

DM

Micro Captação de Energia Solar com Coletores Caseiros

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

João Abel Nóbrega Gouveia

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



UNIVERSIDADE da MADEIRA

A Nossa Universidade

www.uma.pt

setembro | 2017



MICRO CAPTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR COM COLETORES CASEIROS

Tese submetida para o grau de Mestre em Engenharia Civil na Universidade da Madeira

por

João Abel Nóbrega Gouveia

Orientador

Lino Manuel Serra Maia

(Universidade da Madeira)

Setembro 2017

MICRO CAPTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR COM COLETORES CASEIROS

PALAVRAS-CHAVE

Aquecedor solar

Acumulador térmico

Energia renovável

KEYWORDS

Solar heater

Thermal accumulator

Renewable energy

Autor: João Abel Nóbrega Gouveia

FCEE – Faculdade de Ciências Exatas e da Engenharia

Campus Universitário da Penteada

9020 - 105 Funchal – Portugal, s/n

Telefone + 351 291 705 230

Correio eletrónico: secretariadointerno@uma.pt

Funchal, Madeira

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao professor Doutor Lino Maia por me ter orientado neste trabalho e por acreditar nas minhas capacidades.

Ao Técnico Gerente da empresa ElectroCaniço, Higino Caires, por toda a informação fornecida.

A todo o grupo docente da Universidade da Madeira que esteve presente no meu percurso universitário.

Ao meu irmão, pelo carinho e vontade de me ensinar.

Aos meus pais, a quem eu devo dedicação e apoio ao longo de toda a minha vida.

A todos os meus amigos e colegas de curso, em especial ao Jonas e ao Sérgio, pelo apoio, discussões e ideias.

À minha namorada, Marília, pelo seu apoio, paciência e motivação nos momentos mais importantes.

Funchal, setembro de 2017
Abel Gouveia

Resumo

O presente trabalho descreve a construção de um coletor solar alternativo para aplicações de aquecimento de águas sanitárias de uma habitação.

Uma vez que se trata de uma solução caseira foram utilizados materiais normalizados pouco utilizados nestes sistemas como tubagens PVC, vidro simples e XPS, complementando com materiais caseiros como a utilização de uma arca antiga como acumulador e caixas Tetra Pak para isolamento, de forma a manter o custo da solução o mais reduzido possível.

O sistema coletor e acumulador foi submetido a testes experimentais onde foram determinados, para a estação do verão, as respetivas temperaturas em três pontos distintos (acumulador, entrada no coletor e saída do coletor). Os testes foram feitos, numa primeira fase, com o coletor sem vidro, e numa segunda fase, com o coletor com vidro, para se poder fazer a comparação de resultados.

Os resultados permitiram chegar a conclusões no âmbito de benefício custo versus um sistema semelhante normalizado e os principais fatores influenciadores nas temperaturas obtidas. O sistema demonstrou ser capaz de aquecer água suficiente para 2 pessoas na estação de arrefecimento, no entanto prevê-se que este não terá capacidades para a estação de inverno. É recomendado que o mesmo seja usado como complemento de um sistema normalizado para aquecimento de águas.

Summary

The present project describes the construction of an alternative solar collector for domestic water heating applications.

Since it is a home-made solution, it was used low-level standard materials such as PVC pipes, simple glass and XPS, complementing with household materials such as the use of an old freezer as accumulator and Tetra Pak boxes as isolation to maintain the cost of the solution as low as possible.

The collector and accumulator system were subjected to experimental tests where the respective temperatures were determined for the summer season at three different points (accumulator, collector inlet and collector outlet). The tests were done, in a first phase, with the collector without glass, and in a second phase, with the collector with glass, then results being compared.

The results allowed to reach conclusions on the cost benefit versus a similar normalized system and the main factors influencing the temperatures obtained. The system has been shown to be able to heat enough water for 2 people in the cooling station, however it is predicted that it will not have capacity for the winter season. It is recommended that it be used as a complement to a standard water heating system.

Índice

1.	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.1.	Introdução	1
1.2.	Motivação	2
1.3.	Objetivos	2
2.	ESTADO DE ARTE	3
2.1.	Processos de transferência de calor	3
2.1.1.	Radiação.....	3
2.1.2.	Condução	4
2.1.3.	Convecção.....	4
2.2.	Radiação eletromagnética.....	4
2.3.	Radiação Solar	5
2.3.1.	Medição da radiação solar.....	6
2.4.	Mapas de radiação solar e de insolação	7
2.5.	Efeito de estufa.....	9
2.6.	Obrigações de ter um coletor solar (legislação).....	9
2.7.	Sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis	11
2.8.	Certificados energéticos	12
3.	APROVEITAMENTO SOLAR PARA AQUECIMENTO DE ÁGUAS	13
3.1.	Coletor solar	13
3.1.1.	Funcionamento a nível energético de um coletor solar (geral)	13
3.1.2.	Tipos de sistemas em coletores solares	14
3.1.2.1.	Sistema termossifão	14
3.1.2.2.	Sistema forçado.....	15
3.1.2.3.	Sistemas diretos e indiretos.....	15
3.2.	Coletores solares normalizados	16
3.2.1.	Coletor plano	16
3.2.2.	Coletores concentradores.....	17
3.2.3.	CPC ou coletores concentradores parabólicos	18
3.2.4.	Coletores de tubos de vácuo.....	19

Índice

3.2.5.	Coletores sem cobertura	20
3.2.6.	Superfície de coletores.....	21
3.3.	Exemplos de coletores solares não normalizados/caseiros	22
3.3.1.	Coletor solar com tubos de PVC embutidos em camada de betão	22
3.3.2.	Coletor solar com tubagem em espiral	23
3.3.3.	Coletor solar com tubos de alumínio parcialmente embutidos em camada de betão 23	
3.3.4.	Coletor solar com sistema de termossifão	24
3.3.5.	Reservatório de água alternativo	25
4.	APLICAÇÃO PRÁTICA – CONSTRUÇÃO DE COLETOR CASEIRO.....	27
4.1.	Introdução.....	27
4.2.	Materiais e respetivo custo.....	28
4.2.1.	PVC	28
4.2.2.	Tabuas de madeira de pinho 300*2*7 (cm)	31
4.2.3.	Verniz para exterior	31
4.2.4.	Vidro simples transparente com 3 mm de espessura 150*60 (cm)	32
4.2.5.	XPS 150*60*3.....	32
4.2.6.	Fita de papel de alumínio	33
4.2.7.	Termómetro	33
4.3.	Preços e quantidades.....	34
4.4.	Aplicação	34
4.5.	Dimensionamento do coletor.....	38
4.6.	Processo de construção	41
4.7.	Análise de resultados	51
4.7.1.	Coletor sem vidro	52
4.7.1.1.	Temperaturas máxima e mínimas.....	53
4.7.1.2.	Evolução de temperatura – semana tipo.....	53
4.7.1.3.	Análise de aumento de temperatura após inserção de 65l água.....	55
4.7.1.4.	Perdas de calor pelo acumulador.....	55
4.7.1.5.	Influência da temperatura.....	56
4.7.1.6.	Influência do vento	58

Índice

4.7.1.7.	Eficiência do coletor.....	61
4.8.	Coletor com vidro.....	63
4.8.1.	Temperaturas máximas e mínimas	63
4.8.2.	Evolução das temperaturas na semana tipo	64
4.8.3.	Eficiência do coletor.....	66
4.8.4.	Perdas de calor pelo acumulador	67
4.8.5.	Potencialidade do coletor com chuva.....	67
4.9.	Poupança Energética	68
5.	CONCLUSÕES.....	70
5.1.	Notas finais	70
5.2.	Conclusões	71
5.3.	Desenvolvimentos futuros e notas finais	71
6.	BIBLIOGRAFIA.....	73
7.	ANEXOS.....	77

Índice de figuras

Figura 1 Espectro eletromagnético	5
Figura 2 Onda eletromagnética.....	5
Figura 3 Radiação solar	6
Figura 4 Medidor de radiação solar piranómetro	7
Figura 5 Radiação solar em Portugal.....	8
Figura 6 Insolação em Portugal	8
Figura 7 Efeito estufa	9
Figura 8 Coletor Solar plano – sistema termossifão	14
Figura 9 Coletor plano.....	17
Figura 10 Coletores concentradores	18
Figura 11 CPC.....	18
Figura 12 Coletores de tubos de vácuo	19
Figura 13 coletores sem cobertura	20
Figura 14 Coletor de Nayak et al.	22
Figura 15 Coletor com tubagem de polietileno	23
Figura 16 Tubagem embutida em camada de betão	23
Figura 17 Coletor de tubos de PVC	24
Figura 18 Caixa de fibrocimento	25
Figura 19 Reservatório de Sousa	26
Figura 20 Coletor solar.....	28
Figura 21 Tubos de PVC.....	28
Figura 22 Cola para PVC	30
Figura 23 Acessório para tubos PVC	30
Figura 24 Madeira Pinho	31
Figura 25 Bondex exterior.....	31
Figura 26 Vidro simples.....	32
Figura 27 XPS	32
Figura 28 Fita de alumínio.....	33
Figura 29 Termómetro.....	33
Figura 30 Moradia apresentação Revit.....	35
Figura 31 Moradia por Reabilitar.....	35
Figura 32 Piso 0 da moradia	36
Figura 33 Corte de moradia com coletor solar.....	37
Figura 34 Planta de moradia com coletor solar	37
Figura 35 Pormenor para recolha de água	38
Figura 36 Projeto coletor solar	39
Figura 37 Corte coletor solar.....	40

Índice de figuras

Figura 38 Custo coletor solar de 200L	41
Figura 39 Medição de furos	42
Figura 40 Marcação de furos.....	42
Figura 41 Furação com fresa	42
Figura 42 Tubagem furada	43
Figura 43 Tubagem PVC montada.....	44
Figura 44 Demonstração de inserção dos tubos de PVC	44
Figura 45 Preparação da estrutura de madeira com Bondex®.....	45
Figura 46 Preenchimento das juntas com espuma isoladora	45
Figura 47 Esquema das embalagens Tetra Pak	46
Figura 48 Furação da arca	47
Figura 49 Preparação das juntas dos furos da arca	48
Figura 50 Inclinação frontal	49
Figura 51 Processo de ligação tubo/tubo ou acessório/tubo [33]	49
Figura 52 Ligação em PVC acumulador coletor.....	50
Figura 53 Coletor com vidro	51
Figura 54 Mastik hibrido	51
Figura 55 Coletor completo sem vidro.....	52
Figura 56 Evolução típica de temperaturas (sem vidro).....	54
Figura 57 Comparação temperaturas (influência da temperatura)	58
Figura 58 Comparação de temperaturas (influência do vento)	60
Figura 59 Coletor completo com vidro.....	63
Figura 60 Evolução tipo de temperaturas (com vidro)	65
Figura 61 Comparação das eficiências	67
Figura 62 Evolução de temperatura em dia de chuva.....	68

Índice de tabelas

Tabela 1 Área necessária para aquecimento de água	21
Tabela 2 Necessidade de água quente em habitações.....	21
Tabela 3 Necessidade de água quente em hotéis e restaurantes.....	21
Tabela 4 Dimensões de tubagens de PVC	29
Tabela 5 Custo dos materiais para construir o coletor	34
Tabela 6 Temperatura máxima e mínima do coletor sem vidro.....	53
Tabela 7 Aquecimento de água das 11 h às 15 h após a colocação de água fresca	55
Tabela 8. Arrefecimento da água no acumulador das 23 h às 11 h	56
Tabela 9 Registo de temperaturas 1/8 a 4/8.....	57
Tabela 10 Registo de temperaturas 17/8 a 20/8.....	57
Tabela 11 Comparação de temperaturas termómetro 1	58
Tabela 12 Registo de temperatura 28/7 a 31/7.....	59
Tabela 13 Registo de temperaturas 5/8 a 8/8.....	59
Tabela 14 Comparação de temperaturas de termómetro 1	60
Tabela 15 Aumento da temperatura no coletor.....	62
Tabela 16 Temperaturas máximas e mínimas com vidro	64
Tabela 17 Eficiência do coletor	66
Tabela 18 Perdas de temperatura	67

1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1. Introdução

Embora o aproveitamento da energia solar seja uma preocupação bastante antiga em todo mundo, só nas últimas décadas foram aprimoradas técnicas que possibilitaram a construção de coletores e outros componentes, que tornaram viável sua utilização com um melhor rendimento e a custos compatíveis com outras fontes clássicas de energia.

Um dos objetivos propostos pela comissão Europeia em 2020 é a diminuição dos gases de efeito estufa, 20% da energia ser proveniente de energias renováveis e um aumento de 20% da eficiência energética dos edifícios. Isto só demonstra que existe um caminho cada vez maior para as energias renováveis e uma preocupação com o ambiente [1].

Desta forma, complementada com a atual crise a ser vivida no nosso país, tem surgido soluções caseiras para aquecimento de águas sanitárias de baixo custo. Estas soluções, apesar de serem de eficiências mais baixas que as soluções existentes normalizadas, o seu custo torna-as bastante apelativas.

O estudo de soluções não normalizadas pois, para além destas serem cada vez mais comuns, são amigas do ambiente uma vez que muitas delas sustentam a reutilização de materiais e contemplam a aplicação de materiais reciclados e recicláveis de forma a manter os seus custos baixos quer do ponto de vista económico quer do ponto de vista ambiental.

1.2. Motivação

A investigação desta temática prende-se essencialmente com:

- Uma razão de sentido lato, relacionada com a busca contínua pela melhor eficiência analisando-se novos materiais e soluções de combinação de materiais;
- Uma razão de sentido nacional, relacionada com a dependência energética nacional e com o peso relativo que a energia consumida em edifícios tem no consumo de energia primária;
- Uma razão de sentido racional por incluir uma aplicação prática que pretende resolver um real, na reabilitação que brevemente se pretende realizar;
- O prazer de trabalhar um tema moderno de forma a contribuir para o país com ideias e novas soluções para aquecimento de água.

1.3. Objetivos

A presente tese de mestrado pretende contribuir para minimizar a pegada ecológica da humanidade percebendo a potencialidade da energia solar e as diferentes formas do seu aproveitamento para aquecimento de águas, tendo em principal atenção em soluções caseiras e/ou não normalizadas.

O objetivo principal do projeto incide na construção de um coletor solar de baixo custo, privilegiando a utilização de materiais amigos do ambiente e analisar a sua potencialidade na utilização para aquecimento de águas em moradias, autonomamente ou como complemento de um sistema normalizado para aquecimento de águas. A construção do coletor é feita pelo próprio autor que terá como base coletores não normalizados já existentes e disponibilizados na literatura.

2

ESTADO DE ARTE

2.1. Processos de transferência de calor

O calor é a designação atribuída à energia térmica sendo transferida de um sistema para outro devido à diferença de temperaturas entre eles.

Os processos pelos quais ocorre transferência de calor (transferências de energia sob a forma de calor) são tradicionalmente divididos em [2]:

- Radiação
- Condução
- Convecção

2.1.1. Radiação

A radiação consiste na emissão e propagação de ondas eletromagnéticas por alteração na configuração eletrônica de átomos e moléculas. Designa-se por radiação térmica, toda a energia radiante emitida na gama de comprimentos de onda 0,1 a 100 μm do espectro eletromagnético.

2.1.2. Condução

A condução ocorre quando duas ou mais substâncias estão em contato físico direto. Na condução o calor é transferido por colisões entre átomos e moléculas vizinhas. O calor flui das temperaturas mais altas (moléculas com maior energia cinética) para as temperaturas mais baixas (moléculas com menor energia cinética). A capacidade das substâncias para conduzir calor (condutividade) varia consideravelmente. De uma forma geral os sólidos são melhores condutores que os líquidos e os líquidos são melhores condutores que os gases.

2.1.3. Convecção

A convecção consiste na transferência de calor dentro de um fluido através de movimentos do próprio fluido. O calor ganho na camada mais baixa da atmosfera através de radiação ou condução é mais frequentemente transferido por convecção. A convecção ocorre como consequência de diferenças na densidade do ar.

Quando o calor é conduzido da superfície relativamente quente para o ar sobrejacente, este ar torna-se mais quente que o ar vizinho. Ar quente é menos denso que o ar frio de modo que o ar frio e denso desce e força o ar mais quente e menos denso a subir. O ar mais frio é então aquecido pela superfície e o processo é repetido.

2.2. Radiação eletromagnética

Praticamente toda a troca de energia entre a Terra e o resto do Universo ocorre por radiação, que é a única que pode atravessar o relativo vazio do espaço.

A radiação eletromagnética pode ser considerada como um conjunto de ondas (elétricas e magnéticas) cuja velocidade no vácuo é $c = 3 * 10^8 m/s$. As várias formas de radiação, caracterizadas pelo seu comprimento de onda, compõem o espectro eletromagnético [3] (Figura 1).

O comprimento de onda (λ) é a distância entre cristas (ou cavados) sucessivos; a frequência de onda (f) é o número de ondas completas (1 ciclo) que passa por um dado ponto por unidade de tempo (s). A relação entre λ , f e a velocidade c é $c = \lambda * f$ [1] (Figura 2).

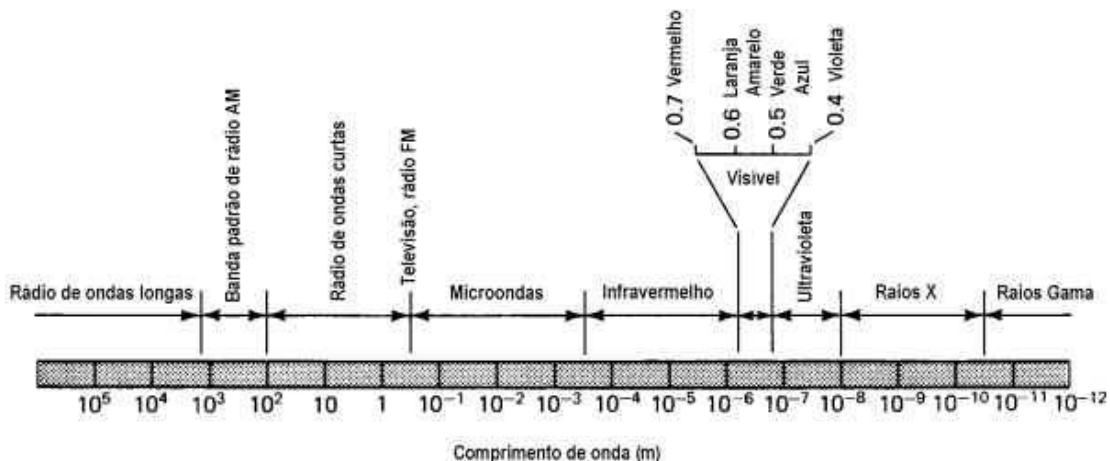


Figura 1 Espectro eletromagnético



Figura 2 Onda eletromagnética

2.3. Radiação Solar

Radiação solar é a designação dada à energia radiante emitida pelo Sol, em particular aquela que é transmitida sob a forma de radiação eletromagnética. A maior parte da energia radiante do sol está concentrada nas partes visível e próximo do visível do espectro. A luz visível corresponde a ~43% do total emitido, 49% estão no infravermelho próximo e 7% no ultravioleta. Menos de 1% da radiação solar é emitida como raios X, raios gama e ondas de rádio [5 e 5].

A radiação solar que incide numa superfície é dividida em radiação solar direta, difusa e refletida. A radiação direta é a radiação solar que incide diretamente na superfície. A

radiação difusa é a radiação solar recebida de forma indireta resultante da difração nas nuvens, nevoeiro, poeiras em suspensão assim como outros obstáculos presentes na atmosfera. A radiação refletida é a radiação solar que é refletida de outras superfícies para esse objeto, como ilustra a Figura 3. As nuvens, as massas de gelo e neve e inclusive a superfície terrestre são refletores razoáveis. A fração de radiação refletida para o espaço é de cerca de 30 a 40% da radiação recebida [6].

