



## Solar Térmico

Água Quente Solar - AQS  
Análise de projetos



Nelson Martins  
2022



1

## Objectivos

- Rever os aspectos básicos dos sistemas AQS
- Identificar aspectos chave na verificação de projectos de AQS
- Caso de estudo AQS com RETScreen®

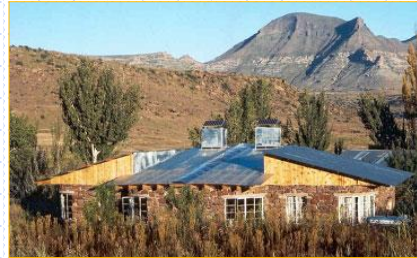


Nelson Martins  
DEM-UA 2022

2

## Para que serve um sistemas AQS?

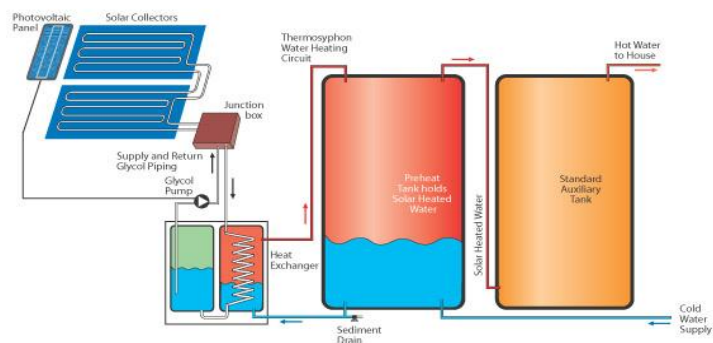
- Água quente sanitária
- Calor de Processo
- Aquecimento de piscinas
- Armazenamento de água quente



