (em forma e dimensão). Logo na fase das fundações, deu-se início à colocação dos tubos de ventilação da Coolhouse, prevendo-se inclinações e bocais para futura manutenção e limpeza. Foi dedicado especial cuidado aos testes de estanquidade (realizados por períodos de 24 horas), pois futuras reparações seriam bastante difíceis e onerosas. Estes tubos foram implantados em área fora da implantação da casa por forma a possibilitar futuras manutenções e inspeções, via bocas de limpeza especificamente deixadas para esse fim.



Figuras 3 e 4: Tubos da Coolhouse. Fonte: AlmaVerde.

Paralelamente iniciaram-se os testes com a fabricação do adobe no próprio local (figura 5), com especial atenção ao traço da argamassa do adobe (em volume - barro 50% - areia 50% - aditivo de palha) e ao tempo de cozedura ao sol (2 a 3 dias). De igual modo se iniciaram os testes de assentamento (figura 5) e da própria argamassa utilizada, esta última também exclusivamente de barro. Todo o processo foi realizado de modo empírico, no próprio local da construção. De realçar a excelente ajuda que se teve de antigos operários de fornos de cal, que até recentemente os construía em adobe, nos próprios locais onde o calcário era encontrado. A título de curiosidade deve-se dizer que no local do empreendimento existia um antigo forno de cal que foi totalmente reconstruído “à moda antiga” e chegou a produzir cal.



Figura 5: Fabrico de Adobe. Fonte: AlmaVerde. Figura 6: Colocação de Adobe. Fonte: AlmaVerde.

Passando por cima dos trabalhos convencionais, cuja descrição não se revela necessário ao presente estudo, a preocupação seguinte foi com a construção do pleno (caixa de ar) sob a casa que, embora de execução relativamente simples, exigia alguns cuidados particulares nomeadamente a sua estanquidade tanto à água como à vida animal. Com idêntico cuidado foram colocados os tubos de PVC que traziam o ar refrigerado da terra.



Figura 7: Preparação Pleno. Fonte: AlmaVerde.



Figura 8: Isolamento Pleno. Fonte: AlmaVerde.

Depois da estrutura de concreto concluída (salientando a sua imponência face à legislação portuguesa, resultado de ser uma região fortemente sísmica), iniciaram-se os trabalhos de alvenaria, tanto externa como interna. Sublinhe-se que tanto o fabrico como o assentamento do adobe não apresentou grandes dificuldades graças, como já referido, à valiosa ajuda de operários que exploravam antigos fornos de cal existentes na região e que demonstraram experiência empírica de grande valor.

A figura 10 mostra os blocos de adobe devidamente acondicionados em paletes de madeira após o seu fabrico e o especial cuidado em protegê-los do clima. Entre 2003 e 2011, com uma equipe de 4 homens e apenas durante 4 meses de verão, foram produzidos aproximadamente 600 mil blocos de adobe, ou seja, uma média de aproximada de 800 blocos de adobe por dia útil, aos quais se acrescenta ainda a preparação de argamassas secas de assentamento e reboco, para um total de mais de 90 moradias construídas.



Figura 9: Execução Alvenaria. Fonte: AlmaVerde.



Figura 10: Adobe e Argamassa. Fonte: AlmaVerde.

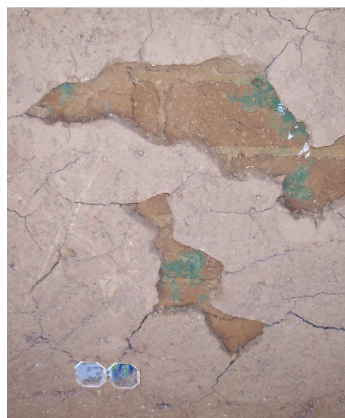
Em simultâneo realizaram-se os trabalhos da estrutura da cobertura em perfis de madeira laminada e colocação de painéis sanduíche de madeira, trabalhos de evolução muito rápida, pois todas as peças eram previamente preparadas e tratadas em oficina (no próprio canteiro da obra). Destaca-se que as condições atmosféricas da região eram, de uma forma habitual, favoráveis ao trabalho, não deixando de se sentir fortes amplitudes térmicas (até 18°C) do dia para a noite (observar as figuras 3 a 12).