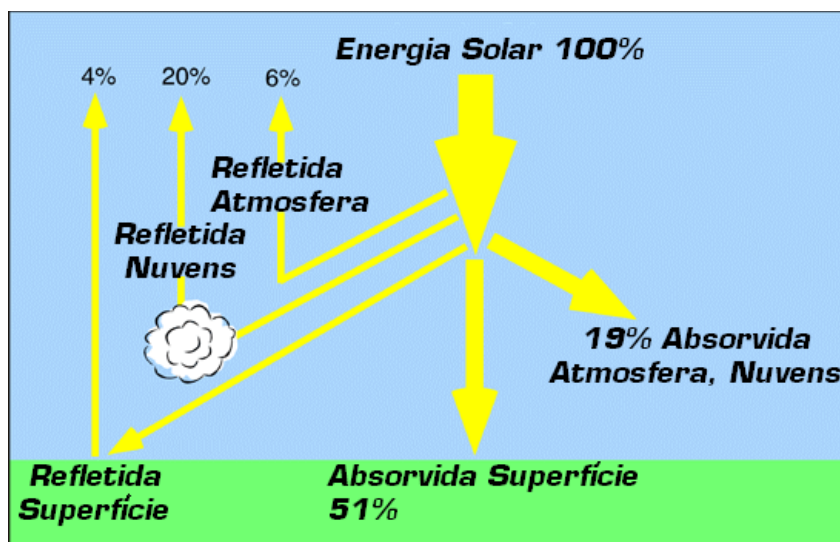


Figura 3 Radiação solar

Radiação solar é a designação dada à energia radiante emitida pelo Sol, em particular aquela que é transmitida sob a forma de radiação eletromagnética. Cerca de metade desta energia é emitida como luz visível na parte de frequência mais alta do espectro eletromagnético e o restante na do infravermelho e ultravioleta.

2.3.1. Medição da radiação solar

Existem aparelhos que medem a radiação solar. São exemplos desses aparelhos o piranómetro, o actinógrafo, o heliógrafo e o piroheliómetro [7].

Piranómetro: este aparelho mede a radiação solar que incide sobre uma superfície plana e apresenta uma elevada exatidão (Figura 4);

Actinógrafo: este aparelho não só mede, como regista a radiação global;



Figura 4 Medidor de radiação solar piranómetro

Heliógrafo: este aparelho mede e regista o número de horas de insolação, isto é, a quantidade de energia por unidade de área e por unidade de tempo que chega a um determinado lugar da superfície da Terra, que varia de acordo com o lugar, a hora do dia e a época do ano;

Piroheliómetro: este aparelho mede e regista a radiação direta normal.

2.4. Mapas de radiação solar e de insolação

A soma da média anual da radiação solar varia entre os 1450 e os 1850 kWh/m² o que faz com que Portugal seja dos países europeus com maior potencial para aproveitamento da radiação solar, como é possível verificar pela Figura 5 [8 e12].

Assim como o registo da radiação solar, é possível contabilizar o número de horas de luz, ou insolação, e em Portugal Continental, os valores da insolação global anual variam entre as 1800 e as 3100 horas, como mostra a Figura 6.

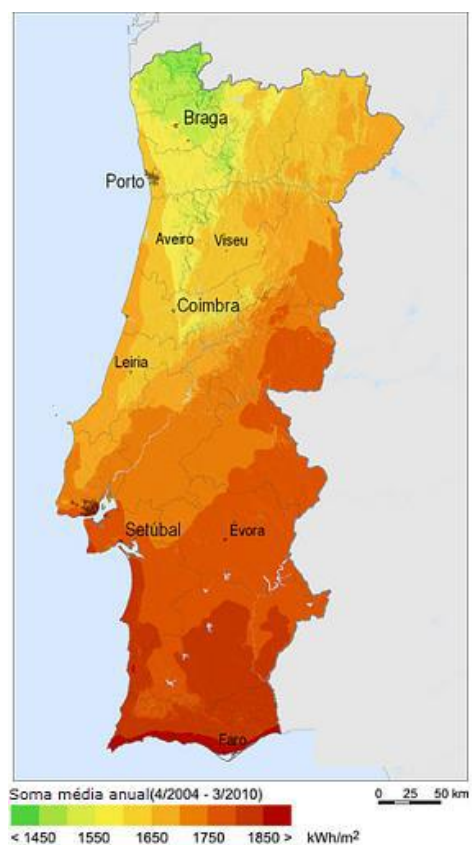


Figura 5 Radiação solar em Portugal

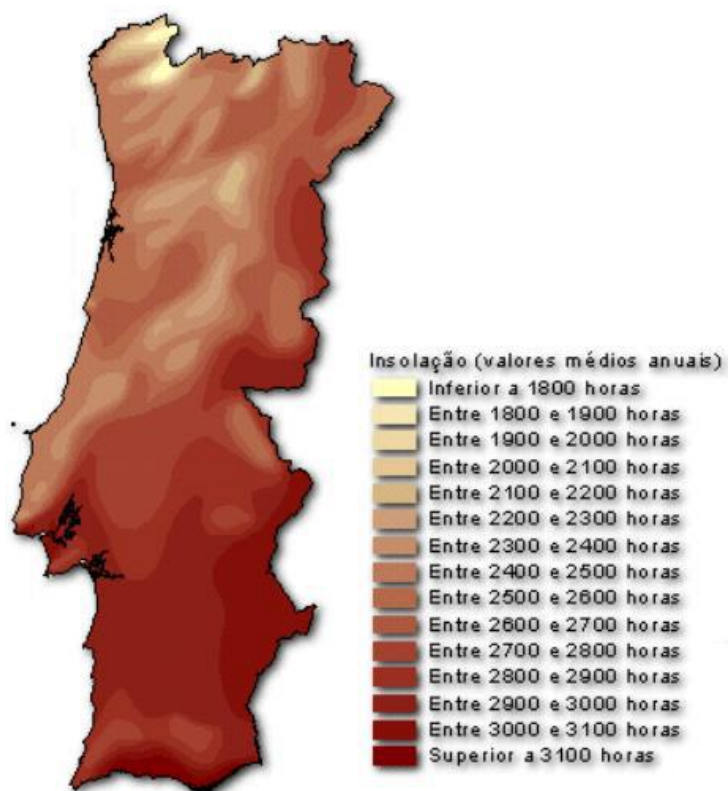


Figura 6 Insolação em Portugal

2.5. Efeito de estufa

O efeito de estufa consiste na retenção da radiação emitida por um corpo, sem perda desta para o exterior. Um exemplo prático deste efeito é a Terra. A superfície terrestre é aquecida durante o dia pela absorção da radiação proveniente do Sol e durante a noite parte desta é emitida para o espaço.

No entanto, a presença de gases, como o dióxido de carbono (CO_2), o vapor de água e outros em porções mais pequenas como o metano e óxidos nítricos presentes na atmosfera terrestre bloqueiam a radiação infravermelha, de maior comprimento de onda, sendo de novo refletida para a superfície terrestre (Figura 7). A estes gases dá-se o nome de gases de efeito estufa (GEE).



Figura 7 Efeito estufa

2.6. Obrigações de ter um coletor solar (legislação)

A instalação de sistemas de energias renováveis é obrigatória em todas as novas construções de edifícios/frações de habitação, sempre que haja exposição solar adequada (pontos 2 e 3 do artigo 27º do Decreto-lei n. 118/2013, de 20 de agosto, na sua atual redação).

A instalação de sistemas de energias renováveis é obrigatória em todas as obras que se configurem como grande intervenção em edifícios/frações de habitação, sempre que haja

exposição solar adequada e desde que os sistemas de produção e de distribuição de água quente sanitária sejam parte dessa intervenção (pontos 2 e 3 do artigo 29º do Decreto-lei n. 118/2013, de 20 de agosto, na sua atual redação) de acordo com as seguintes regras:

- a)** A energia fornecida pelo sistema solar térmico a instalar tem de ser igual ou superior à obtida com um sistema solar constituído por coletores padrão, com as características que constam em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia e calculado para o número de ocupantes convencional definido pela entidade fiscalizadora responsável do SCE, na razão de um coletor padrão por habitante convencional;
- b)** O valor da área total de coletores pode, mediante justificação fundamentada, ser reduzido de forma a não ultrapassar 50% da área de cobertura com exposição solar adequada;
- c)** No caso do sistema solar térmico se destinar adicionalmente à climatização do ambiente interior da habitação, deve ser salvaguardado que a contribuição deste sistema seja prioritariamente para a preparação de água quente sanitária e que a mesma seja considerada para efeitos do disposto nas alíneas anteriores.

No caso de pequena intervenção em edifícios/frações de habitação não é obrigatório a instalação de solar térmico, contudo, se for opção a sua instalação, e para que possa ser contabilizada para efeitos do referido decreto-lei, esta deverá cumprir os requisitos qualidade, calculando a respetiva contribuição de acordo com as regras definidas para o efeito pela DGEG (ponto 4 do artigo 29º do Decreto-lei n. 118/2013, de 20 de agosto, na sua atual redação)

As ampliações são observadas como intervenções com base na alínea gg) do art. 2º do Decreto-lei n. 118/2013, de 20 de agosto, na sua atual redação. Assim, é necessário observar se a ampliação se configura como grande ou pequena intervenção seguindo os mesmos requisitos que lhe são aplicáveis, respetivamente.

Para efeitos de contabilização de energia renovável no cálculo e atribuição de classe de eficiência energética a instalação deve cumprir com observado no disposto no ponto 5 da Portaria n. 349-B/2013, de 29 de novembro. (Requisitos de conceção para edifícios novos e intervenções)

2.7. Sistemas para aproveitamento de fontes de energia renováveis

Os sistemas de coletores solares térmicos a instalar devem proporcionar uma contribuição de energia renovável igual ou superior à calculada para um sistema idêntico ao previsto ou instalado, baseado em coletores solares padrão com as seguintes características:

- a)** Orientação a Sul e com inclinação de 35°;
- b)** Apresentação dos seguintes parâmetros geométricos, óticos e térmicos:
 - i.** Planos com área de abertura de 0,65 m² por ocupante convencional;
 - ii.** Rendimento ótico de 73%;
 - iii.** Coeficientes de perdas térmicas $a_1=4,12 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ e $a_2=0,014 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}^2)$;
 - iv.** Modificador de ângulo para incidência de 50° igual a 0,91.

As instalações para aproveitamento de energia solar térmica a instalar devem:

- a)** Ser compostas por sistemas e/ou coletores certificados de acordo com as Normas EN 12976 ou 12975, respetivamente;
- b)** No caso de instalações com área de captação superior a 20 m², dispor de projeto de execução elaborado de acordo com o especificado na referida Portaria nº 701-H/2008, de 29 de julho;
- c)** No caso dos sistemas solares dotados de resistência de apoio elétrico dentro do depósito de armazenamento, incluir a instalação de um relógio programável e acessível, para atuação da resistência de forma que, durante o dia, o depósito possa receber energia proveniente do coletor solar.

Independentemente do tipo de sistema para aproveitamento de fontes de energia renováveis a instalar, estes devem:

- a)** Respeitar os demais requisitos de projeto e de qualidade dos equipamentos e componentes aplicáveis no âmbito da legislação, regulamentação e normas portuguesas em vigor;
- b)** Ser instalados por instalador devidamente qualificado no âmbito de sistemas de qualificação ou acreditação aplicáveis, sempre que a sua aplicação decorra de:
 - i.** Diretiva Europeia ou legislação nacional em vigor;
 - ii.** Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia.
- c)** Registo da instalação e manutenção em base de dados criada e gerida pela entidade gestora do SCE, em condições a definir por Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia.

Em situações de edifícios existentes a contribuição de energias renováveis pode ser contabilizada de acordo com o exposto no ponto 5 do Despacho n.º 15793-E/2013.

2.8. Certificados energéticos

A realização da certificação energética é, em primeira instância, da responsabilidade dos proprietários dos imóveis e surge como obrigatória em diversos contextos. Nessa medida estão abrangidos pelo Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE), os seguintes edifícios:

- i.** Todos os edifícios novos;
- ii.** Todos os edifícios existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, ou seja, intervenções na envolvente ou nas instalações técnicas do edifício, cujo custo seja superior a 25% do valor do edifício, nas condições definidas em regulamento próprio;
- iii.** Os edifícios de comércio e serviços existentes com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;
- iv.** Os edifícios que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento ocupada por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 500 m²;
- v.** Todos os edifícios existentes, quer de habitação como de serviços, aquando da celebração de contratos de venda e de locação, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE.

3

APROVEITAMENTO SOLAR PARA AQUECIMENTO DE ÁGUAS

3.1. Coletor solar

Coletor Solar é um sistema, composto por tubagens e reservatório, construído com o objetivo de aquecer água através de radiação solar [9, 10 e 11].

3.1.1. *Funcionamento a nível energético de um coletor solar (geral)*

No balanço energético de um coletor solar plano sempre se deve considerar os ganhos (entradas) energéticos e as perdas (saídas) energéticas.

A principal entrada de energia é a radiação solar. Ao incidir sobre a superfície do coletor (placa coletora) parte desta será absorvida pela placa coletora e parte será refletida (perda). Usualmente utiliza-se cores escuras não brilhantes nas placas coletoras para se minimizar as perdas causadas por reflexão.

A energia absorvida pela placa coletora é transferida por condução ao fluido. Os coletores geralmente são construídos com material isolante em volta da placa coletora de modo a evitar perdas por condução.

A placa coletora pode diferenciar consoante o tipo de coletor: pode ser os próprios tubos que transportam o fluido, uma superfície de betão ou então outro material com a superfície enegrecida.

3.1.2. Tipos de sistemas em coletores solares

3.1.2.1. Sistema termossifão

Este tipo de sistema solar para produção de águas quentes sanitárias é aplicado a instalações de dimensões mais reduzidas pois é um sistema que apresenta algumas limitações no que toca à produtividade solar, à capacidade de armazenamento de energia e de área de captação. Ainda assim, é um sistema de fácil instalação e que não depende de outros aparatos mecânicos para fazer circular o fluido solar ou de controlos elétricos para o seu funcionamento [9].

Aquando da incidência da radiação no coletor, o fluido solar sofre um aumento de temperatura, diminuindo a densidade e fazendo com que o fluido circule por convecção natural. Com a diminuição da densidade do fluido provocado pelo seu aquecimento, este ascende do coletor ao acumulador e o fluido a uma temperatura inferior descende até ao coletor. Desde que haja uma diferença de temperatura entre o acumulador e o coletor, este processo ocorre de forma natural.

Quando o fluido solar ascende e alcança o permutador do acumulador, este transfere energia sob a forma de calor, aquecendo a água contida no interior do acumulador. O calor será tanto maior quanto maior for a radiação solar disponível. No caso de ausência de radiação ou de a temperatura no coletor ser inferior à temperatura do reservatório então não haverá circulação e conseqüentemente a água do acumulador não será aquecida. É para prevenção deste tipo de situações que é de extrema importância associar um sistema de apoio para satisfazer as necessidades (Figura 8).

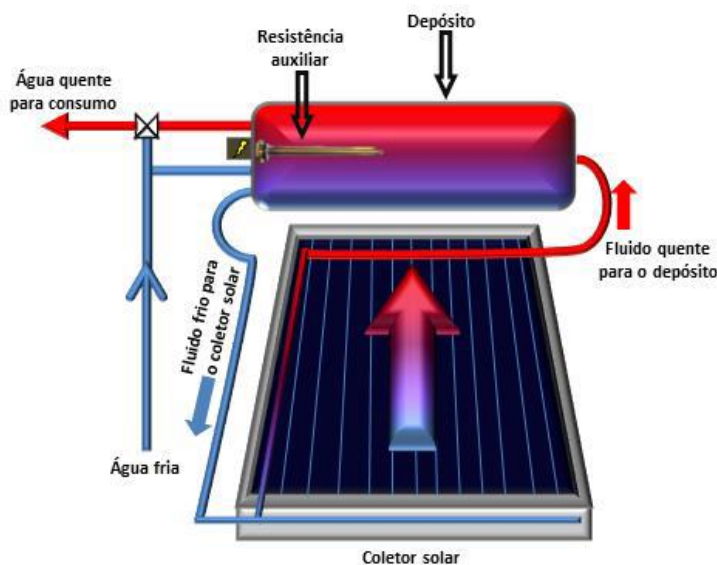


Figura 8 Coletor Solar plano – sistema termossifão

3.1.2.2. Sistema forçado

Num sistema de circulação forçado, o transporte de energia a partir do fluido térmico entre os coletores e o depósito é assegurado por uma bomba circuladora.

Este tipo de instalação apresenta maior potencial face ao sistema termossifão dado que é mais versátil, permite aquecer maiores volumes de água e daí resulta uma maior área de coletores solares. É também mais exigente por englobar um maior número de elementos e são necessários uma série de cálculos e dimensionamentos para que todo o sistema funcione de forma eficiente.

Aqui o acumulador pode ser instalado a um nível inferior e sem limite de distância aos coletores, dada a presença da bomba circuladora. Deste modo, sempre que houver uma diferença de temperatura entre o fluido térmico nos coletores e a água no acumulador, o controlador irá fornecer energia elétrica à bomba circuladora, que assim movimentará o fluido entre o coletor e o acumulador. Como consequência, a energia é conduzida do interior da serpentina do acumulador para a água de consumo que se encontra no interior do mesmo.

Os sistemas forçados tanto podem ser montados em telhados planos ou inclinados como existem soluções integradas para colocação no próprio telhado ou na fachada

3.1.2.3. Sistemas diretos e indiretos

A troca de calor entre o circuito primário e o secundário pode dar-se por transferência direta ou indireta. No caso da transferência direta, não existe separação entre os dois circuitos. Por outras palavras, a água que provém dos coletores é enviada diretamente para consumo.

Já no segundo caso existe uma separação, dado pelo nome de permutador de calor. Se este se encontrar no interior de um acumulador então dá-se o nome de serpentina.

Apesar do sistema direto apresentar um rendimento térmico superior, apresenta várias desvantagens, tornando-o desaconselhável em diversas aplicações. As desvantagens apontadas a este sistema são:

- Maior restrição nos materiais a utilizar, uma vez que a água que irá percorrer todo o circuito hidráulico será a de consumo;

- Risco de congelamento e como consequência danificação do equipamento em regiões onde as temperaturas mínimas sejam muito baixas;
- Elevado risco de corrosão, devido a uma constante oxigenação no interior da instalação;
- Elevado risco de incrustação de calcário.

Todos os inconvenientes mencionados, fizeram com que os sistemas indiretos começassem a ser cada vez mais utilizados.

3.2. Coletores solares normalizados

No mercado existem diversos tipos de coletores solares normalizados, cada um com as suas vantagens e desvantagens. Uma vez que se pretende comparar um sistema não normalizado, criado pelo autor da presente tese, com o existente no mercado, decidiu-se fazer um pequeno estudo nos coletores solares normalizados existentes[11, 12 e 12].

3.2.1. Coletor plano

Este tipo de coletor é o mais comum e destina-se a produção de água quente a temperaturas inferiores a 60 °C (Figura 9).

Este é formado por:

- Cobertura transparente: para provocar o efeito de estufa e reduzir as perdas de calor e ainda assegurar a estanquicidade do coletor;
- Placa Coletora: serve para receber a energia e transforma-la em calor, transmitindo-a para o fluido térmico que circula por uma série de tubos em paralelo ou serpentina. Para obter maiores rendimentos existem superfícies seletivas que absorvem como um corpo negro e que perdem menos radiação;
- Caixa isolada: serve para evitar perdas de calor por condução e por radiação uma vez que deverá ser isolada termicamente, para dar rigidez e proteger o interior do coletor dos agentes externos.



Figura 9 Coletor plano

3.2.2. Coletores concentradores

Para atingir temperaturas mais elevadas há que diminuir as perdas térmicas do recetor. Estas são proporcionais à superfície deste. Reduzindo-a em relação à superfície de captação, consegue-se reduzir as perdas térmicas na proporção dessa redução. Os sistemas assim concebidos chamam-se concentradores, e concentração é precisamente a relação entre a área de captação (a área de vidro que serve de tampa à caixa) e a área de receção (Figura 10).

Acontece que, quanto maior é a concentração mais pequeno é o ângulo segundo o qual têm que incidir os raios solares para serem captados, pelo que o coletor tem de se manter sempre perpendicular aos raios solares, seguindo o sol no seu movimento aparente diurno.

Esta é uma desvantagem, pois o mecanismo de controlo para fazer o coletor seguir a trajetória do sol, é bastante dispendioso, para além de só permitir a captação da radiação direta.



Figura 10 Coletores concentradores

3.2.3. CPC ou coletores concentradores parabólicos

O desenvolvimento da ótica permitiu muito recentemente a descoberta de um novo tipo de concentradores conhecidos por CPC (Coletor Parabólico Composto) ou Winston, que combinam as propriedades dos coletores planos (também podem ser montados em estruturas fixas e têm um grande ângulo de visão o que também permite a captação da radiação difusa) com a capacidade de produzirem temperaturas mais elevadas ($>70^{\circ}\text{C}$), como os concentradores convencionais do tipo de lentes (Figura 11).