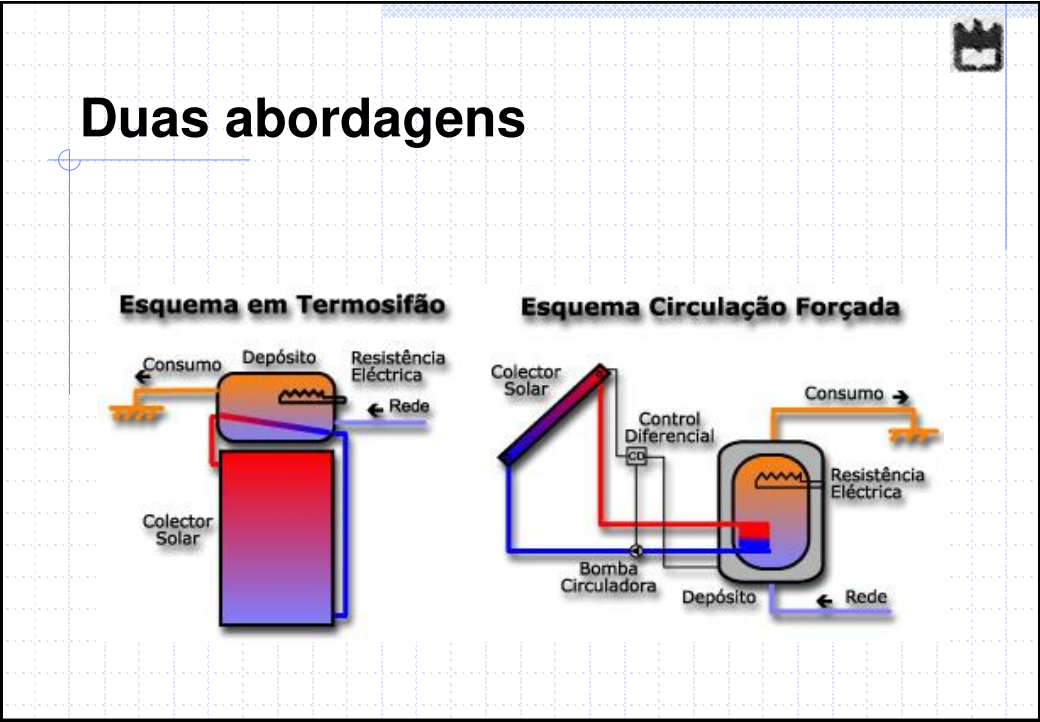
3

## Componentes dos sistemas AQS

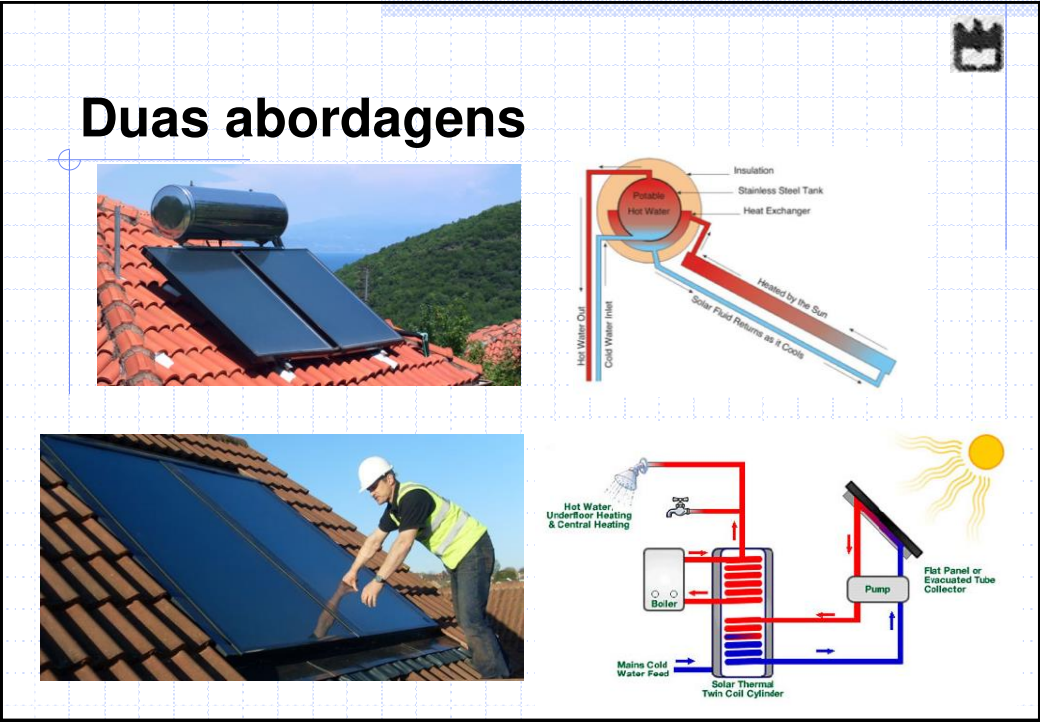
**Solar Hot Water System Schematic**



4



5



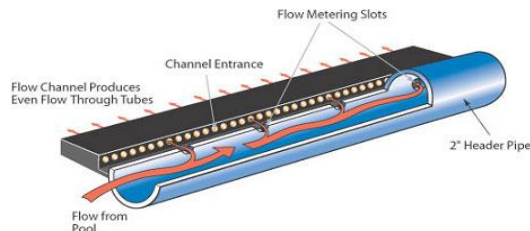
6

## Colectores solares sem cobertura

(unglazed)

- Baixo custo
- Baixa temperatura
- Robustos
- Leves
- Aquecimento de piscinas

### Solar Unglazed Collector



- Baixa pressão
- baixo desempenho em climas frios/ventosos

7

## Colectores solares com cobertura

(glazed)

- Custo moderado
- Pressão de operação mais elevada (pode operar à pressão da rede)
- Mais pesado e frágil que os anteriores