Figura 11: Vigas Cobertura. Fonte: AlmaVerde.

Figura 12: Painéis Cobertura. Fonte: AlmaVerde.

Foi a fase seguinte que mais trabalhosa se revelou e que obrigou a vários ensaios e testes. Tanto os rebocos interiores de adobe (espessuras, plasticidade, tempos de cura, etc) como o isolamento exterior (tipo de EPS e reboco) foram objeto de muitos testes e experiências até que se obtivesse a qualidade de acabamento que se pretendia. Recordamos que as casas em construção se pretendiam de alta qualidade, tendo como alvo de mercado a classe econômica superior. Não só as habitações como os serviços oferecidos, instalações comuns e qualidade geral (baixo índice de ocupação do terreno - 15%) apontavam a preços de venda entre 500 mil a um milhão de euros (+/- 2.500 €/ m2 incluindo terreno), a valores da primeira década dos anos 2000, sendo, aliás, desejo de todos os envolvidos, quebrar o tabu da fraca qualidade das construções em adobe.



Figuras 13, 14 e 15: Reboco de Adobe. Fonte: AlmaVerde.



Figuras 16, 17 e 18: Isolamento e Reboco Exterior. Fonte: AlmaVerde.

O restante dos processos de construção, pela sua natureza convencional, não são aqui desenvolvidos. Destaca-se a atenção dada à automação do controle do ambiente interior, tendo em consideração serem casas para férias e não para habitação permanente. Assim foi instalada uma central de comando que controla tanto o aquecimento pela caldeira como o sistema da *Coolhouse*, podendo o sistema ser programado para vários tipos de ambientes e horários.

Para concluir este capítulo apresentam-se registros fotográficos da habitação concluída, realçando-se a qualidade global da mesma e a atenção dada ao acabamento final.



Figuras 19 e 20: Vista Global. Fonte: AlmaVerde.



Figuras 21 e 22: Interiores. Fonte: AlmaVerde.



Figuras 23 e 24: Interiores. Fonte: AlmaVerde.



Figuras 25, 26 e 27: Áreas Técnicas. Painel de controle dentro da casa, unidade de ventilação da Coolhouse, caldeira e depósito de água quente. Fonte: AlmaVerde.



Figuras 28 e 29: Exteriores. Fonte: AlmaVerde.

5. Conclusões

Embora os resultados da pesquisa feita fossem imediatamente sentidos mal se começou a concluir as construções (e mesmo durante a própria construção mesmo sem o sistema estar ainda a funcionar), tanto o programa da EU exigia, como a equipe de trabalho desejava, a realização de monitoramento e comprovação de resultados obtidos com o sistema proposto e desenvolvido.

Assim foram feitos monitoramentos em algumas das primeiras casas construídas, das quais destacamos a casa 54, cujos dados foram oficialmente monitorados pelo programa da Comunidade Europeia já referido.

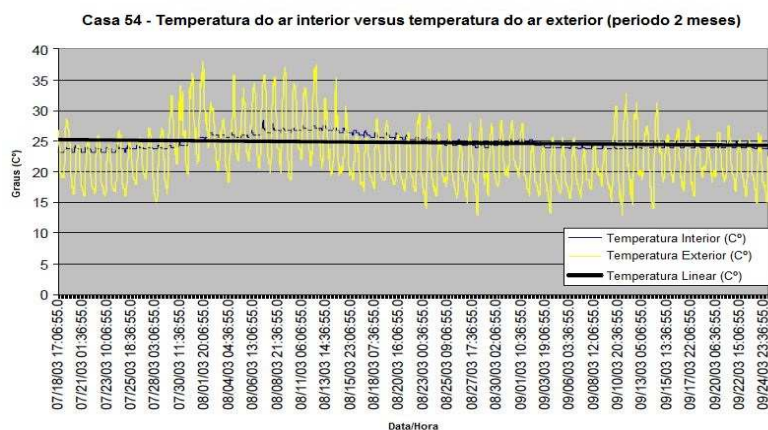


Figura 30: Temperaturas Casa 54. Fonte: AlmaVerde.