Figura 11 CPC

A diferença fundamental entre estes coletores e os planos é a geometria da superfície de absorção, que no caso dos CPC a superfície absorvedora é constituída por uma grelha de alhetas em forma de acento circunflexo, colocadas por cima de uma superfície refletora.

A captação solar realiza-se nas duas faces das alhetas já que o sol incide na parte superior das alhetas e os raios que são refletidos acabam por incidir na parte inferior das alhetas, aumentando assim ainda mais a temperatura do fluido e diminuindo as perdas térmicas. A diminuição das perdas implica uma melhoria do rendimento térmico. Por outro lado, a inércia térmica do coletor é inferior e a temperatura nominal de funcionamento é atingida mais rapidamente.

3.2.4. Coletores de tubos de vácuo

Para obter temperaturas superiores a 90 graus centígrados com um bom rendimento é necessário recorrer-se a coletores de vácuo. Estes consistem geralmente em tubos de vidro transparente cujo interior contém tubos metálicos (absorvedores). A atmosfera interior dos tubos é livre de ar o que elimina as perdas por condução e convecção nos tubos de vácuo, elevando assim o rendimento a altas temperaturas devido a menores coeficientes de perda a eles associados. Estes coletores são especialmente usados em regiões de fraca exposição solar (Figura 12).



Figura 12 Coletores de tubos de vácuo

A tecnologia de tubos de vácuo garante não só a absorção da energia solar direta, mas também a absorção da energia radiante, muito importante nos dias de maior nebulosidade. O vácuo reduz consideravelmente a perda de calor por condução, no interior dos tubos. Possibilita a captação constante de energia, mesmo com temperaturas negativas, sendo necessário apenas a existência de luz solar. O vento e a chuva e a temperatura do meio ambiente têm um efeito mínimo na eficiência dos coletores.

3.2.5. Coletores sem cobertura

Funciona de maneira semelhante a um coletor plano, no entanto não possui qualquer caixa de isolamento e tampo de vidro – o que faz com que o seu rendimento seja inferior, no entanto apresenta diversas vantagens (Figura 13):

- Solução de fácil instalação que não necessita grandes estruturas de fixação.
- Instalação bastante económica devido ao baixo custo dos materiais.
- Instalação não está em carga nem necessita de vaso de expansão.
- Está disponível para diversas formas de telhado e fachada (pode ser adaptado a curvas suaves).

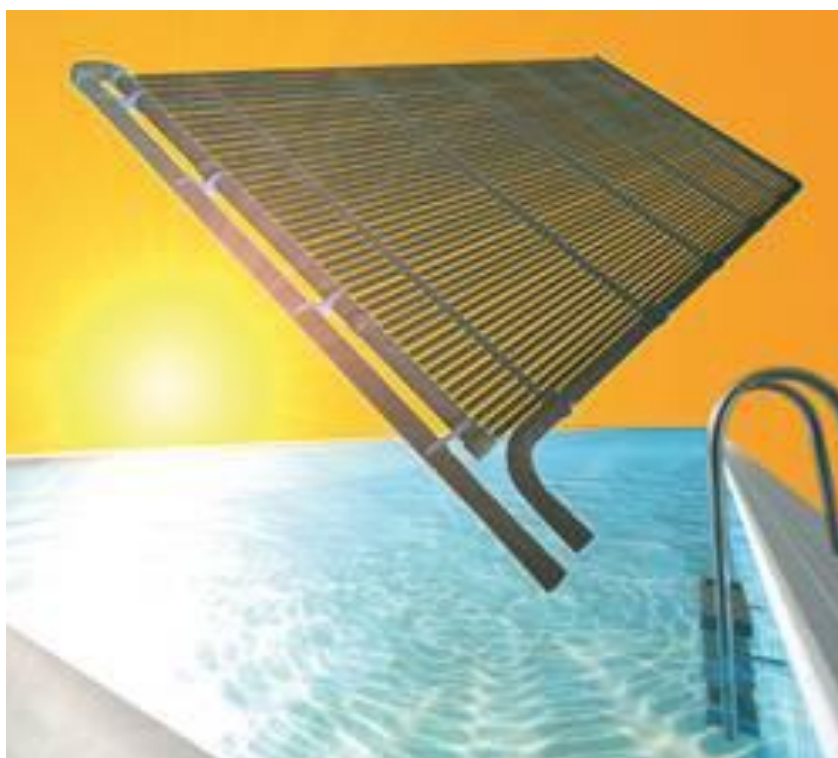


Figura 13 coletores sem cobertura

3.2.6. Superfície de coletores

É muito conveniente determinar a superfície dos painéis com base em dados médios predefinidos. Assim, nas instalações para água quente sanitária podem ser utilizados os valores apresentados na Tabela 1 em função da necessidade diária de água quente a 45°C [13].

Tabela 1 Área necessária para aquecimento de água

Norte de Portugal	1,0 m ² para necessidades de 50 l/dia
Sul de Portugal	0,8 m ² para necessidades de 50 l/dia

Se os coletores utilizados forem de outro tipo sem ser o plano os valores da Tabela 1 devem ser corrigidos. Nomeadamente se os tubos forem de vácuo os valores da tabela 1 podem ser reduzidos cerca de 20%.

Já a necessidade diária de água quente pode ser determinada a partir dos seguintes valores estimados na Tabela 2 e Tabela 3 seguidamente.

Tabela 2 Necessidade de água quente em habitações

Habitações domésticas	
Conforto elevado	75l (pessoa/dia)
Conforto médio	50l (pessoa/dia)
Conforto baixo	25l (pessoa/dia)
Maquina de lavar roupa	20l (1 lavagem diária)
Maquina de lavar loiça	20l (1 lavagem diária)
Nível médio	50

Tabela 3 Necessidade de água quente em hotéis e restaurantes

Hotéis e restaurante	
Conforto elevado	75l (pessoa/dia)
Conforto médio	50l (pessoa/dia)
Conforto baixo	35l (pessoa/dia)

3.3. Exemplos de coletores solares não normalizados/caseiros

Atualmente existem vários trabalhos realizados no sentido de encontrar materiais alternativos ao alumínio ou ao cobre para a construção de coletores solares visando a redução no preço de comercialização. Embora estes coletores apresentem um desempenho térmico menor que os normalizados, a redução no seu preço acaba tornando-os competitivos [17, 18, 19, 20, 20 e 26].

3.3.1. Coletor solar com tubos de PVC embutidos em camada de betão

Na Índia, Bombaim, Nayak et al. (1989) desenvolveram um coletor solar com área de 0,90 m², feito com uma camada de betão de 35 mm de espessura, sendo inserido neste uma malha de tubos de PVC de diâmetro de 20 mm.

A camada de betão exposta à radiação é pintada com uma camada de tinta preta, e instalado um vidro de 3 mm, a uma distância de 40 mm acima do betão, para ocorrer o efeito estufa (Figura 14). Os autores verificaram que o coletor solar de betão descrito apresentou bom desempenho térmico para o aquecimento de água, chegando a uma temperatura máxima de 62 °C.

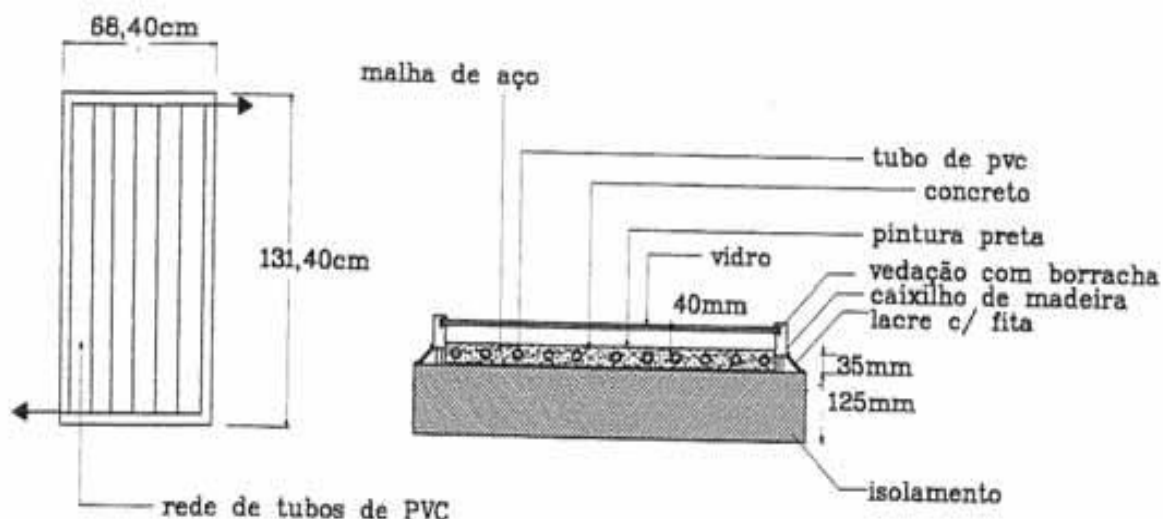


Figura 14 Coletor de Nayak et al.

3.3.2. Coletor solar com tubagem em espiral

Coletor solar com tubos de polietileno constituído com seis unidades coletoras, totalizando uma área de absorção de 5,1 m² (Figura 15). Cada módulo tem 0,85 m² de área de absorção, abrigando 50 metros de tubo de polietileno que foram dispostos na forma espiral com a superfície pintada de tinta preta fosco. Os autores verificaram que o coletor solar apresentou uma temperatura máxima de 49 °C.



Figura 15 Coletor com tubagem de polietileno

3.3.3. Coletor solar com tubos de alumínio parcialmente embutidos em camada de betão

Coletor solar plano de betão com uma rede de tubos de alumínio de 19 mm de diâmetro, dos quais foram inseridos 70% do seu total, ficando 30% para fora, expostas ao sol e pintadas de preto fosco (Figura 16). A temperatura máxima registada pelos autores foi de 58 °C.

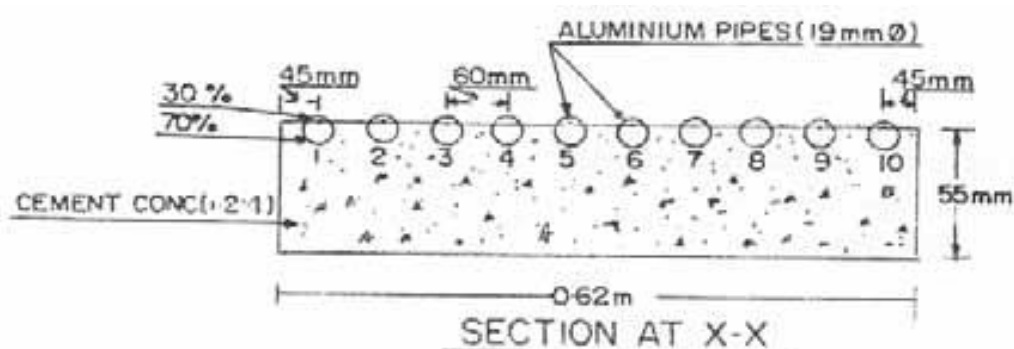


Figura 16 Tubagem embutida em camada de betão

3.3.4. Coletor solar com sistema de termossifão

O coletor solar de água é um sistema composto por coletores solares instalados sobre o telhado ligados a um reservatório de água revestida com isolante térmico, que servirá para armazenar a água que foi aquecida pelos coletores (Figura 17).

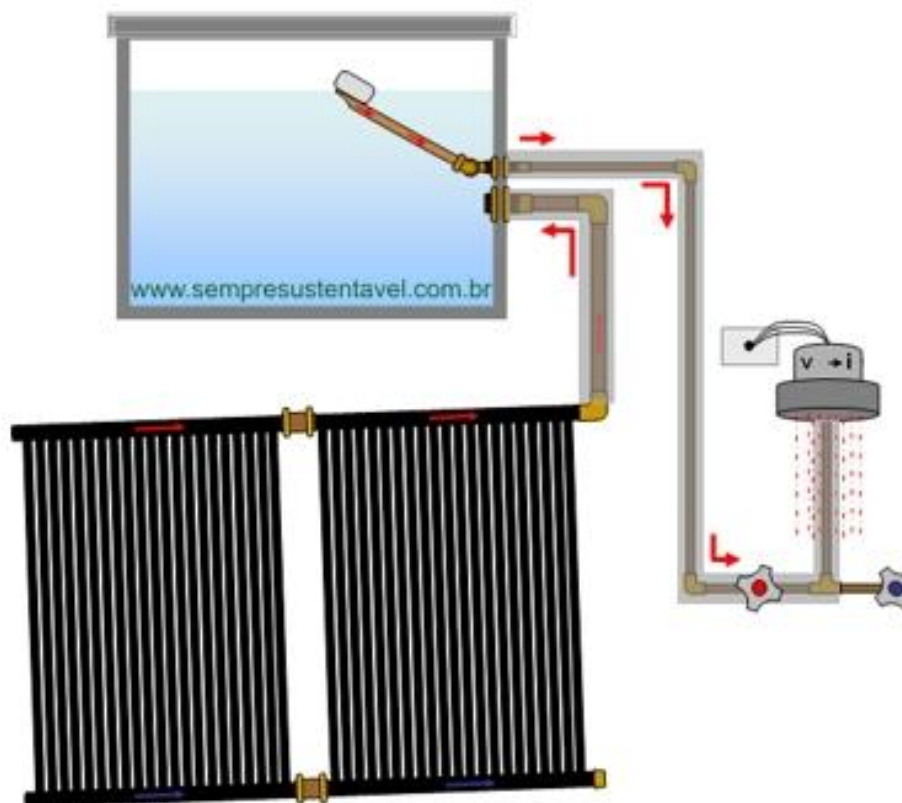


Figura 17 Coletor de tubos de PVC

O sistema funciona por termossifão, ou seja: a água do fundo do reservatório (água mais fria) vai para os coletores que são instalados abaixo do nível inferior do reservatório; quando o sol bate nos coletores, aquece a água que está dentro deles; a água quente fica mais leve, e será empurrada de volta para o reservatório térmico pela água mais fria (mais pesada) que virá do fundo do reservatório para a base dos coletores. Essa circulação será natural e constante enquanto tiver sol.

O coletor é composto por tubos de PVC pintados de preto fosco e com uma área aproximada de $0,9 \text{ m}^2$, isolado termicamente no fundo do coletor, sem qualquer cobertura de vidro na parte frontal. Este tipo de coletor tem um custo inferior a 50 euros de materiais e consegue aquecer até 100 litros de água por dia, em climas quentes, até aos 45° de latitude o que torna esta solução muito apelativa.

3.3.5. Reservatório de água alternativo

Reservatórios alternativos têm sido pouco estudados, principalmente com materiais que sejam de baixo custo, sendo os industriais geralmente fabricados em aço inox, alumínio e material termoplástico o que faz o seu custo ser elevado. Investigadores como Silva (1992) e Souza (2006) construíram e estudaram reservatórios térmicos alternativos [15 e 15].

Através da inserção de uma caixa de fibrocimento de 250 litros numa outra de 1000 litros do mesmo material, Silva (1992) conseguiu testar o seu reservatório alternativo (Figura 18). O espaço entre as mesmas foi preenchido totalmente com serragem (pó de serra), elemento responsável pelo isolamento térmico entre as duas caixas. Do dia 25/05/91 para o dia 26/05/91 após 16 horas de armazenamento a perda de temperatura no interior do armazenador foi de 6,3 °C.



Figura 18 Caixa de fibrocimento

Souza (2006) utilizou folhas de Eucatex formando os cilindros interno e externo, construiu e estudou um reservatório térmico alternativo para um sistema de aquecimento solar de água com as características de bom desempenho térmico, baixo custo, boa estética e peso reduzido (Figura 19). Utilizou-se madeira compensada de 15mm para o fundo e tampa, mantas de fibra de vidro para recobrimento das superfícies interna e externa, como também do fundo e da tampa. Optou-se por esferovite como isolante térmico colocado entre as

superfícies interna e externa do tanque, com um volume correspondente a 250 litros. Após 15 horas de armazenamento a perda média de temperatura foi de 7,5 °C.



Figura 19 Reservatório de Sousa

4

APLICAÇÃO PRÁTICA – CONSTRUÇÃO DE COLETOR CASEIRO

4.1. Introdução

A captação de energia solar para o aquecimento de águas sanitárias não se fica pelas tecnologias atrás referidas. De facto, qualquer superfície capta energia quando exposta a uma radiação eletromagnética. Nesse sentido, infindáveis tecnologias de captação de energia solar podem ser consideradas para o efeito. Há apenas a considerar a sua eficiência na captação da energia solar e a sua capacidade de transformar a energia solar captada em água aquecida.

Com base na pesquisa apresentada anteriormente, existem diversas soluções para aquecimento de água, não obstante, a eficiência é baixa e como tal as temperaturas atingidas pela água nunca são muito elevadas, sendo que basta que tais tubos estejam pousados numa superfície escura e serem cobertos por um vidro para a eficiência aumentar consideravelmente devido ao efeito estufa.

O aquecedor solar de água, objeto do trabalho prático, é um sistema composto por um coletor solar instalado sobre o telhado e ligados a uma caixa de água revestida com isolante térmico, que servirá para armazenar a água que foi aquecida no coletor. Depois essa água (quente) será usada para o banho.

A solução funciona com um sistema termossifão com tubos de PVC pintados de preto mate, isolado com XPS e cartão Tetra PAK e complementado com um vidro de 3 mm de modo a sustentar o efeito estufa (Figura 20).

Para o reservatório optou-se por reutilizar uma arca antiga de forma a aproveitar o isolamento da própria arca e não aumentar os custos.



Figura 20 Coletor solar

4.2. Materiais e respetivo custo

4.2.1. PVC

PVC é o material plástico que é derivado do petróleo, contendo, 57% de cloro (originado do cloreto de sódio) e 43% de eteno (derivado do petróleo). Estas tubagens são geralmente comercializadas em tubo de 6 m, com diâmetros nominais que variam entre 16 e 315 mm (Figura 21).



Figura 21 Tubos de PVC

Os diâmetros e as espessuras destas tubagens podem variar consoante a classe da mesma, como é observado na Tabela 4 [33].

Tabela 4 Dimensões de tubagens de PVC

DN	Diâmetro exterior (mm)		Espessura da parede (mm)			
	Máximo	Mínimo	Classe 1 (Mpa)		Classe 1,6 (Mpa)	
			Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
16	16,3	16,0			1,6	1,2
20	20,3	20,0	1,6	1,2	1,9	1,5
25	25,3	25,0	1,6	1,2	2,3	1,9
32	32,3	32,0	2,0	1,6	2,9	2,4
40	40,3	40,0	2,3	1,9	3,5	3,1
50	50,3	50,0	2,9	2,4	4,3	3,7
63	63,3	63,0	3,5	3,0	5,4	4,7
75	45,3	75,0	4,2	3,6	6,4	5,6
90	90,3	90,0	5,0	4,3	7,6	6,7
110	110,4	110,0	6,1	5,3	9,3	8,2
125	125,4	125,0	6,8	6,0	10,5	9,3

O PVC é um material que tem as seguintes características:

- Leve ($1,4 \text{ g/cm}^3$), o que facilita seu manuseio e aplicação;
- Resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores;
- Bom isolante térmico, elétrico e acústico;
- Impermeável a gases e líquidos;
- Resistente às intempéries (sol, chuva, vento e maresia);
- Durável: sua vida útil em construções é superior a 50 anos;
- Não propaga chamas: é autoextinguível;
- Fabricado com baixo consumo de energia o que diminui o seu preço.

Os tubos de PVC têm ainda uma tensão de segurança máxima de 10 MPa (tensão de segurança a 50 anos para $20 \text{ }^\circ\text{C}$), uma condutibilidade térmica de $0,2 \text{ W/m.K}$ e um coeficiente de dilatação linear de $0,00008 \text{ m/m.K}$.

A ligação entre os troços de tubagens ou tubagens e os acessórios, que deverão ser do mesmo material, deverá ser obtida por colagem. A ligação por colagem é feita com uma cola que funciona como um solvente (geralmente à base de tetra-hidrofurano), que através do amolecimento e solvência superficial do PVC, provoca a soldadura dos elementos. Um despolimento através de uma lixa ajuda este processo de soldadura.

A cola utilizada neste projeto foi cola para PVC da marca Soudal. É uma cola para impermeabilização de tubos de PVC com escoamentos sob pressão e livres sendo a mesma resistente a água quente e fria (PN16) (Figura 22). As tubagens só deverão ser colocadas em serviço após se dar a total secagem da cola.