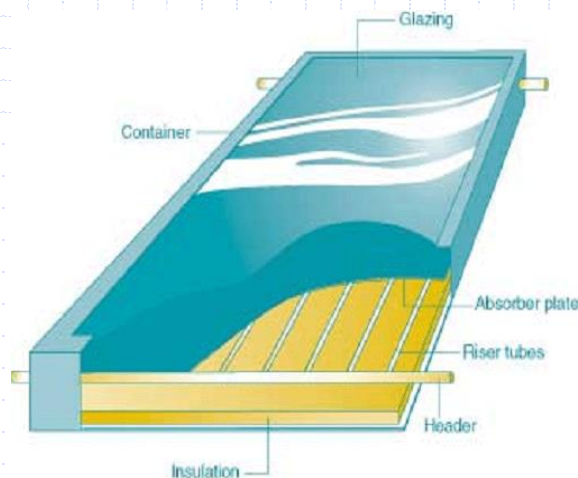
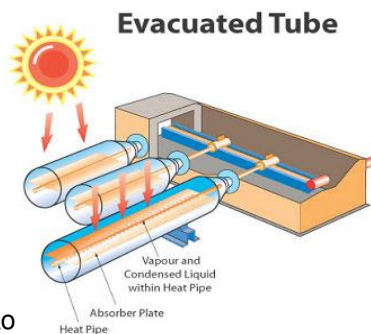


Photo Credit: NRCan

8

## Colectores com tubo de vácuo

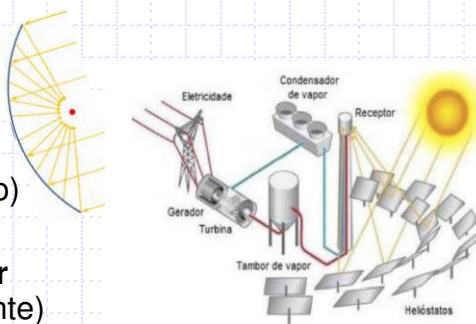
- Os mais caros
- Não têm perdas por convecção
- Temperatura mais elevada
- Frágeis
- instalação mais exigente
- Não tem problemas de congelação no Inverno



9

## Concentradores parabólicos

- Alta temperatura
- Produção de **vapor** (saturado e sobreaquecido)
- **Eletricidade térmica solar** (Tecnologia ainda emergente)



Fonte: ANEEL, 2015



Central Receiver Solar Power Plant

Photo Credit: Sandia National Laboratories DOE/NREL



Parabolic-Trough Solar Power Plant

Photo Credit: Gretz, Warren DOE/NREL

10



## AQS - Potencial Energético

Para sistema AQS com **6 m<sup>2</sup>**, **coletor plano coberto**, consumo de **300 l/dia**, de água quente a **60°C** e com **reservatório de 300 l**, o potencial solar é de:

<b>21%</b> em Tromsø, Noruega (70°N)	81% em Matam, Senegal (16°N)
40% em Yellowknife, Canada (62°N)	59% em Puerto Limón, Costa Rica (10°N)
32% em Varsóvia, Polónia (52°N)	59% em Jakarta, Indonesia (6°S)
51% em Harbin, China (46°N)	<b>86%</b> em Huancayo, Peru (12°S)
67% em Sacramento, USA (39°N)	69% em Harare, Zimbabwe (18°S)
39% em Tokyo, Japão (36°N)	65% em Sydney, Australia (34°S)
78% em Marrakech, Morrocos (32°N)	39% em Punta Arenas, Chile (53°S)
75% em Be'er-Sheva, Israel (31°N)	

11



## Considerações de Projecto

- **Fatores de sucesso:**
  - Consumos elevados de água quente (reduz peso de custo fixos)
  - Custo da energia elevado (e.g., GN não disponível)
  - Distribuição de energias convencionais deficiente
  - Atitude ecológica
- **Consumos diurnos** requerem menos armazenamento
- **Sistemas baratos e sazonais** são muitas vezes preferíveis a sistemas mais caros, destinados a funcionar todo o ano.
- A **manutenção**, à semelhança de qualquer outro sistema técnico não deve ser ignorada.