Este primeiro gráfico (Figura 30) mostra, ao longo de um período de dois meses, o registro das temperaturas interna e externa desta casa, sendo a primeira tomada na sala de estar da casa e a segunda na face Norte da mesma, sem esquecer que a face Sul podia atingir temperaturas até 10 graus mais elevadas.

Facilmente se constata que a temperatura interior, que registra uma temperatura linear média consistente de 25 C°, tem oscilações que não ultrapassam uma amplitude total superior a 5 C°, enquanto que a temperatura exterior oscila frequente e regularmente com grandes amplitudes, chegando a atingir máximos de 11 C° acima da temperatura da casa e 8 C° abaixo da mesma, números que superaram muito as expectativas.

Estes resultados foram idênticos em testes realizados noutras casas e, melhor do que os próprios, a opinião generalizada dos proprietários que concordaram em absoluto com a dispensa de necessidade de montagem de ar condicionado.

Outro registro realizado foi, no mesmo período de dois meses, a umidade relativa do ar registrada no exterior (à entrada dos tubos de ventilação da Coolhouse) e no interior da casa (novamente na sala de estar). É o que mostra o gráfico da Figura 31 em baixo.

Cabe aqui referir que a ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Sociedade Americana de Engenharia de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado), recomenda, como condições térmicas ambientais ideais para a ocupação humana, a manutenção de umidade relativa entre 30% e 60%.

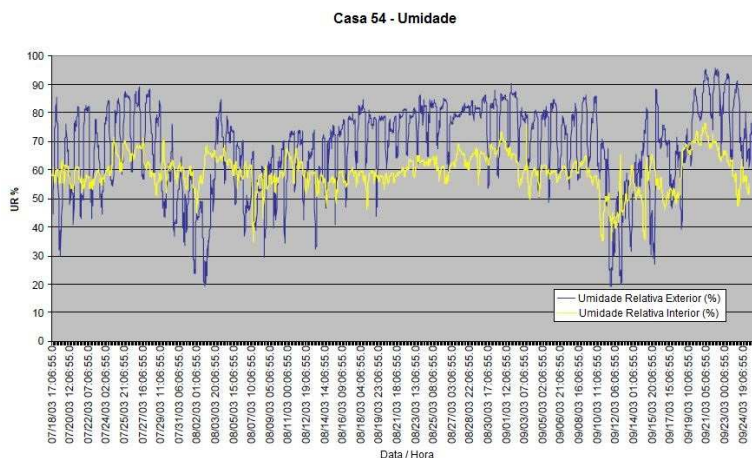


Figura 31: Umidade Casa 54. Fonte: AlmaVerde.

Pela análise do gráfico pode-se concluir que os níveis da umidade relativa interior não oscilam mais do $\pm 20\%$ do valor médio de 60%, sendo a maioria dos registros situados entre os 50 e os 70%.

Pode-se, portanto, concluir que a construção realizada é eficiente na redução de valores de umidade relativa dentro da habitação, tendo eventualmente a utilização de adobe tido um papel importante, devido à sua capacidade de absorver e emitir umidade. De igual modo a construção das paredes exteriores terá colaborado neste resultado devido à sua capacidade de respirar.

Por fim, vale salientar dois últimos aspetos. Por um lado, a sensação de ar fresco que se percebe no interior das casas, sensação essa transmitida por todos os proprietários, mesmo após longas ausências. Por outro o significativo número de distinções e reconhecimento que o empreendimento recebeu, destacando-se:

- Homes Overseas Awards 2006 - Melhor Empreendimento Sustentável – Ouro
- European Royal Award for Sustainability em 2006
- Homes Overseas Awards 2008 - Melhor Empreendimento Sustentável – Ouro e,
- Prêmios OPP Awards for Excellence 2010 - Melhor Inovação e Melhor Eco Resort

Referências

ALMAVERDE VILLAGE & SPA – Arq. Jes Mainwaring: Projetos, especificações e imagens

EU FIFTH FRAMEWORK PROGRAMME – Comunidade Europeia 1998

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Norma 55-2004: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

LEGISLAÇÃO PORTUGUESA – Decretos-Lei nº 555/99 e nº 118/2013.