Figura 22 Cola para PVC

Os acessórios de tubagens de PVC apresentam-se de diversas formas como curvas, joelhos, Tê's, cruzetas, entre outros, no entanto os acessórios apresentados neste projeto serão os seguintes: Curva a 90°, Tê, união sem redução e tampa (Figura 23).



Figura 23 Acessório para tubos PVC

4.2.2. Tabuas de madeira de pinho 300*2*7 (cm)

Foram utilizadas tábuas de pinho para dar resistência mecânica ao coletor de forma a ser mais fácil o seu transporte (Figura 24).



Figura 24 Madeira Pinho

4.2.3. Verniz para exterior

Bondex é um verniz para madeira usada para coloração de grande resistência, dar resistência às intempéries e proteger contra agentes hidrófugos e fungicidas – contém agentes hidrófugos e fungicidas de superfície (Figura 25). Este verniz foi usado em madeira, após uma prévia preparação da mesma, de forma a proteger contra as intempéries e aumentar a sua durabilidade.

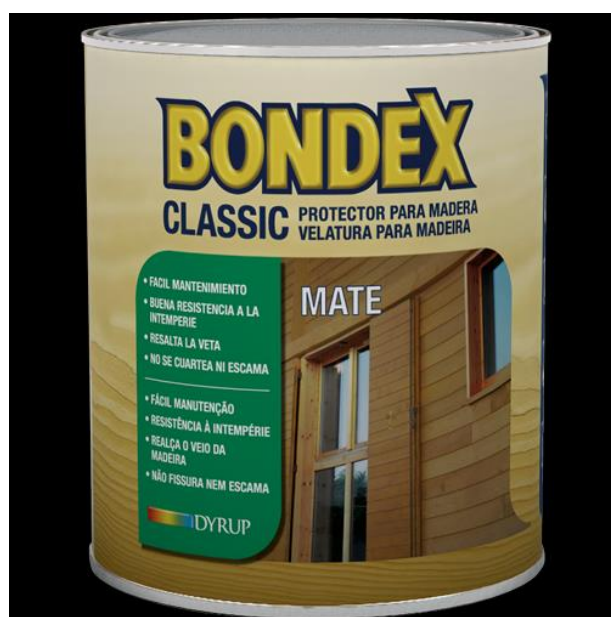


Figura 25 Bondex exterior

4.2.4. Vidro simples transparente com 3 mm de espessura 150*60 (cm)

Vidro visa assegurar o efeito estufa do coletor. O ideal seria usar um vidro com baixa emissividade, no entanto iria aumentar em demasia os custos da solução (Figura 26).



Figura 26 Vidro simples

4.2.5. XPS 150*60*3

As placas em poliestireno extrudado (XPS), com a sua característica cor azul, são concebidas e produzidas para proporcionar isolamento térmico numa variedade de aplicações em edifícios residenciais, terciários ou industriais (Figura 27). Este material apresenta uma condutibilidade térmica de 0,034 W/m.°K.

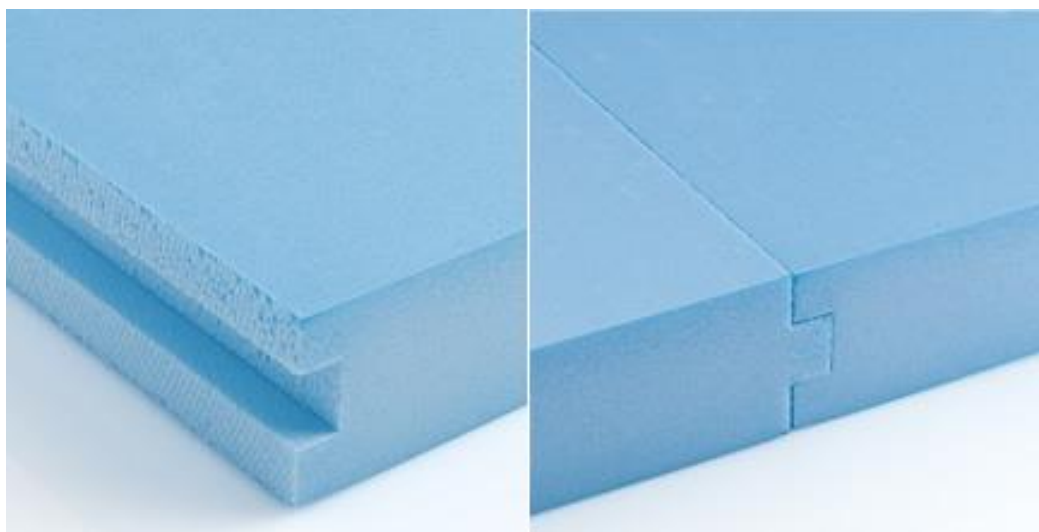


Figura 27 XPS

4.2.6. Fita de papel de alumínio

O alumínio tem a capacidade de refletir a radiação transmitida. Juntamente com o seu baixo custo o alumínio é uma das melhores soluções para revestir as tubagens que não se encontram no interior do coletor (Figura 28).



Figura 28 Fita de alumínio

4.2.7. Termómetro

O termómetro a utilizar é composto por uma sonda com uma capacidade de medição de - 50 °C até 200 °C. as medições apresentam uma casa decimal sendo o erro associado +/- 0.05 °C (Figura 29).



Figura 29 Termómetro

4.3. Preços e quantidades

O sistema solar teve um custo total de aproximadamente 88 euros sendo que o principal custo está relacionado com as tubagens e o vidro (Tabela 5). O tempo de construção foi cerca de 120 horas, no entanto esse tempo deve-se essencialmente aos problemas originados ao longo de construção devido à pouca experiência do construtor. Assim, julga-se que esse tempo pode ser diminuído para metade numa próxima construção de um coletor solar semelhante.

Tabela 5 Custo dos materiais para construir o coletor

Descrição do material	Custo unitário	Quantidade	Preço total
Cola PVC 250ml	5,60 €	2	11,20 €
Curva 90º PVC 32	0,45 €	4	1,80 €
T PVC 32	0,45 €	2	0,90 €
Tampa PVC 32	0,60 €	4	2,40 €
União PVC 32	1,00 €	4	4,00 €
XPS 125*60*4	5,92 €	1	5,92 €
Tubo PVC 32 3m	2,05 €	2	4,10 €
Tubo PVC 20 6m	4,80 €	5	24,00 €
Madeira pinho 150*7 aplainado	4,61 €	2	9,22 €
Tinta esmalte preta 750ml	10,49 €	0,25	2,62 €
Bondex 750ml	8,89 €	0,25	2,22 €
Fita Papel de alumínio 50m	6,50 €	1	6,50 €
Tubo Mastik hibrido	5,60 €	1	5,60 €
Vidro 0,6*1,5 de 3mm	19,00 €	1	19,00 €
		Total	88,29 €

4.4. Aplicação

O coletor será localizado no Caniço de Baixo Concelho de Santa Cruz nas coordenadas 32°38'47.0"N, 16°50'08.5"W.

O coletor será aplicado numa pequena moradia T1 (atualmente devoluta) com uma capacidade máxima prevista de 2 pessoas. Mais propriamente, trata-se de uma reabilitação de uma casa antiga no qual faz todo o sentido manter o estilo rústico já existente e utilizar um coletor solar caseiro.

O edifício existente encontra-se degradado, com a cobertura inexistente o que carece de uma reconstrução antes da colocação do coletor (Figura 30 e Figura 31).



Figura 30 Moradia apresentação Revit



Figura 31 Moradia por Reabilitar

No que diz respeito à reabilitação da moradia, atualmente está previsto que no piso 0 seja uma cozinha aberta para a sala de estar e uma casa de banho com chuveiro. (Figura 32)

Atualmente existem umas escadas para o piso superior onde encontra-se um quarto em sótão. A moradia terá uma área de 26 m^2 no piso 0 e 23 m^2 no sótão, ou seja, será mantida a geometria e as áreas originais.

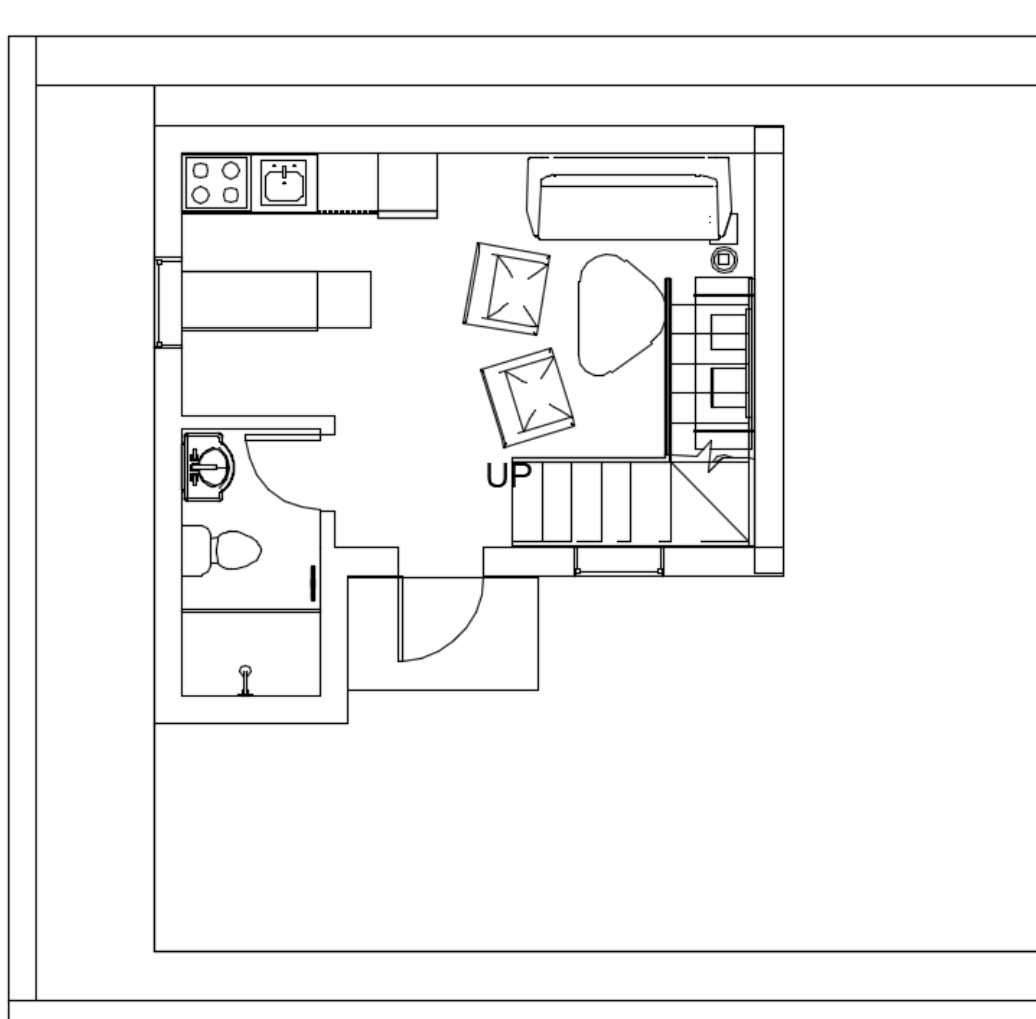


Figura 32 Piso 0 da moradia

O coletor será colocado no terraço que se encontra na parte superior da casa de banho e uma parte na cobertura. Uma vez que esse terraço já existe no edifício original, fará sentido aproveitá-lo para este fim uma vez que facilita a montagem do coletor e a ligação para o duche torna-se curta e fácil (Figura 32, Figura 33 e Figura 34).

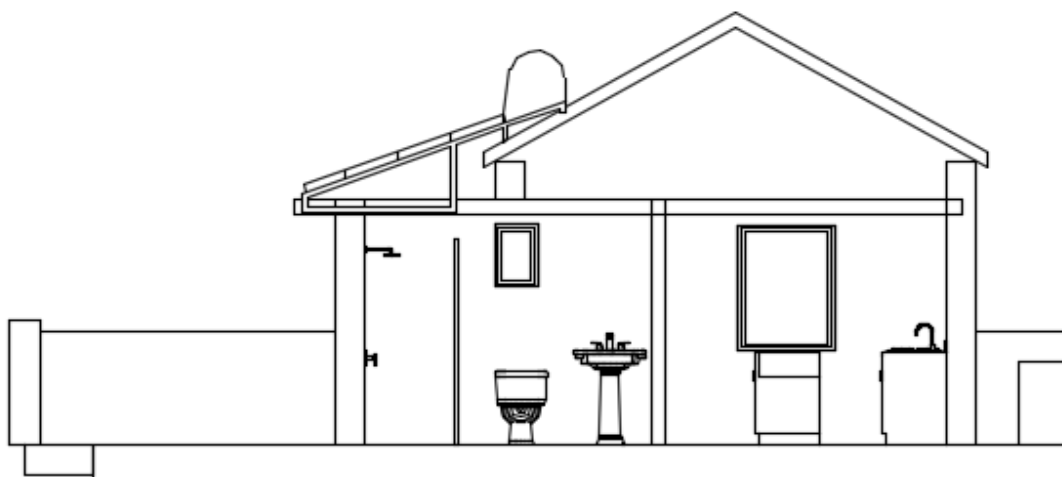


Figura 33 Corte de moradia com coletor solar

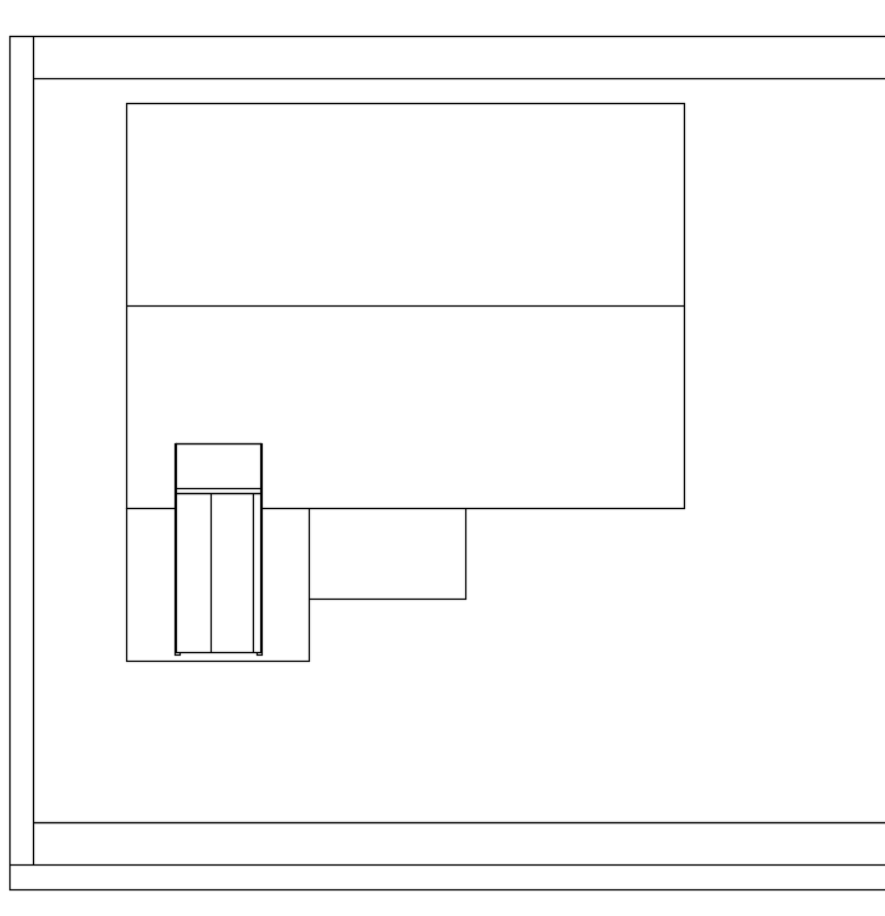


Figura 34 Planta de moradia com coletor solar

4.5. Dimensionamento do coletor

O coletor tem cerca de $0,9 m^2$ de superfície e é composto por um tanque com 240 L o qual é a dimensão de uma arca antiga reaproveitada para esse uso ($0,72*0,61*0,55$ m). O coletor terá $0,9 m^2$ de superfície em vez dos tradicionais $0,8 m^2$ uma vez que essa é a área mais favorável ao aproveitamento máximo de material que irá ser demonstrado seguidamente.

O coletor deverá ser colocado com uma inclinação de 20° com orientação para Sul com o mínimo de obstruções possíveis. A saída de água quente do coletor (termómetro 3) terá que ficar cerca de 3 cm mais alto que o lado oposto de forma a prevenir bolhas de ar. Prevê-se a montagem de acessórios em Tê de forma a ser possível a recolha da água para futura medição de temperatura da água (Figura 35). Essa recolha poderia ser feita de uma forma mais correta e fácil através de uma instalação de uma torneira, mas decidiu-se pela solução com os acessórios em Tê pois tem um custo mais baixo.

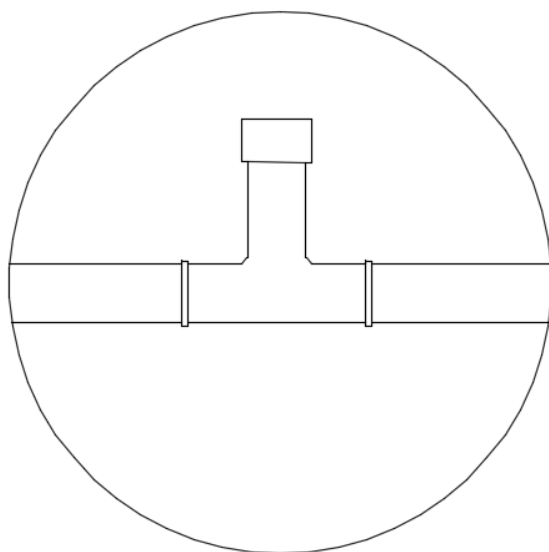


Figura 35 Pormenor para recolha de água

A medição das temperaturas é feita nos locais representados como termómetro 1, termómetro 2 e termómetro 3 (Figura 36).

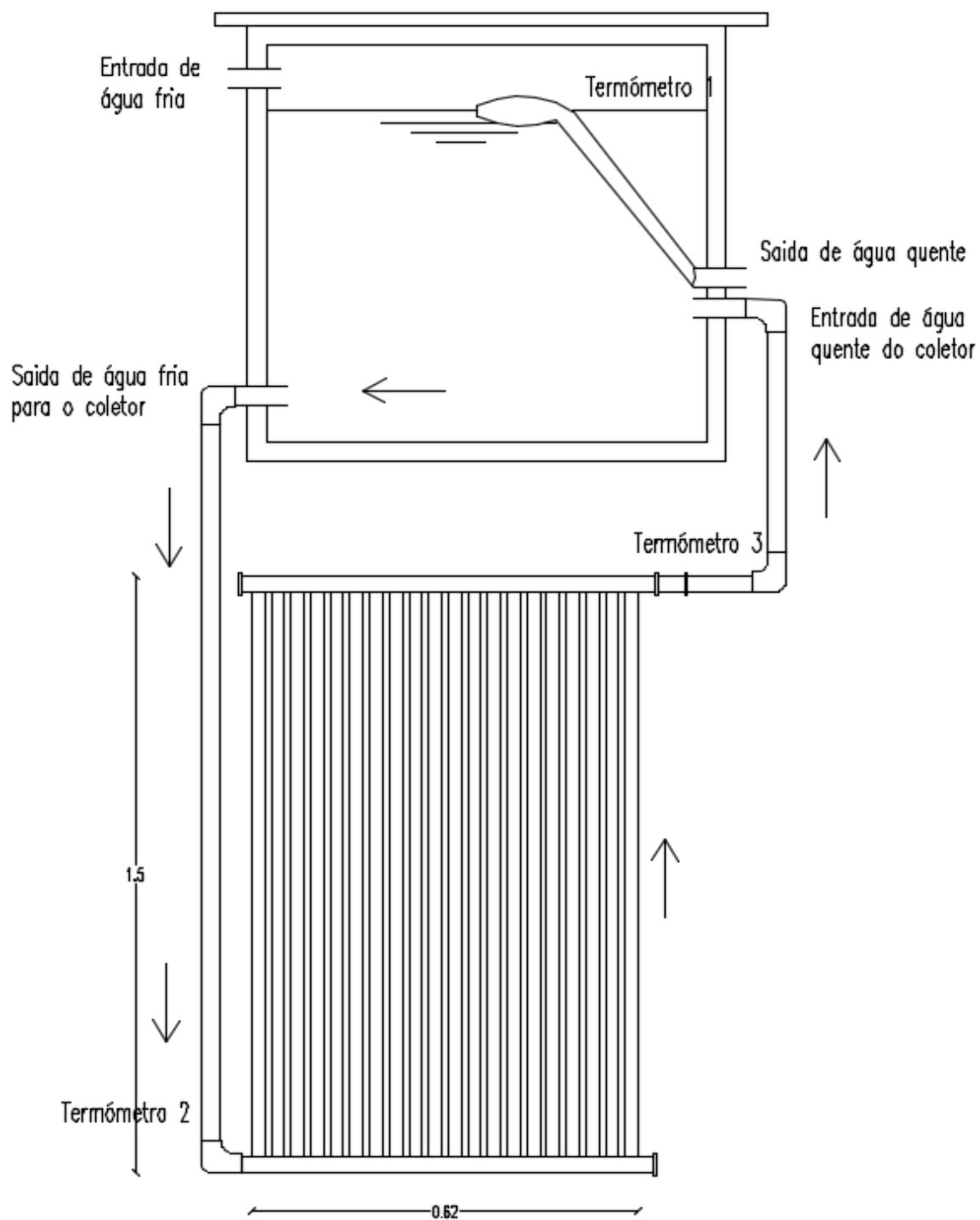


Figura 36 Projeto coletor solar

O coletor é composto por uma camada de 3 cm de XPS seguido por uma folha de cartão de TetraPak a qual será pintada de preto fosco. O coletor tem uma caixa de ar finalizado por um vidro simples de 4 mm de espessura. Para dar uma estrutura mais sólida ao coletor, decidiu-se utilizar madeira para a sua moldura (Figura 37).