12



## AQS - Sistemas domésticos

- Em zonas abrangidas por energia fiável.
  - Podem ter um tempo de recuperação de capital longo
  - Podem fornecer entre 20 to 80% das necessidades de água quente sanitária
- Em zonas remotas, podem ser a única solução



Photo Credit: The Australian Greenhouse Office



Photo Credit: Marie Andrén, Solar Energy Association of Sweden



Photo Credit: Vadim Belotserkovsky

13

## AQS - Piscinas

- Coletores planos simples (sem cobertura)
  - Piscina de Verão em climas frios
  - Prolongamento da estação em climas moderados
  - 1 a 5 anos de recuperação do capital
- Coletores com cobertura para utilização base anual, em piscinas cobertas
- Bomba de filtração pode ser usada



14

Nelson Martins · DEM-UA 2022

- 



Nelson Martins

Necessita apenas de informação média mensal (12 pontos), contra os 8,760 necessários para simulação horária.

NETScreen® Energy Model: Solar Water Heating Project			
Site Conditions		Estimate	Notes/Range
Project name		<b>Pool example</b>	
Project location		<b>Longwood, CA</b>	
Elevation above sea level (feet)		3 (Mean 2.0)	<a href="#">Elevation 2014 Color</a>
Annual solar radiation (hr/direct)		MWh/m²	151
Annual average temperature		°C	5.3
Annual average wind speed		m/s	4.1
Daily cloudiness (hours)		C	27
Number of months analyzed		months	31
Energy conversion method calculated		Method	BS-39
System Characteristics		Estimate	Notes/Range
Application type		Swimming pool (diver)	
Heat exchanger type		<b>Electricity</b>	
Heat exchanger efficiency (%)		95%	100% to 90%
Solar Collector			
Collector type		<b>Flat-plate</b>	<a href="#">See Technical Sheet</a>
Solar collector collector orientation (azimuth)		°Az	<a href="#">See Technical Sheet</a>
Solar collector collector tilt (azimuth)		°Tilt	<a href="#">See Technical Sheet</a>
Annual collector area		m²	27.2
Flow, flat collector		m³	0.15
Annual collector flow (gallons)		gal	63.7
Flow, collector		l/min/ft²	0.001
Wind correction factor (°C)		°C	1.75
Suggested number of collectors			2.0 to 17.0
Number of collectors			7
Total collector area		m²	28.0
Database of System		Estimate	Notes/Range
Heat exchanger database position		method	Top
Suggested pool system		gpm/ft²	0.25 to 0.40
Pipe diameter		inches	0.25 to 0.40
Flow rate per collector area		l/min/ft²	0.001 to 0.01
Piping and manifold losses		%	10 to 30
Losses due to snow and dirt		%	0 to 20
Heat loss from tank, room to collector		%	0 to 20
Pool loss from tank, room to collector		%	0 to 20
Annual Energy Production (2.58 months analyzed)		Estimate	Notes/Range
Pumping energy (kWh/d)		kWh/d	0.19
Specific heat		kWh/m³	2.91
System efficiency		%	49%
Solar fraction to electric analyzed		%	46%
Electricity energy produced		kWh/d	7.87
		\$/d	2.25