Esta trata-se de uma construção final, mas é de salientar que esta foi feita por fases de modo a tirar diferentes resultados em fases de construção diferentes. Nomeadamente, numa primeira fase o coletor foi testado sem vidro.

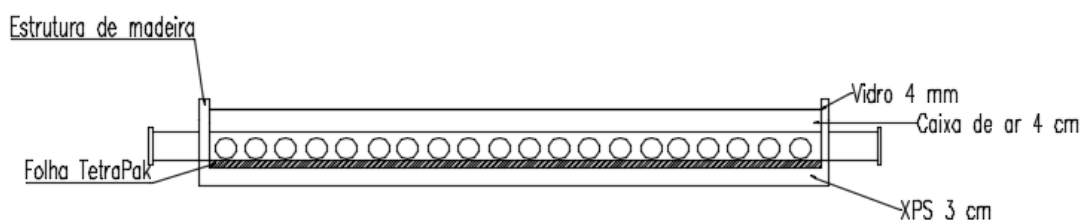


Figura 37 Corte coletor solar

Em comparação com um modelo normalizado este é muito parecido com um coletor preparado para um agregado familiar de 2/3 pessoas com um acumulador de 200 L e um coletor com uma superfície de coletor solar de $0,8 \text{ m}^2$ (Figura 38). Informação fornecida por Técnico Gerente da empresa ElectroCaniço, Higinio Caires [29].

Trata-se de uma solução de um sistema que funciona por termossifão e permuta o calor de forma indireta por base de uma serpentina presente no acumulador. Este tipo de solução tem uma capacidade de aquecimento máxima até aos $65 \text{ }^\circ\text{C}$ e tem um custo de 1700 euros incluindo a respetiva montagem.

Termossifão 200L (2/3 pessoas) 



Preço c/ montagem:

Telha: **1790€** Terraço: **1690€**

Inclui na instalação:

- Válvula Misturadora Caleffi
- Válvula Segurança, Temp. / Pressão.
- Válvula Retenção.
- Filtro de água.
- Torneiras; Ligações; casquilhos....
- 20m, Tubaria: PEX/multicamada+manga+Fita alum.



Apoio eléctrico (opcional):.....200€
(Controlador Digital c/ sonda + Resistência +
Instal. Eléctrica)



Figura 38 Custo coletor solar de 200L

4.6. Processo de construção

Neste ponto irá ser explicado passo a passo, o processo de construção deste coletor solar, transmitindo as ferramentas utilizadas e as demais dificuldades presenciadas ao longo deste processo, de forma que na existência de projetos futuros, esses erros não sejam novamente cometidos e que facilite o trabalho do próximo.

Começar por marcar com um lápis uma linha reta sobre o tubo (use uma régua como guia), e marcar os pontos que deverão ser furados com base na Figura 39.

O espaçamento de 4 cm serve para poder ser colocados acessórios na tubagem que irão ser precisos mais tarde (Figura 40).



Figura 39 Medição de furos



Figura 40 Marcação de furos

Com a ajuda de um berbequim equipado com uma fresa de 20 mm, furar os pontos marcados.



Figura 41 Furação com fresa

Nesta fase é necessário usar uma rotação baixa no berbequim de modo a minimizar o risco dos tubos de PVC de se partir (Figura 41), caso que aconteceu durante a construção deste projeto. Os furos devem de ser limpos de farrapas com ajuda de uma lima fina (Figura 42).



Figura 42 Tubagem furada

Inserção dos tubos de 20 mm na tubagem de 32 mm após limpeza dos furos e lubrificação de modo a não partir. Deve-se ter atenção que poderá ser necessário limar mais um pouco os furos pois estes podem estar muito justo na inserção dos tubos perpendiculares (Figura 43).

Os tubos de 20 mm devem ser inseridos cerca de 5 mm nos tubos de 32 mm de modo a garantir uma boa união entre os dois tubos e não cause problemas no escoamento (Figura 44).

De forma que a junta entre os tubos de 20 mm e os tubos de 32 mm ficasse estanque, colocou-se cerca de 7 camadas de cola para PVC. Estaria previsto apenas 3 camadas, no entanto, após testes realizados que implica o enchimento das tubagens com água verificou-se que havia fugas.

Houve a necessidade de fazer camadas de cola extras e que após as verificações chegou-se a conclusão que 7 camadas foram suficientes. Deve-se ter cuidado ao manusear o sistema de forma a não danificar as juntas pois estas são um ponto crítico no projeto.



Figura 43 Tubagem PVC montada

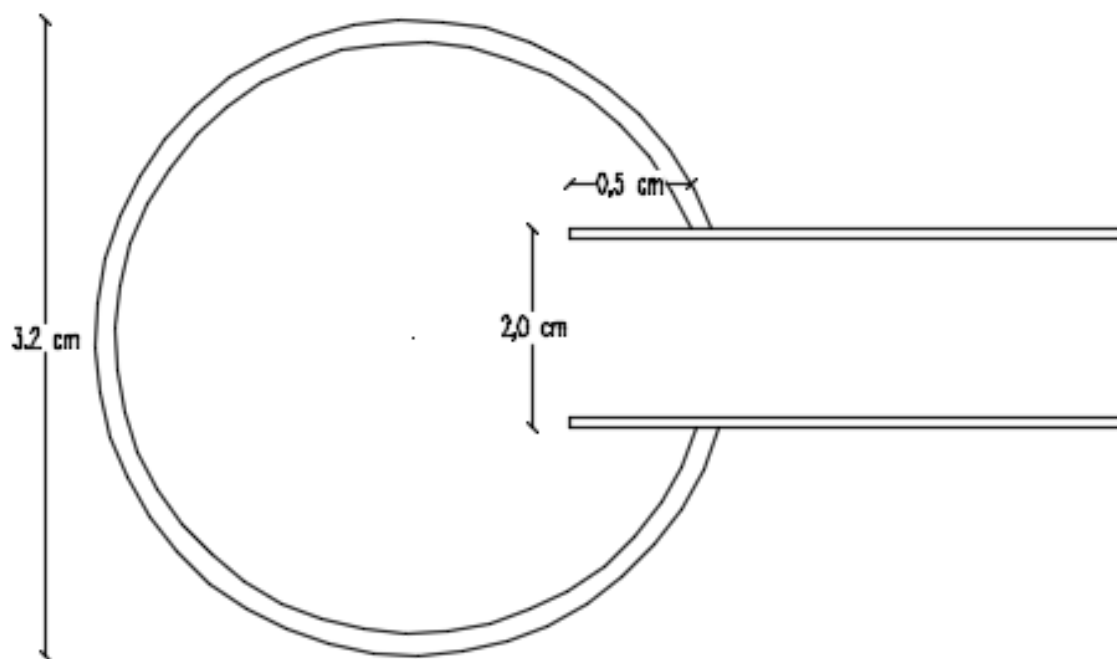


Figura 44 Demonstração de inserção dos tubos de PVC

Foi feita uma estrutura em madeira de forma a dar rigidez ao coletor para diminuir o risco de as juntas quebrarem e facilitar o seu transporte. Uma vez que o coletor seria colocado no exterior deu-se duas mãos de Bondex® próprio para o exterior na madeira de forma a proteger das condições atmosféricas (Figura 45).



Figura 45 Preparação da estrutura de madeira com Bondex®

De forma a proporcionar um isolamento térmico melhor forrou-se o coletor com placas de XPS com 30 mm. Nas juntas das placas colocou-se espuma expansível isolante (Figura 46) de forma a prevenir pontes térmicas e as respetivas perdas de calor. Esta espuma tem uma condutibilidade térmica semelhante ao XPS (0,034 W/m.°K).



Figura 46 Preenchimento das juntas com espuma isoladora

As tubagens foram pintadas com uma tinta esmalte sintético preto mate (não brilhante) para maximizar a absorção da radiação. Verificou-se que ao pintar o XPS a tinta corroía o mesmo, por isso optou-se por colocar uma camada de cartão Tetra Pak entre o isolamento e as tubagens.

As embalagens Tetra Pak são compostas por três materiais principais (Figura 47):

- Cartão que proporciona estabilidade, resistência e suavidade para a superfície de impressão.
- Polietileno que protege o conteúdo contra a umidade exterior e permite que o cartão cole na folha de alumínio.
- Folha de alumínio que protege o conteúdo contra o oxigênio e a luz.

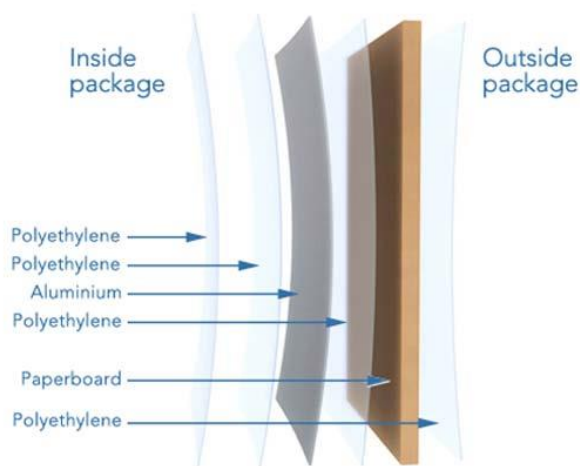


Figura 47 Esquema das embalagens Tetra Pak

O lado do cartão ficou virado para o exterior e foi pintado de preto de forma que este absorva a radiação, aproveitando-se da folha de alumínio para complementar o isolamento do coletor. Uma vez que o alumínio tem propriedades refletoras este irá contribuir para o efeito estufa quando for colocado o vidro uma vez que irá refletir a radiação solar de volta ao mesmo [21].

O acumulador será uma arca antiga reciclada de modo a reaproveitar o isolamento já existente no mesmo (4 cm de EPS). O polistireno expandido é um material usado na construção civil como isolante acústico e térmico com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,040 W/m.°C [31].

Este é um valor que varia com a sua densidade aparente e houve a necessidade de estimá-lo uma vez que não se tinha esse valor. Para além do EPS a arca é composta por duas folhas de alumínio, uma interior e outra exterior, o que ajuda na estanqueidade da arca.

Foram feitos furos de 32 mm na arca de forma a ser ligada ao coletor (Figura 48). Estes furos devem ser feitos em lados opostos e a alturas diferentes: um primeiro furo deve ser feito entre 5 cm a 10 cm de modo que na existência de partículas estes fiquem no fundo da arca e não entrem para o coletor.

O segundo furo deve ser feito do lado oposto entre 5 cm a 10 cm da superfície da água prevista. Estas diferentes alturas vão garantir o bom funcionamento do sistema por termossifão. Uma vez mais é necessário trabalhar com o berbequim em velocidades baixas de modo a não sobreaquecer a fresa.

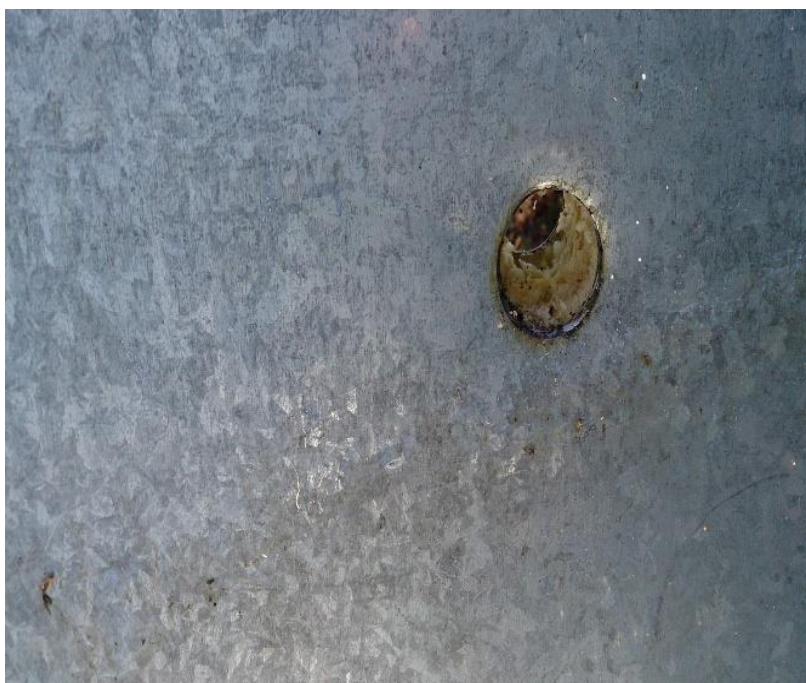


Figura 48 Furação da arca

Passou-se à inserção das tubagens previamente lubrificadas de modo a facilitar a inserção nos tubos. As juntas dos furos foram seladas com a cola de PVC à semelhança do que foi feito com os tubos (Figura 49).



Figura 49 Preparação das juntas dos furos da arca

A ligação entre o acumulador e o coletor foi feita de modo a gastar o mínimo de acessórios possível, como pode ser observado pela (Figura 52). Para fazer esta ligação foi utilizado quatro curvas de 90°, duas anilhas, duas tampas e aproximadamente 3 m de tubos de PVC (tubagens e acessórios de 32 mm). A entrada inferior do coletor é ligado ao furo inferior da arca e a entrada superior do coletor é ligado ao furo superior da arca de modo a garantir o sistema de termossifão. O coletor deverá ser colocado com uma inclinação de 20° com orientação para Sul com o mínimo de obstruções possíveis e com uma inclinação frontal de pelo menos 5 cm de forma a evitar bolhas dentro do sistema (Figura 50).

Para melhor a aderência das superfícies de contacto e garantir uma melhor adesão entre as tubagens e acessórios deve-se, antes de aplicação da cola, proceder ao despolimento das superfícies, através de uma lixa fina. Finalmente aplica-se a cola em ambas as superfícies e procede-se á união dos componentes (Figura 51).

Posteriormente as tubagens de ligação coletor-acumulador foram revestidas com fita de alumínio de modo a minimizar as perdas de calor. Processo semelhante ao que acontece em coletores normalizados (Figura 53).

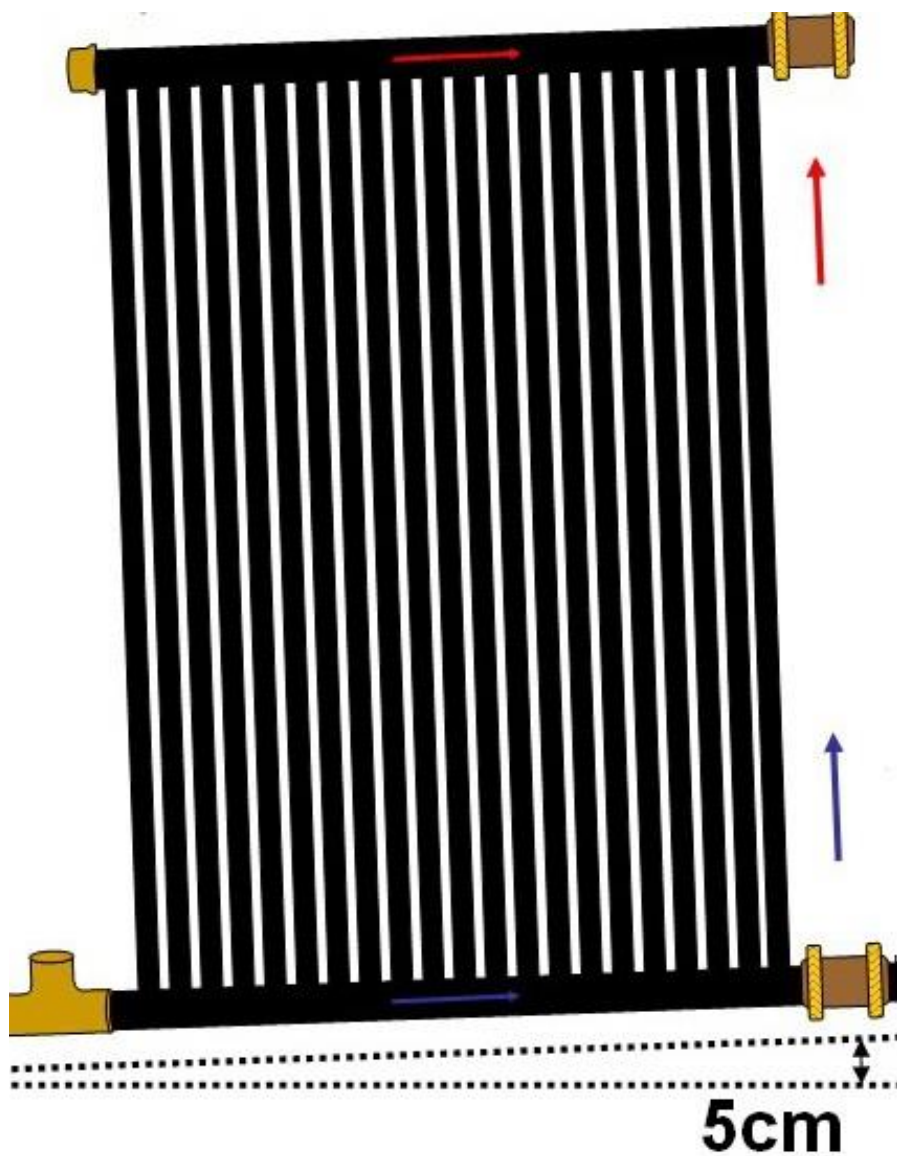


Figura 50 Inclinação frontal

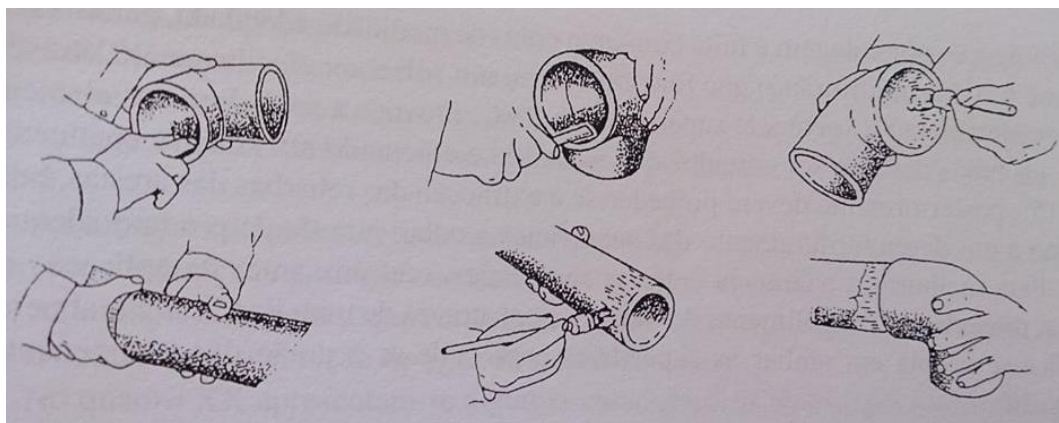


Figura 51 Processo de ligação tubo/tubo ou acessório/tubo [33]



Figura 52 Ligação em PVC acumulador coletor

De forma a ser possível obter medições à entrada e saída do coletor, foi colocado um acessório em T na qual se inserisse uma sonda, como foi anteriormente mencionado.