8

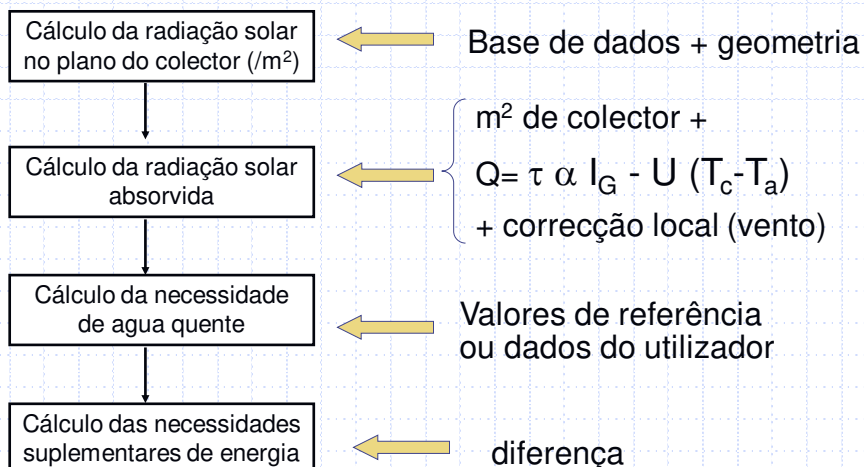


## AQS e o RETScreen<sup>®</sup> (cont.)

- Necessita apenas de informação média mensal (12 pontos), contra os 8,760 necessários para simulação horária.
- **Não considera:**
  - variações diárias de carga (necessidade de água)
  - Sistemas independentes para água quente de serviço
  - Aistemas sem depósito e com um grande % solar
  - Painéis concentradores ou com orientação mecânica

17

## RETScreen<sup>®</sup> Modelo Energético AQS



18

## Conclusões

- Existem vários tipos de colectores solares (sem cobertura, com cobertura, tubos em vácuo, concentradores, seguidores etc.)
- Os principais factores de sucesso são: elevados consumos de AQ, custo elevado da energia e atitude ecologia do utilizador
- RETScreen® permite estimar:
  - Necessidades de água quente para serviço e para piscinas
  - desempenho do sistemas de aquecimento de água, com e sem armazenamento, incorporando AQS.
- RETScreen® usa valores **médios mensais** de **disponibilidade solar**, conseguindo aproximações idênticas às dos modelos de base horária.

19

## Questões ?



Photo Credit: TN Conseil

[www.etscreen.net](http://www.etscreen.net)

20



## Estudo de caso 1

Considere uma residência unifamiliar, do tipo T3, localizada no Porto

Realize uma pré-avaliação técnica e económica da viabilidade de instalação de uma unidade de aproveitamento de **energia solar**, considerando que atualmente toda a energia térmica é fornecida por um cilindro elétrico (valorizada a 0.20 €/kWh).

Considere:

- Taxa média de inflação anual: 2.5% ano
- Taxa líquida anual de remuneração de capital sem risco: 1.5%
- Taxa anual de atualização do preço da energia: 5%
- Custo da instalação dos coletores solares: 600€/m<sup>2</sup>
- Custo do depósito de armazenamento: 2.5€/litro

Arbitre (justificando) os restantes dados que considerar necessários...

21



## Estudo de caso 2

Considere uma escolar do tipo EB23, com **polidesportivo** e **cantina**, localizada em **Coimbra** e frequentada por **200 alunos**.

Realize uma pré-avaliação técnica e económica da viabilidade de instalação de uma unidade de aproveitamento de **energia solar**, considerando que atualmente toda a energia térmica é fornecida por uma caldeira a gasóleo (1.5 €/litro), que será substituída por uma caldeira a gás natural (0.08€/kWh ou 0.844€/m<sup>3</sup>, 1 m<sup>3</sup> = 10.55kWh) com um custo de 3000€

Considere:

- O consumo de AQS proposto pela base de dados do RetScreen
- Taxa média de inflação anual: 4% ano
- Taxa anual de atualização do preço da energia: 6%
- Taxa líquida anual de remuneração de capital sem risco: 3.5%
- Custo da instalação dos coletores solares 700€/m<sup>2</sup>
- Custo da instalação do reservatório de AQS 2.5€/litro
- “capitalize” *Certificados de Emissão* de Carbono a 100 €/ton
- Arbitre (justificando) os restantes dados que considerar necessários...

22