Após secagem da cola (cerca de 24 horas) pode-se passar ao enchimento do sistema e à verificação do seu funcionamento.

Posteriormente colocou-se um vidro simples de 4 mm a 3 cm dos tubos (criação do efeito estufa), de forma a poder comparar os resultados (Figura 53). Estava previsto um vidro de 3 mm mas a vidreira aconselhou um de 4 mm pois o seu transporte e manuseio seria mais seguro e não aumentava o respetivo preço.



Figura 53 Coletor com vidro

Notou-se que, durante a obtenção de resultados, as juntas do coletor, na qual foi colocado a cola PVC, começaram a verter apesar de ser referido que esta solução era resistente ao calor. Desta forma houve a necessidade de reforçar as juntas com um mastik híbrido de forma a selar as mesmas (Figura 54). Para futuros projetos imposta salientar que esta solução é uma solução mais eficaz que a solução com a cola PVC e sendo que a cola só deve ser usada como complemento na união de acessórios.



Figura 54 Mastik híbrido

4.7. Análise de resultados

Começou-se a fazer medições de resultados desde o mês de julho de 2017 mas uma vez que o coletor teve problemas a nível de estanquidade, esses resultados não foram válidos, no entanto serviram para decidir quais seriam as melhores horas de medição de resultados com base nas condições climáticas existentes. Desta forma apresenta-se apenas medições a partir do mês de agosto de 2017 como pode ser observado nas tabelas em Anexo.

As medições começaram a partir das 11 h porque foi verificado que é a partir desta hora que o coletor começava a funcionar a 100% devido ao sombreamento de uma árvore próxima. Foram retirados dados da estação meteorológica relativos às temperaturas médias e as velocidades máxima de vento estável nos dias de medições [32].

As temperaturas médias são relativas às temperaturas registadas ao longo do dia nas horas de sol. As velocidades de vento estável são uma média truncada relativa às velocidades de vento registadas onde são retiradas as velocidades de vento de pico (também reconhecidas como rajadas) de forma a obter uma velocidade máxima mais “presente” ao longo do dia.

Decidiu-se utilizar a estação meteorológica de Santa Cruz (aeroporto) para obtenção destas informações pois acredita-se que obterá resultados mais semelhantes ao do local do projeto (principalmente em relação ao vento) em comparação com a estação meteorológica da Cancela, embora esta se encontrasse mais próxima do local de projeto.

Optou-se por fazer uma mudança de água (65 L) a cada 4 dias de medições de forma a não sobre aquecer o sistema e a simular um uso diário normal desta forma é possível tirar outro tipo de interpretação de resultados.

4.7.1. Coletor sem vidro

Numa primeira fase testou-se o coletor sem vidro (Figura 55). As medições foram iniciadas a dia 20 de julho de 2017 e terminadas a 20 de agosto de 2017.



Figura 55 Coletor completo sem vidro

4.7.1.1. *Temperaturas máxima e mínimas.*

As temperaturas máximas registadas no termómetro 1, termómetro 2 e termómetro 3 foram respectivamente 49,9 °C, 47,2 °C e 58,7 °C no dia 20 de agosto de 2017. Foi um dia com temperatura máxima de 29,0 °C e mínima de 20,0 °C com uma velocidade máxima estável de vento de 35 km/h (Tabela 6). Temperaturas altas, vento relativamente baixo e o facto de este dia ser o último dia antes de fazer a inserção de 65 L de água fresca proporcionaram o facto da temperatura máxima ser registada neste dia.

As temperaturas mínimas registadas no termómetro 1, termómetro 2 foram respectivamente 26,1 °C, 21,1 °C no dia 9 de agosto de 2017 e termómetro 3, 28,9 °C, no dia 6 de agosto de 2017.

Tabela 6 Temperatura máxima e mínima do coletor sem vidro

	Termómetro 1	Termómetro 2	Termómetro 3
Temperatura máxima	49,90°C	47,20°C	58,70°C
Temperatura mínima	26,10°C	21,10°C	28,90°C

4.7.1.2. *Evolução de temperatura – semana tipo*

O gráfico da Figura 56 demonstra uma evolução tipo do aquecimento de águas nos respetivos termómetros, após inserção dos 65 L de água fresca. As temperaturas do termómetro 1 são sempre superiores às temperaturas do termómetro 2 e inferior às temperaturas do termómetro 3 o que demonstra que o sistema está funcionando corretamente por termossifão. Exceção com as horas noturnas que as temperaturas no acumulador são superiores em qualquer um dos pontos, uma vez que não há radiação, o sistema tenta manter a temperatura acumulada ao longo do dia.

Nota-se claramente um aumento notável na fase inicial, das 11 h às 15 h, após a inserção de água fresca. Observa-se uma tendência para a água aquecer ao longo dos dias sendo o seu máximo por volta das 18 h.

O termómetro que sofre mais oscilações de temperatura é o termómetro 3 que é também o termómetro que regista as temperaturas mais altas logo á saída do coletor solar. O termómetro que manteve as temperaturas mais constantes foi o termómetro 1, o termómetro que se localiza dentro do acumulador.

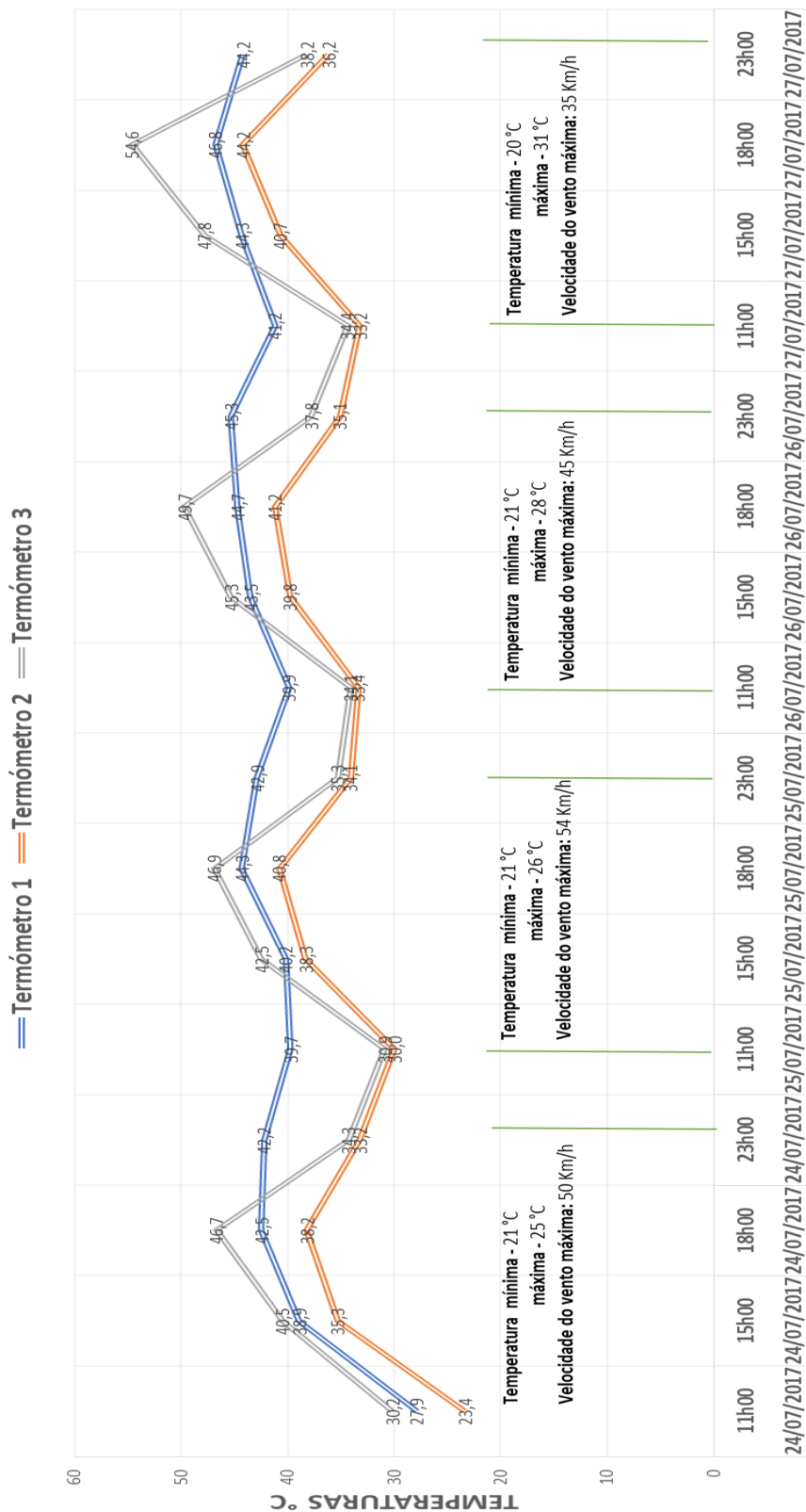


Figura 56 Evolução típica de temperaturas (sem vidro)

4.7.1.3. *Análise de aumento de temperatura após inserção de 65l água*

Como foi referido anteriormente, observou-se um pico nas primeiras horas de sol após a inserção de água fresca, e essa tendência foi refletida nas restantes medições.

A inserção de 65 L de água simula consideravelmente o banho de 2 pessoas logo pela manhã o que traduz os resultados obtidos em resultados próximos aos reais. Desta forma pretendeu-se estudar a capacidade de o coletor ter água quente disponível para ser novamente utilizada.

De acordo com a Tabela 7 seguinte o coletor teve a capacidade de aumentar a temperatura da água, em média, 11,0 °C. Passando de uma temperatura à volta dos 27,0 °C para cerca de 38,0 °C em 4 h de tempo, sendo que por volta das 18 h a temperatura já se encontrava superior aos 40,0 °C – o que é uma temperatura razoável para tomar banho (Tabela 7).

Tabela 7 Aquecimento de água das 11 h às 15 h após a colocação de água fresca

24/07/2017	11,00°C	
28/07/2017	10,90°C	
01/08/2017	10,50°C	
05/08/2017	9,80°C	
09/08/2017	10,60°C	
13/08/2017	12,50°C	Média
17/08/2017	11,60°C	10,99°C

4.7.1.4. *Perdas de calor pelo acumulador*

Um dos pontos importantes a ter em conta em relação a um sistema deste tipo é a capacidade de o mesmo armazenar água com temperaturas elevadas.

De acordo com a Tabela 8 o acumulador perde, em média, 3,1 °C das 23 h às 11 h. Tendo, no mínimo, uma temperatura de 37,2 °C no acumulador sendo esta uma temperatura aceitável para o banho.

Tabela 8. Arrefecimento da água no acumulador das 23 h às 11 h

20/07/2017	2,50°C	
21/07/2017	3,00°C	
22/07/2017	4,10°C	
24/07/2017	2,20°C	
25/07/2017	3,10°C	
26/07/2017	3,20°C	
28/07/2017	2,20°C	
29/07/2017	3,10°C	
30/07/2017	3,20°C	
01/08/2017	2,70°C	
02/08/2017	3,10°C	
03/08/2017	3,80°C	
05/08/2017	2,40°C	
06/08/2017	3,20°C	
07/08/2017	3,60°C	
09/08/2017	3,10°C	
10/08/2017	3,10°C	
11/08/2017	2,90°C	
13/08/2017	3,30°C	
14/08/2017	2,20°C	
15/08/2017	2,70°C	Minimo ás 11h
17/08/2017	3,20°C	37,20°C
18/08/2017	3,30°C	Média
19/08/2017	4,50°C	3,07°C

4.7.1.5. *Influência da temperatura*

Um dos objetivos desta tese era estudar a influência dos fatores ambientais na temperatura do coletor. Observou-se que em dias de maior temperatura ambiente, maior foi a temperatura da água no acumulador. De modo a comprovar tal influencia decidiu-se compara os resultados obtidos nos dias 1 de agosto a 4 de agosto com os de 17 de agosto a 20 de agosto.

Note-se que nos dias 1 de agosto a 4 de agosto registou-se as temperaturas de exterior máximas e velocidade de vento estável máxima apresentadas na Tabela 9 o que traduz numa temperatura ambiente máxima de 26,0 °C em média nesses quatro dias, e uma velocidade máxima estável de vento de 32 Km/h em média nesses mesmo quatro dias.

Tabela 9 Registo de temperaturas 1/8 a 4/8

	Temperatura exterior (°C) Max	Velocidade máxima estável do vento (Km/h)
01/08/2017	25	22
02/08/2017	26	32
03/08/2017	26	37
04/08/2017	26	32

Nos dias 17 de agosto a 20 de agosto registam-se as temperaturas de exterior máximas e velocidade de vento estável máxima apresentadas na Tabela 10 o que traduz numa temperatura ambiente máxima de 28,5 °C em média nesses quatro dias, e uma velocidade máxima estável de vento de 45 Km/h em média nesses mesmo quatro dias.

Tabela 10 Registo de temperaturas 17/8 a 20/8

	Temperatura exterior (°C) Max	Velocidade máxima estável do vento (Km/h)
17/08/2017	29	45
18/08/2017	27	46
19/08/2017	29	54
20/08/2017	29	35

Saliente-se de que as datas previamente mencionadas diferem de 2,5 °C de temperatura máxima em média e têm uma diferença de velocidade estável de vento máxima de 13 Km/h. A diferença de temperatura ambiente máxima irá influenciar a temperatura da água no coletor solar.

De forma a demonstrar a influência da temperatura ambiente no presente projeto, somou-se as temperaturas registadas no termómetro 1 (termómetro que se encontra no acumulador) nos dias 1 de agosto a 4 de agosto e compara-las com as temperaturas registadas nos dias 17 de agosto a 20 de agosto no mesmo termómetro.

Nos dias 1 de agosto até 4 de agosto obteve-se uma temperatura acumulada de 669,0 °C e nos dias 17 de agosto a 20 de agosto obteve-se uma temperatura acumulada de 719,5 °C o que corresponde a um ganho energético de 50,5 °C nestes mesmo dias (Tabela 11).

Tabela 11 Comparação de temperaturas termómetro 1

	Valores acumulados de temperaturas		
1/8 a 4/8	669,00°C		
17/8 a 20/8	719,50°C	Diferença	50,50°C

Ao comparar-se as temperaturas momento a momento, através da Figura 57, observa-se que nos dias 17 de agosto a 20 de agosto as temperaturas mantiveram-se superiores 2 °C a 4 °C em relação às temperaturas medidas nos dias 1 de agosto a 4 de agosto [30].

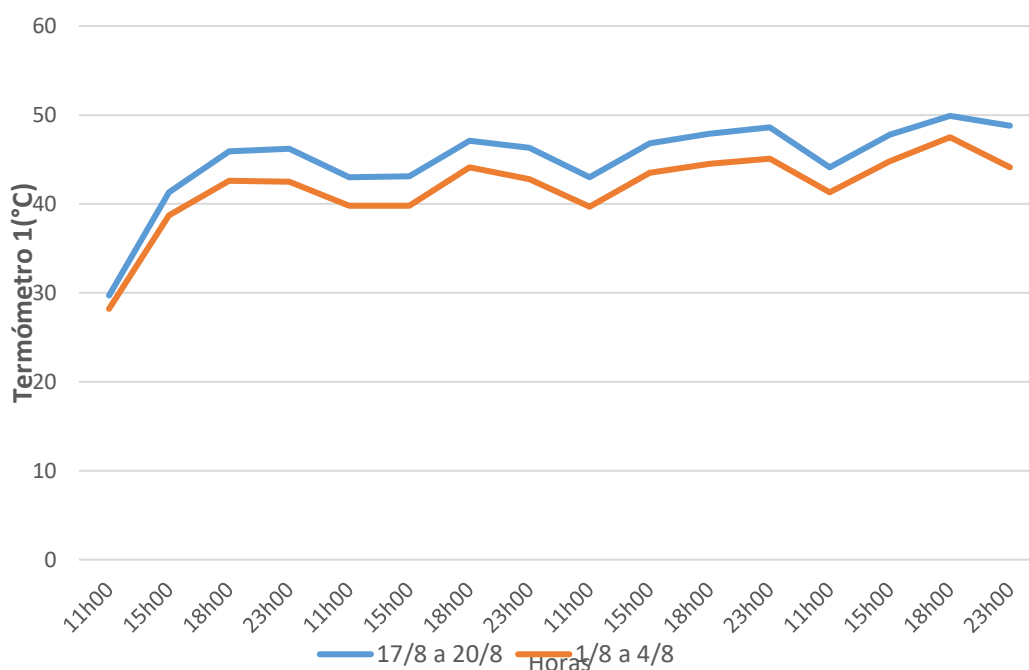


Figura 57 Comparação temperaturas (influência da temperatura)

4.7.1.6. Influência do vento

Observou-se que em dias de maior velocidade máxima de vento estável, menor foi a temperatura da água no acumulador. De modo a comprovar tal influencia decidiu-se compara os resultados obtidos nos dias 28 de julho a 31 de julho com os de 5 de agosto a 8 de agosto.

Note-se que nos dias 28 de julho a 31 de julho registou-se as temperaturas de exterior máximas e velocidade de vento estável máxima apresentadas na Tabela 12 o que traduz numa temperatura ambiente máxima de 26,0 °C em média nesses quatro dias, e uma velocidade máxima estável de vento de 23 Km/h em média nesses mesmo quatro dias.

Tabela 12 Registo de temperatura 28/7 a 31/7

	Temperatura exterior (°C) Max	Velocidade máxima estável do vento (Km/h)
28/07/2017	27	21
29/07/2017	27	37
30/07/2017	26	24
31/07/2017	25	11

Nos dias 5 de agosto a 8 de agosto registou-se as temperaturas de exterior máximas e velocidade de vento estável máxima apresentadas na Tabela 13, o que traduz numa temperatura ambiente máxima de 26,0 °C em média nesses quatro dias, e uma velocidade máxima estável de vento de 50 Km/h em média nesses mesmo quatro dias.

Tabela 13 Registo de temperaturas 5/8 a 8/8

	Temperatura exterior (°C) Max	Velocidade máxima estável do vento (Km/h)
05/08/2017	26	42
06/08/2017	26	55
07/08/2017	26	58
08/08/2017	25	45

Saliente-se de que as datas previamente mencionadas têm uma temperatura máxima em média igual e têm uma diferença de velocidade estável de vento máxima de 27 Km/h. A diferença de velocidade máxima do vento estável irá influenciar a temperatura da água no coletor solar.

De forma a demonstrar a influência da velocidade máxima do vento estável no presente projeto, somou-se as temperaturas registadas no termómetro 1 (termómetro que se encontra no acumulador) nos dias 5 de agosto a 8 de agosto e compara-las com as

temperaturas registadas nos dias 28 de julho a 31 de julho no mesmo termómetro, à semelhança do que foi feito anteriormente com a temperatura ambiente.

Nos dias 28 de julho a 31 de julho obteve-se uma temperatura acumulada de 672,8 °C e nos dias 5 de agosto a 8 de agosto obteve-se uma temperatura acumulada de 634,0 °C o que corresponde a um ganho energético de 38,8 °C nestes mesmo dias (Tabela 14).

Tabela 14 Comparação de temperaturas de termómetro 1

	Valores acumulados de temperaturas		
28/7 a 31/7	672,80°C		
5/8 a 8/8	634,00°C	Diferença	38,80°C

Ao comparar-se as temperaturas momento a momento, através do gráfico da Figura 58, observa-se que nos dias 28 de julho a 31 de julho as temperaturas mantiveram-se superiores 1 °C a 3 °C em relação às temperaturas medidas nos dias 5 de agosto a 8 de agosto.

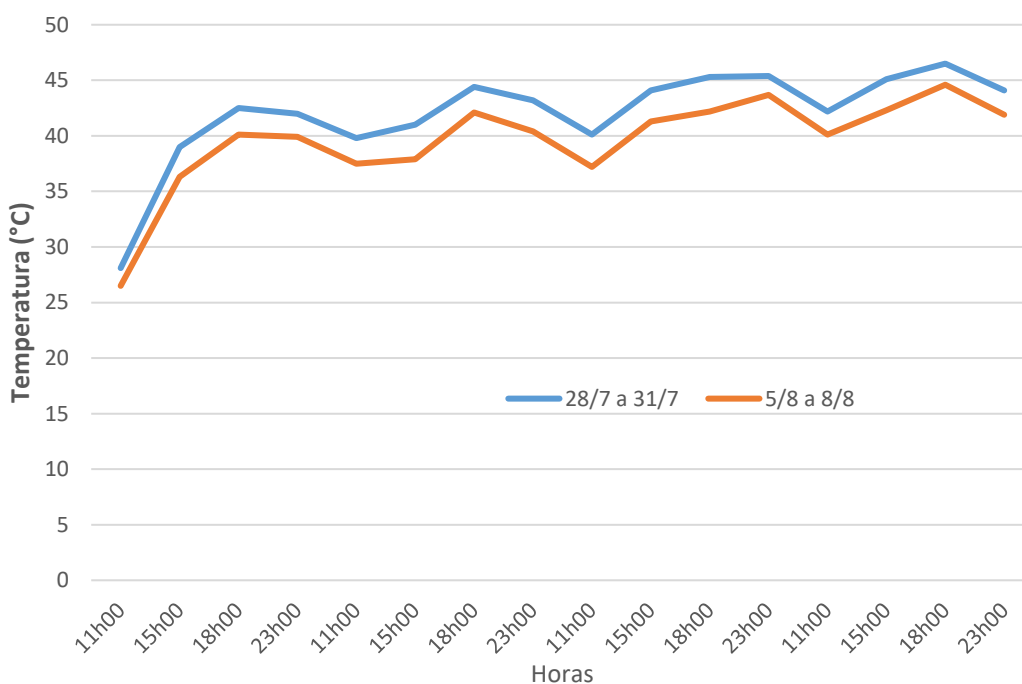


Figura 58 Comparação de temperaturas (influência do vento)

4.7.1.7. Eficiência do coletor

Uma vez que já foi demonstrado a eficácia do coletor decidiu-se agora estudar a sua eficiência de modo a poder comparar resultados quando for colocado o vidro. A estratégia utilizada para quantificar essa eficiência foi subtrair as medições de temperaturas entre o termómetro 3 (saída de água quente do coletor solar) e o termómetro 2 (entrada da água fria no coletor solar).

Desta forma sabe-se exatamente qual foi o aumento da temperatura da água quando esta circulou pelo coletor. Esses resultados são apresentados seguidamente na Tabela 15.

Tabela 15 Aumento da temperatura no coletor

	Eficiência do coletor às 11h	Eficiência do coletor às 15h	Eficiência do coletor às 18h
24/07/2017	6,80°C	5,20°C	8,50°C
25/07/2017	0,90°C	4,20°C	6,10°C
26/07/2017	0,70°C	5,50°C	8,50°C
27/07/2017	1,20°C	7,10°C	10,40°C
28/07/2017	7,50°C	5,30°C	8,60°C
29/07/2017	0,40°C	4,60°C	6,50°C
30/07/2017	0,30°C	5,20°C	8,60°C
31/07/2017	0,80°C	7,20°C	9,60°C
01/08/2017	7,10°C	5,70°C	8,80°C
02/08/2017	0,70°C	3,90°C	5,70°C
03/08/2017	0,60°C	5,90°C	8,80°C
04/08/2017	1,00°C	7,90°C	10,30°C
05/08/2017	8,70°C	5,30°C	8,60°C
06/08/2017	1,00°C	4,60°C	6,80°C
07/08/2017	0,80°C	5,60°C	8,40°C
08/08/2017	1,00°C	6,50°C	10,80°C
09/08/2017	11,10°C	4,90°C	8,10°C
10/08/2017	0,50°C	3,60°C	6,20°C
11/08/2017	0,90°C	6,40°C	8,00°C
12/08/2017	1,10°C	7,80°C	10,30°C
13/08/2017	8,70°C	5,40°C	7,90°C
14/08/2017	1,30°C	4,50°C	5,80°C
15/08/2017	1,10°C	6,40°C	8,10°C
16/08/2017	1,00°C	6,90°C	10,70°C
17/08/2017	8,40°C	5,10°C	8,70°C
18/08/2017	1,20°C	4,80°C	7,30°C
19/08/2017	1,10°C	5,60°C	8,90°C
20/08/2017	1,00°C	6,40°C	11,50°C

Observa-se que as maiores diferenças são apresentadas nos dias em que à inserção de água fresca (linhas assinaladas a azul). De uma forma geral observa-se uma eficiência menor por volta das 11 h uma vez que o coletor tinha sombreamento até essa hora, exceção nos dias em que à inserção de água fresca (linhas assinaladas a azul) onde a diferença de temperatura é a maior. Às 15h e as 18h o aumento da temperatura da água dentro do coletor varia entre os 5 °C e os 11 °C sendo os valores mais altos registrados pelas 18h nos últimos dias antes da mudança de água o que fomenta que, a presença de água já quente no acumulador, faz que o sistema de termossifão funcione mais lentamente, ou seja, a água fica mais tempo dentro dos tubos presentes no coletor solar o que

proporciona a uma maior diferença de temperatura entre a entrada do coletor e a saída do coletor.

4.8. Coletor com vidro

Numa segunda fase do projeto testou-se o coletor com vidro (Figura 59). As medições foram iniciadas a dia 21 de agosto de 2017 e terminadas a 31 de agosto de 2017. Preve-se que o efeito estufa provocado pelo vidro irá aumentar a temperatura do coletor. A radiação solar de comprimento de onda infravermelha é maioritariamente reflectida pelo vidro, no entanto irá haver um maior aproveitamento dos raios ultra violeta pois estes ficarão aprisionados no interior do vidro.



Figura 59 Coletor completo com vidro

4.8.1. Temperaturas máximas e mínimas

As temperaturas máximas registadas no termómetro1, termómetro 2, e termómetro3 foram respectivamente 46,6 °C, 44,3 °C e 54,1 °C (Tabela 16). A temperatura máxima no termómetro 1 foi registada no dia 28 de agosto às 23h, tendo sido registado temperaturas ambientes máximas de 26 °C e mínimas de 20 °C e com uma velocidade máxima estável de vento de 26 km/h. As temperaturas máximas registadas no termómetro 2 e termómetro

3 foram no dia 30 de agosto às 18 h, tendo sido registado temperatura ambiente máxima de 25 °C , mínima de 22 °C e com uma velocidade máxima estável de vento de 26 km/h.

As temperaturas mínimas registadas no termómetro 1 foi de 29.9 °C no dia 9 de agosto de 2017, termómetro 2 e 3 foi respectivamente, 21.3 °C e 25.8 °C, no dia 21 de agosto de 2017.

Tabela 16 Temperaturas máximas e mínimas com vidro

	Termómetro 1	Termómetro 2	Termómetro 3
Temperatura máxima	46,60°C	44,30°C	54,10°C
Temperatura mínimas	29,90°C	21,30°C	25,80°C

4.8.2. Evolução das temperaturas na semana tipo

A Figura 60 demonstra uma evolução típica do aquecimento de águas nos respetivos termómetros, após inserção dos 65 L de água fresca. O modo como a temperatura evolui é muito parecida com a situação do coletor sem vidro com apenas algumas exceções.

Observa-se o mesmo aumento notável na fase inicial, das 11h às 15h, após a inserção de água fresca. Observa-se uma tendência para a água aquecer ao longo dos dias sendo o seu máximo por volta das 18 h.

O termómetro que sofre mais oscilações de temperatura é o termómetro 3 que é também o termómetro que regista as temperaturas mais altas por estar logo à saída do coletor solar. O termómetro que manteve as temperaturas mais constantes foi o termómetro 1, ou seja, o termómetro que se localiza dentro do acumulador.

A principal diferença do Coletor com vidro é a maior diferença de temperatura entre o termómetro 2 e o termómetro 3 - o que demonstra que o vidro veio trazer mais eficiência ao coletor, no entanto uma vez que esta comparação é feita de resultados retirados de dias diferentes, deve-se ter em conta que a radiação solar existente não foi a mesma.

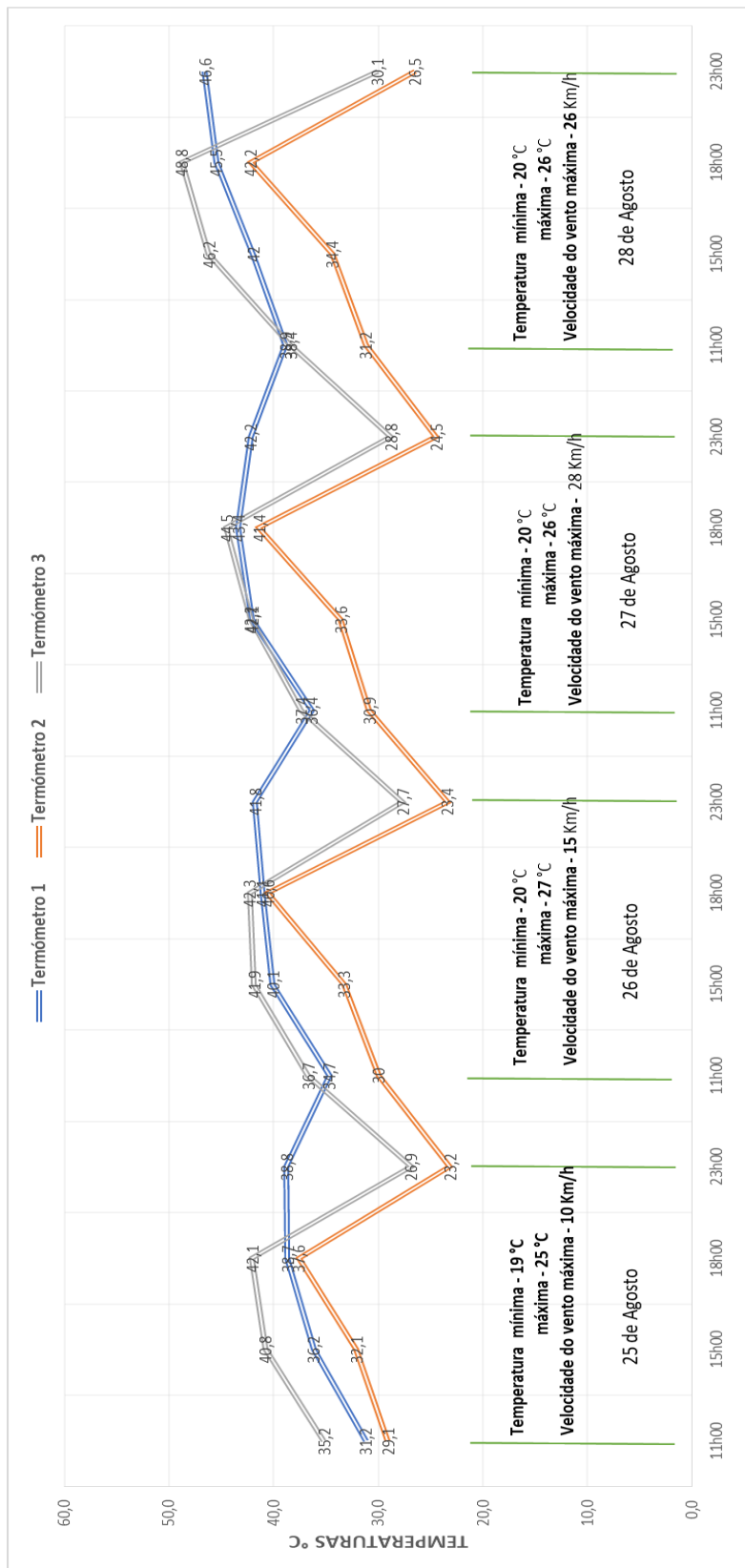


Figura 60 Evolução tipo de temperaturas (com vidro)

4.8.3. Eficiência do coletor

À semelhança do que foi feito com o coletor sem vidro, a estratégia utilizada para quantificar a eficiência, foi subtrair as medições de temperaturas entre o termómetro 3 (saída de água quente do coletor solar) e o termómetro 2 (entrada da água fria no coletor solar). Desta forma sabe-se exatamente qual foi o aumento da temperatura da água quando esta circulou pelo coletor (Tabela 17 Eficiência do coletor).

Tabela 17 Eficiência do coletor

	Eficiência do coletor às 11h	Eficiência do coletor às 15h	Eficiência do coletor às 18h
21/08/2017	5,90°C	8,40°C	1,70°C
22/08/2017	6,40°C	9,20°C	3,50°C
23/08/2017	6,40°C	9,00°C	3,30°C
24/08/2017	7,10°C	12,10°C	6,30°C
25/08/2017	6,10°C	8,70°C	4,50°C
26/08/2017	6,70°C	8,60°C	1,70°C
27/08/2017	6,50°C	8,60°C	3,10°C
28/08/2017	7,20°C	11,80°C	6,60°C
29/08/2017	5,40°C	6,50°C	1,70°C
30/08/2017	5,70°C	10,10°C	9,80°C
31/08/2017	5,70°C	7,40°C	6,10°C

A Tabela 17 Eficiência do coletor demonstra que ao colocar o vidro no coletor a diferença de temperaturas entre o termómetro 3 e o termómetro 2 aumentou consideravelmente o que demonstra a eficácia e o benefício da colocação do vidro no coletor solar. Curiosamente, ao contrário do que se verificou no coletor sem vidro, nos dias em que foi colocada água fresca a diferença entre o termómetro 3 e o termómetro 2 foi similar à diferença dos dias em que não foi colocada a água fresca. Para entender melhor essa diferença decidiu-se comparar os resultados dos coletores sem vidro e com vidro (Figura 61).

Este fenómeno tem sido frequentemente reportado na literatura na medida em que os coletores sem vidro só são eficientes com elevada temperatura ambiente, baixa velocidade do vento e com radiação solar direta e constante. Já os coletores com vidro são eficientes logo que sobre eles incide a radiação, ainda que a temperatura ambiente seja baixa ou exista algum vento.

Micro captação de energia solar com coletores caseiros

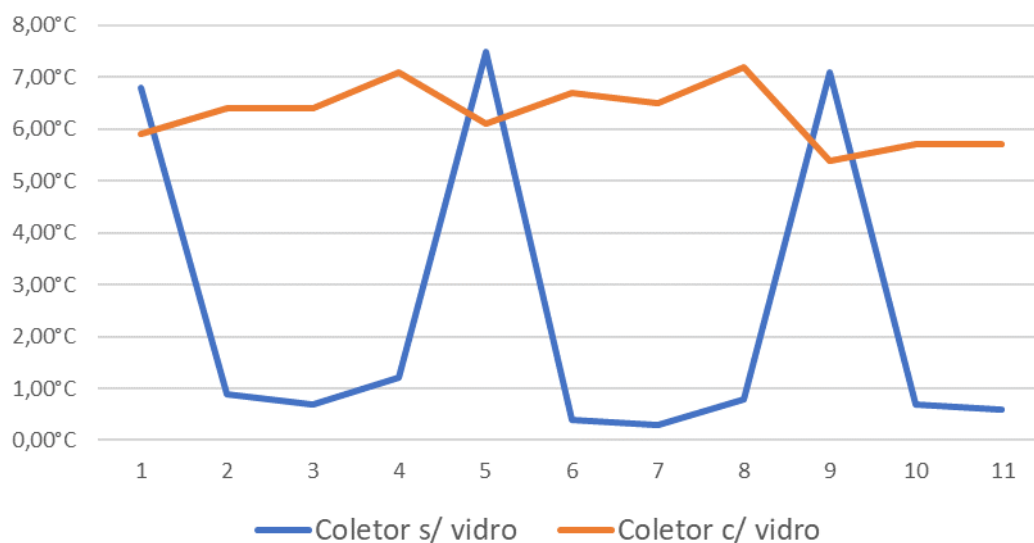


Figura 61 Comparação das eficiências

No entanto, estas medições foram retiradas logo após a inserção de água fresca (deu-se apenas uns 5 minutos para o sistema estabilizar), o que faz com que este resultado apresentado não tenha uma explicação aparente.

4.8.4. Perdas de calor pelo acumulador

Verificou-se uma perda de temperatura, das 23 h às 11 h, cerca de 4,20 °C. Um pouco acima da média tirada do coletor sem vidro (3,07 °C) que pode estar relacionado com a diminuição da temperatura ambiente (Tabela 18).

Tabela 18 Perdas de temperatura

22/08/2017	3,9°C	
23/08/2017	4,9°C	
24/08/2017	4,3°C	
26/08/2017	4,1°C	
27/08/2017	5,4°C	Minimo às 11h
28/08/2017	3,3°C	32,70°C
30/08/2017	4,2°C	Média
31/08/2017	3,8°C	4,24°C

4.8.5. Potencialidade do coletor com chuva

Visto que no dia 31 de agosto choveu em 50% do dia, houve a oportunidade de estudar o coletor com chuva uma vez. Nesse dia, até às 14 h o dia esteve chuvoso e nublado clareando completamente a partir das 15 h.

A Figura 62 demonstra que houve uma diminuição ligeira, gradual da temperatura, até as 15 h, no entanto o coletor teve a capacidade de se manter a uma temperatura razoável. Era de esperar que a temperatura diminuísse de uma forma semelhante às horas noturnas, no entanto os resultados demonstram que mesmo estando nublado o coletor tem capacidade de captar a pouca radiação existente e transforma-la em calor. Após as 15h, uma vez que o céu clareou, o sistema funcionou como habitualmente [30].

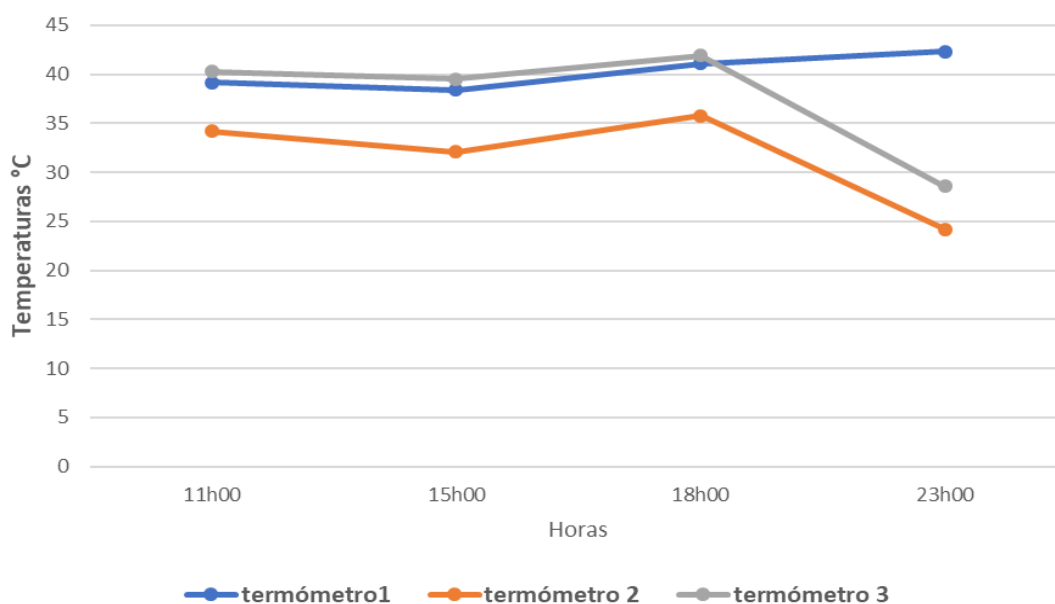


Figura 62 Evolução de temperatura em dia de chuva

4.9. Poupança Energética

Um dos pontos importantes a reter neste projeto é a rentabilidade económica de um coletor caseiro, desta forma decidiu-se estudar a poupança energética caso a água fosse aquecida através de uma resistência eléctrica (220V) [12 e 31].

Através da seguinte equação conseguimos obter a energia necessária para aquecer determinado volume de água até certa temperatura:

$$E = \frac{m \cdot c \cdot (\Delta T)}{3600} \quad [\text{KW.h}]$$

m – Massa da água [Kg]

c– Calor específico da água 4,184 [Kjoule/Kg.°C]

ΔT – Diferencial de temperatura [°C]

Avaliando os dados anteriores, em relação à capacidade de o coletor aquecer 240 L de água após inserção de água fresca optou-se por adotar uma capacidade de aumento de 10 °C. Trata-se de um valor aproximado, menosprezado que ajudará a chegar às conclusões necessárias, baseado no aumento registado no coletor após inserção dos 65 L de água fresca.

Sendo assim:

$$P = \frac{240 * 4,184 * 10}{3600} = 2,7893 [KW.h]$$

O que demonstra que a resistência precisaria de 2,7893 KW.h para aumentar 10 °C de 240 L de água. Pois o custo da eletricidade está neste momento a 0,1636/Kw.h

$0,1636 * 2,7893 = 0,46$ € por dia.

Ao multiplicar-se 0,46 € por 30 dias obtém-se 13,8 € de custo mensal. Uma vez que o custo total do coletor foi de 88,29 €, esse valor seria recuperado em apenas 6,5 meses, o que torna esta solução extremamente rentável. É de salientar que o custo efetuado para a resistência térmica não teve em conta qualquer tipo de eficiência, perdas térmicas ou classe energética do produto o que faz com que o custo apresentado seja menor que o real.

5

CONCLUSÕES

5.1. Notas finais

O coletor solar apresentado nesta tese tem uma razão custo/benefício bastante cativante e competitivo no mercado de trabalho, no entanto futuramente deveram ser feitas algumas alterações de forma a aumentar a durabilidade do coletor a resistir às condições ambientais:

- O uso de uma moldura de alumínio (substituto da madeira);
- Utilização da solução da mastik híbrido como solução principal na impermeabilização das juntas das tubagens;
- Escolha de uma espuma isoladora que tenha um melhor comportamento em contacto com o exterior.

Do ponto de vista legal este coletor solar nunca poderá substituir um sistema normalizado, pois esta não pode ser contabilizada como energia renovável e por sua vez na atribuição de classe energética, como pode ser observado no ponto 5 da portaria numero 349-B/2013, de 29 de novembro.

Uma vez que o principal tipo de obra presente no país é a reabilitação e caso esta seja de pequena intervenção, não é obrigatório a instalação de sistemas solares normalizados o que torna o sistema apresentado apelativo como sistema de aquecimento de águas de

baixo custo. Acresce ainda outras possibilidades de uso, como por exemplo, para aquecer piscinas de uso esporádico, para balneários, para explorações agrícolas, etc.

5.2. Conclusões

Foi construído um sistema solar caseiro que demonstrou ter capacidades de aquecimento de água necessários para 2 pessoas. Tratou-se de uma construção de baixo custo e amiga do ambiente na medida em que foi utilizada uma arca frigorífica usada e embalagens de pacotes de leite TetraPak.

Contudo, a experiência demonstrou que seria uma boa decisão a utilização de materiais que tivesse um melhor comportamento com as intempéries (mesmo que levasse a um ligeiro aumento do custo – por exemplo, soluções como o alumínio) uma vez que a madeira utilizada para a moldura do coletor, e a espuma isolador tiveram estragos significativos nos 2 meses de medições o que comprometera a eficiência do coletor.

Da análise de resultados conclui-se que a cobertura de vidro é muito importante porque cria o efeito estufa que permite um aumento notável da eficiência do coletor.

Verifica-se, no entanto que este sistema deve ser utilizado como complemento de um sistema normalizado (quer seja de energia renovável ou não) pelas seguintes razões:

- O sistema solar apesar de não ter sido testado na estação de aquecimento, tudo indica que este não terá capacidades de aquecer 240 L de água aos 45 °C diariamente.
- Uma vez que o sistema funciona de forma direta, as recomendações de HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), indicam que o sistema deve ter a capacidade de garantir pelo menos 65 °C para prevenção de desenvolvimento de bactérias.

5.3. Desenvolvimentos futuros e notas finais

De futuro pretende-se uma análise mais detalhada sobre a capacidade do coletor na estação de aquecimento uma vez que só foram recolhidos dados na estação de arrefecimento. Um maior numero de resultados apresentaria uma análise mais rigorosa. Do mesmo modo, devem ser feitas leituras automáticas durante as 24 horas do dia.

Deveria ser feito a comparação de temperaturas dos dois coletores (com vidro e sem vidro), de forma a que as características meteorológicas fossem as mesmas e houvesse maior facilidade de análise de resultados visto que apesar do vidro ter potencialidade de aumentar a temperatura, a temperatura máxima retirada desta experiência foi retirada quando o coletor não tinha vidro.

Seria interessante o estudo de outras soluções caseiras que comparem com a utilizada.

BIBLIOGRAFIA

1. Objetivos comissão Europeia 2020. Consultado a 18 de Fevereiro de 2017; Obtido de: <http://europedirect.adral.pt/index.php/prioridades-da-comissao-europeia>
2. Física Grimm - Cap. 2 Mecanismos de transferência de Calor. Consultado a 18 de Fevereiro de 2017; Obtido de: <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-9.html>
3. Mundo da Educação - Ondas eletromagnéticas. Consultado a 18 de fevereiro de 2017; Obtido de: <http://www.mundoeducacao.com/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>.
4. Energia Solar - Radiação Solar. consultado a 18 de Fevereiro de 2017; Obtido de: <https://pt.solar-energia.net/definicoes/luz-solar.html>
5. Roriz, L.; Rosendo, J.; Lourenço, F.; Calhau, K. (2010) - Energia Solar em Edifícios, Edições Orion.
6. LabEEE - Radiação Solar. Consultado a 25 de Fevereiro; Obtido de: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Conforto%20termico.pdf>
7. LabEEE - Elementos de controle da radiação Solar. Consultado a 20 de Fevereiro; Obtido de: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Conforto%20termico.pdf>
8. Instituto de Meteorologia Consultado a 15 Maio; Obtido de: https://www.meteo.pt/export/sites/default/bin/docs/tecnicos/bc_dc_00_09.pdf
9. Energia, P. Energia Solar Térmica - Manual sobre tecnologias, projecto e instalação. Consultado a: 5 de Março de 2017; Obtido de: <http://www.portal-energia.com/manual-e-guia-tecnico-de-energia-solar-fotovoltaica-tecnologias-projecto-e-instalacao/>.
10. Energia Solar - Coletores solares. Consultado a 20 de Março de 2017; Obtido de: <https://pt.solar-energia.net/solar-termica/colectores-solares-termicos>
11. Sistemas Solares térmicos - Coletores Solares. Consultado a 20 de Março de 2017; Obtido de: <http://www.tisst.net/documentos/sistemas-solares-termicos/sistemas-de-capta%C3%A7%C3%A3o-solar-colectores-solares-termicos/>
12. Gouveia, José, Eficiência de edificios com análise de caso de estudo: alojamento a construir em BALUM. - Tese de Mestrado Integrado. Fevereiro de 2011 Instituto Superior Técnico Lisboa.
13. Caleffi, Hidráulica 25: As Instalações Solares - Técnicas e esquemas de realização. Maio 2006.
14. Silva, L. A. Coletor de polietileno: uma alternativa de aproveitamento de energia solar de baixo custo. 1992. 54 f. - Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na

- Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.
15. Souza, L. G. M.; Mendes, J. U. L.; Santos, R. D.; Lima, H. J.; Melo, A. V.; randemberg, n. Reservatório térmico alternativo para uso em sistemas solares de aquecimento de água. - Congresso brasileiro de engenharia e ciência dos materiais, 17., 2006, Foz do Iguaçu. São Paulo: IPEN, 2006.
 16. Rodrigues, Patrícia, Energias Renováveis para Águas Quentes Sanitárias. - Tese de Mestrado. Setembro de 2014 Universidade da Madeira.
 17. Sempre Sustentável - Faça voce mesmo. Consultado a 4 de Fevereiro de 2017; Obtido de <http://engenhariae.com.br/meio-ambiente/faca-voce-mesmo-painel-solar-para-produzir-energia-limpa-em-casa/>
 18. Coletor solar alternativo de concreto para aquecimento de água em aplicações agrícolas e agroindustriais. - Tese de Mestrado. Novembro de 2011 universidade estadual paulista.
 19. Maia, Lino, Relatório Técnico Solução para a redução dos custos de aquecimento de água nos balneários do Clube Futebol Andorinha. Setembro de 2016 Universidade da Madeira
 20. EarthShip - Sustentabilidade ambiental. Consultado a 24 de Março de 2017; Obtido de <http://earthship.com/>
 21. TetraPak - Materials. Consultado a 29 de Maio de 2017; Obtido de <http://www.tetrapak.com/pt/packaging/materials>
 22. Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto de 2013
 23. Portaria n. 349-B/2013, de 29 de novembro de 2013
 24. Portaria nº 701-H/2008, de 29 de julho;
 25. Normas EN 12976 e 12975, Certificação de Colectores Solares e Sistemas Solares Térmicos.
 26. CHAURASIA, P.B.L. Solar waters heaters based on concrete collector. Solar Energy, n. 25, p. 703-716, 2000.
 27. Portaria nº 701-H/2008, de 29 de julho 2008
 28. Estratégia da comissão Europeia - Europe 2020 strategy. Consultado a 25 de Abril de 2017; Obtido de https://ec.europa.eu/info/strategy/european-semester/framework/europe-2020-strategy_en
 29. EletroCanico - Aquecimento Solar Térmico. Consultado a 2 de Maio de 2017; Obtido de <http://www.electrocanico.com/termica.html>

30. Albuquerque, Taciana, Influência dos parâmetros meteorológicos sobre a eficiência de um coletor solar plano destinado a aquecimento de água na região de maceió-al. Junho de 2002 Universidade de São Paulo.
31. R Lamberts, L. Dutra, Eficiência Energética em Edificações. F.O.R. Pereira PW Editores São Paulo 1997
32. Freemeteo - Metereologia Santa Cruz Portugal, Consultado desde 1 de Maio; Obtido de <http://freemeteo.com.pt/tempo/santa-cruz/historico/historicomensal/?gid=2263540&station=2806&month=8&year=2017&language=portuguese&country=portugal>
33. Pedroso, Vitor M. R. Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas (2014). Edição LNEC.

ANEXOS

Data	Hora	Temperatura exterior (°C) Min	Temperatura exterior (°C) Max	Velocidade máxima estável do vento (Km/h)	Temperatura Termômetro 1 (°C)	Temperatura Termômetro 2 (°C)	Temperatura Termômetro 3 (°C)	Temperatura tanque
20/07/2017	11h00	21	25	32	19,0	19,1	20,3	
20/07/2017	15h00				24,2			
20/07/2017	18h00				26,0			
20/07/2017	23h00				29,6			
21/07/2017	11h00	21	24	29	26,1			
21/07/2017	15h00				19,5			
21/07/2017	18h00							
21/07/2017	23h00							
22/07/2017	11h00	21	25	32				
22/07/2017	15h00							
22/07/2017	18h00							
22/07/2017	23h00							
23/07/2017	11h00	21	25	37				
23/07/2017	15h00							
23/07/2017	18h00							
23/07/2017	23h00							
Inserção de 65L de água fresca								27,9
24/07/2017	11h00	21	25	50	27,9	23,4	30,2	
24/07/2017	15h00				38,9	35,3	40,5	
24/07/2017	18h00				42,5	38,2	46,7	
24/07/2017	23h00				42,2	33,2	34,3	
25/07/2017	11h00	21	26	54	39,7	30,0	30,9	
25/07/2017	15h00				40,2	38,3	42,5	
25/07/2017	18h00				44,3	40,8	46,9	
25/07/2017	23h00				42,9	34,1	35,3	
26/07/2017	11h00	21	28	45	39,9	33,4	34,1	
26/07/2017	15h00				43,5	39,8	45,3	
26/07/2017	18h00				44,7	41,2	49,7	
26/07/2017	23h00				45,3	35,1	37,8	
27/07/2017	11h00	20	31	35	41,2	33,2	34,4	
27/07/2017	15h00				44,3	40,7	47,8	
27/07/2017	18h00				46,8	44,2	54,6	
27/07/2017	23h00				44,2	36,2	38,2	
Inserção de 65L de água fresca								28,1
28/07/2017	11h00	23	27	21	28,1	23,5	31	
28/07/2017	15h00				39	35,2	40,5	
28/07/2017	18h00				42,5	38,2	46,8	
28/07/2017	23h00				42	33,4	34,4	
29/07/2017	11h00	20	27	37	39,8	30,3	30,7	
29/07/2017	15h00				41	38,5	43,1	
29/07/2017	18h00				44,4	40,7	47,2	
29/07/2017	23h00				43,2	34,4	35,2	
30/07/2017	11h00	20	26	24	40,1	34,4	34,7	
30/07/2017	15h00				44,1	40,1	45,3	
30/07/2017	18h00				45,3	41,2	49,8	
30/07/2017	23h00				45,4	35,3	38	
31/07/2017	11h00	20	25	11	42,2	33,4	34,2	
31/07/2017	15h00				45,1	40,9	48,1	
31/07/2017	18h00				46,5	45,3	54,9	
31/07/2017	23h00				44,1	36,5	38,4	

Micro captação de energia solar com coletores caseiros

Inserção de 65L de água fresca								28,2
01/08/2017	11h00	21	25	22	28,2	23,5	30,6	
01/08/2017	15h00				38,7	35,2	40,9	
01/08/2017	18h00				42,6	38,1	46,9	
01/08/2017	23h00				42,5	33	34,5	
02/08/2017	11h00	21	26	32	39,8	30,0	30,7	
02/08/2017	15h00				39,8	38,5	42,4	
02/08/2017	18h00				44,1	41,1	46,8	
02/08/2017	23h00				42,8	34,2	35,3	
03/08/2017	11h00	22	26	37	39,7	33,5	34,1	
03/08/2017	15h00				43,5	39,2	45,1	
03/08/2017	18h00				44,5	41,3	50,1	
03/08/2017	23h00				45,1	35,1	38	
04/08/2017	11h00	22	26	32	41,3	33,4	34,4	
04/08/2017	15h00				44,8	40,9	48,8	
04/08/2017	18h00				47,5	44,3	54,6	
04/08/2017	23h00				44,1	36,9	38,4	
Inserção de 65L de água fresca								26,5
05/08/2017	11h00	22	26	42	26,5	21,1	29,8	
05/08/2017	15h00				36,3	33,2	38,5	
05/08/2017	18h00				40,1	35,9	44,5	
05/08/2017	23h00				39,9	31,2	31,8	
06/08/2017	11h00	22	26	55	37,5	27,9	28,9	
06/08/2017	15h00				37,9	36,2	40,8	
06/08/2017	18h00				42,1	38,1	44,9	
06/08/2017	23h00				40,4	31,98	33,3	
07/08/2017	11h00	21	26	58	37,2	32	32,8	
07/08/2017	15h00				41,3	37,8	43,4	
07/08/2017	18h00				42,2	39,4	47,8	
07/08/2017	23h00				43,7	34,1	36,1	
08/08/2017	11h00	22	25	45	40,1	31,5	32,5	
08/08/2017	15h00				42,3	38,6	45,1	
08/08/2017	18h00				44,6	42,2	53	
08/08/2017	23h00				41,9	34,1	36,6	
Inserção de 65L de água fresca								26,1
09/08/2017	11h00	21	25	46	26,1	21,4	32,5	
09/08/2017	15h00				36,7	33,1	38	
09/08/2017	18h00				40,1	36,1	44,2	
09/08/2017	23h00				40,5	31,7	32,1	
10/08/2017	11h00	21	24	50	37,4	28,4	28,9	
10/08/2017	15h00				38,1	36,9	40,5	
10/08/2017	18h00				42,6	38,2	44,4	
10/08/2017	23h00				40,7	32	33,1	
11/08/2017	11h00	21	26	41	37,8	30,8	31,7	
11/08/2017	15h00				41,2	37,4	43,8	
11/08/2017	18h00				42,4	39,8	47,8	
11/08/2017	23h00				43,1	33,6	35,7	
12/08/2017	11h00	19	27	35	39,8	31,1	32,2	
12/08/2017	15h00				42,6	38,1	45,9	
12/08/2017	18h00				44,6	42,1	52,4	
12/08/2017	23h00				39,9	34	36,1	

Micro captação de energia solar com coletores caseiros

Inserção de 65L de água fresca								26,4
13/08/2017	11h00	19	25	16	26,4	24,4	33,1	
13/08/2017	15h00				38,9	37,1	42,5	
13/08/2017	18h00				44,6	40,2	48,1	
13/08/2017	23h00				44,3	35,6	36,2	
14/08/2017	11h00	19	27	34	42,1	32,1	33,4	
14/08/2017	15h00				42,1	40,1	44,6	
14/08/2017	18h00				46,7	42,9	48,7	
14/08/2017	23h00				45,3	36,7	37,1	
15/08/2017	11h00	21	26	32	42,6	35,1	36,2	
15/08/2017	15h00				45,9	41,4	47,8	
15/08/2017	18h00				46,9	43,5	51,6	
15/08/2017	23h00				47,3	37,6	39,8	
16/08/2017	11h00	21	27	34	43,2	35,9	36,9	
16/08/2017	15h00				46,8	43,1	50	
16/08/2017	18h00				48,1	46,2	56,9	
16/08/2017	23h00				46	38,6	40,1	
Inserção de 65L de água fresca								29,7
17/08/2017	11h00	22	29	45	29,7	25,8	34,2	
17/08/2017	15h00				41,3	38,3	43,4	
17/08/2017	18h00				45,9	40,9	49,6	
17/08/2017	23h00				46,2	37,3	38,1	
18/08/2017	11h00	22	27	46	43	33,1	34,3	
18/08/2017	15h00				43,1	40,8	45,6	
18/08/2017	18h00				47,1	43,7	51	
18/08/2017	23h00				46,3	37,1	39,4	
19/08/2017	11h00	22	29	54	43	36,1	37,2	
19/08/2017	15h00				46,8	43	48,6	
19/08/2017	18h00				47,9	44,6	53,5	
19/08/2017	23h00				48,6	38,4	41,2	
20/08/2017	11h00	20	29	35	44,1	36,8	37,8	
20/08/2017	15h00				47,8	43,9	50,3	
20/08/2017	18h00				49,9	47,2	58,7	
20/08/2017	23h00				48,8	39,6	42	

Micro captação de energia solar com coletores caseiros

		Coletor com vidro							
Data	Hora	Temperatura exterior (°C) Min	Temperatura exterior (°C) Max	Velocidade máxima estável do vento (Km/h)	Temperatura Termômetro 1 (°C)	Temperatura Termômetro 2 (°C)	Temperatura Termômetro 3 (°C)	Temperatura tanque	
21/08/2017	11h00	19	25	10	29,9	27,7	33,6		
21/08/2017	15h00				34,6	30,7	39,1		
21/08/2017	18h00				36,1	38,9	40,6		
21/08/2017	23h00				36,6	21,3	25,8		
22/08/2017	11h00	20	27	15	32,7	28,7	35,1		
22/08/2017	15h00				38,3	31,4	40,6		
22/08/2017	18h00				39,1	38,6	42,1		
22/08/2017	23h00				39,9	22,1	26,4		
23/08/2017	11h00	21	28	41	35	28,8	35,2		
23/08/2017	15h00				39,6	31,7	40,7		
23/08/2017	18h00				40,2	39,2	42,5		
23/08/2017	23h00				40,8	22,1	26,9		
24/08/2017	11h00	22	27	42	36,5	29	36,1		
24/08/2017	15h00				40,1	32,5	44,6		
24/08/2017	18h00				43,7	40,6	46,9		
24/08/2017	23h00				44,1	24,5	28,4		
Inserção de 65L de água fresca								31,2	
25/08/2017	11h00	21	27	29	31,2	29,1	35,2		
25/08/2017	15h00				36,2	32,1	40,8		
25/08/2017	18h00				38,7	37,6	42,1		
25/08/2017	23h00				38,8	23,2	26,9		
26/08/2017	11h00	21	26	28	34,7	30	36,7		
26/08/2017	15h00				40,1	33,3	41,9		
26/08/2017	18h00				41,1	40,6	42,3		
26/08/2017	23h00				41,8	23,4	27,7		
27/08/2017	11h00	20	26	28	36,4	30,9	37,4		
27/08/2017	15h00				42,1	33,6	42,2		
27/08/2017	18h00				43,4	41,4	44,5		
27/08/2017	23h00				42,2	24,5	28,8		
28/08/2017	11h00	20	26	26	38,9	31,2	38,4		
28/08/2017	15h00				42	34,4	46,2		
28/08/2017	18h00				45,5	42,2	48,8		
28/08/2017	23h00				46,6	26,5	30,1		
Inserção de 65L de água fresca								32,4	
29/08/2017	11h00	21	26	26	32,4	30,2	35,6		
29/08/2017	15h00				38,8	34,4	40,9		
29/08/2017	18h00				40,6	42,6	44,3		
29/08/2017	23h00				41,9	24,5	27,9		
30/08/2017	11h00	22	25	26	37,7	32,1	37,8		
30/08/2017	15h00				41,8	38,7	48,8		
30/08/2017	18h00				42,2	44,3	54,1		
30/08/2017	23h00				43	31,3	34,4		
31/08/2017	11h00	21	25	26	39,2	34,2	40,3		
31/08/2017	15h00				38,4	32,1	39,5		
31/08/2017	18h00				41,1	35,8	41,9		
31/08/2017	23h00				42,3	24,2	28,6		