

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PECE – PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA USP
ENERGIAS RENOVÁVEIS, GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

VALÉRIA HIROMI ARASHIRO OTA

Armazenamento de energia solar – métodos e aplicação

SÃO PAULO
2013

VALÉRIA HIROMI ARASHIRO OTA

Armazenamento de energia solar – métodos e aplicação

**Monografia apresentada ao PECE
para finalização do curso de
Energias Renováveis, Geração
Distribuída e Eficiência
Energética**

Área de Concentração:
Energia Solar

Orientador: Prof. Dr.
Cláudio Pacheco

SÃO PAULO
2013

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Ota, Valeria Hiromi Arashiro
Armazenamento de energia solar: métodos e aplicação /
V.H.A. Ota. -- São Paulo, 2014.
70 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Energia solar I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II. t.

Nome: OTA, Valéria Hiromi Arashiro

Título: Armazenamento de energia solar – métodos e aplicação

Monografia apresentada ao PECE
para finalização do curso de
Energias Renováveis, Geração
Distribuída e Eficiência Energética

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Cláudio Pacheco, pelo aprendizado obtido, pela atenção e paciência durante a orientação e supervisão deste trabalho.

À Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, por fornecer os recursos necessários para minha formação acadêmica.

Ao PECE, pela oportunidade de realização do curso de especialização de Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

A todos os professores, funcionários e colegas do PECE, que durante esses dois anos contribuíram para minha formação como engenheira e cidadã.

Valeria Hiromi Arashiro Ota

RESUMO

OTA, V. H. A. **Armazenamento de energia solar – método e aplicação**. 2013. Monografia – PECE – Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da USP, São Paulo.

A energia solar é uma fonte de energia que vem crescendo no mundo, principalmente devido à redução dos custos e à importância da diversificação das fontes de energia. No entanto, no Brasil, apesar do potencial enorme, o crescimento ainda é pequeno e pouco explorado. Essa fonte de energia apresenta uma singularidade em que a curva de geração de energia dificilmente corresponde ao perfil de consumo de energia, provocando sobra de energia em alguns períodos e falta em outros. Este fato provoca a necessidade de um sistema auxiliar de geração e/ou armazenagem de parte da energia excedente para ser utilizada no período de carência. Um dos métodos de estocagem mostrados por Duffie e Beckman (2006) é o armazenamento de energia em tanques de água, o qual foi utilizado na situação problema apresentada. Esta foi definida como um sistema de coletores solares, tanque de armazenamento e trocadores de calor para atender a carga térmica de um hotel onde existe um consumo de água quente por chuveiros e por uma máquina de lavar louça. Dado um perfil de insolação, o tanque recebe água fria vinda das cargas e a envia para os coletores solares, os quais aquecem a água retornando esta para o mesmo tanque de armazenamento, de onde partirá água quente para a carga. Esta água quente funciona como fluido térmico, pois ela é o fluido quente que passa no trocador de calor esquentando a água a ser consumida nos chuveiros e na máquina de lavar. Dessa forma, foi traçado um perfil de consumo das cargas térmicas e um perfil da variação de temperatura dentro do tanque e foi estabelecido qual o volume do tanque e a área dos coletores necessária para armazenar energia suficiente durante o período de insolação para atender todo o consumo do dia. Estes perfis foram traçados para os meses de Janeiro, Março, Junho e Setembro, sendo estes representativos para cada estação do ano.

Palavras-chave: Armazenamento de energia solar. Tanques de água para estocagem de energia.

ABSTRACT

OTA, V. H. A. **Solar energy storage – method and application.** 2013. Monografia – PECE – Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da USP, São Paulo.

Solar energy is an energy source that has been growing in the world, mainly due to the reduction of costs and the importance of diversification of energy sources. However, in Brazil, despite the enormous potential, application is still small and poorly explored. This source of energy has a singularity in the curve of power generation as it hardly corresponds to the profile of energy consumption, resulting in excess of energy in some periods and deficiency in others. This fact leads to the need for an auxiliary system of generation and / or storage of part of the excess energy to be used during the absence period. One of the storage methods presented by Duffie e Beckman (2006) is the energy storage in tanks of water, which was used in the case presented on this monograph. This was defined as a system of solar collectors, storage tank and heat exchangers designed to provide the thermal load of a hotel where there is a consumption of hot water for showers and dishwasher. Given an insolation profile, the tank receives cold water coming from the loads and sends it to the solar collectors, which heat the water and return it to the same storage tank, from which hot water will then run to the load. This hot water works as a heat transfer fluid, as it is the hot fluid passing through the heat exchanger heating the water to be consumed in the showers and washing machine. Thus, a heat load profile and a storage temperature profile were plotted and also the volume of the tank and the collector area were estimated such that the system could store enough energy during sunshine to attend the consumers throughout the day. These profiles were plotted for the months of January, March, June and September, which are representative for each season.

Keywords: Solar energy storage. Water tanks for storage of energy.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: CURVAS DE ENERGIA DEMANDADA PELA CARGA TÉRMICA E ENERGIA FORNECIDA PELO COLETOR EM FUNÇÃO DO TEMPO.....	15
FIGURA 2.2: SISTEMA TÍPICO DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA SOLAR EM ÁGUA.....	17
FIGURA 2.3: TANQUE DE ARMAZENAMENTO ESTRATIFICADO COM TRÊS NÓS.....	19
FIGURA 3.1: DESENHO ESQUEMÁTICO DA SITUAÇÃO PROBLEMA.	26
FIGURA 3.2: PERFIL DE CARGA TÉRMICA POR CONSUMIDOR DA SITUAÇÃO PROBLEMA.....	28
FIGURA 3.3: PERFIL DE CARGA TÉRMICA A SER ATENDIDA PELOS COLETORES SOLARES	28
FIGURA 4.1: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO PARA O MÊS DE JANEIRO.	39
FIGURA 4.2: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO PARA O MÊS DE MARÇO.....	39
FIGURA 4.3: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO PARA O MÊS DE JUNHO.....	40
FIGURA 4.4: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO PARA O MÊS DE SETEMBRO. ...	40
FIGURA 4.5: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO AO LONGO DO DIA CONSIDERANDO A CARGA TÉRMICA.	62
FIGURA 4.6: PERFIL DA ENERGIA ÚTIL DOS COLETORES SOLARES, ENERGIA TRANSFERIDA PARA AS CARGAS TÉRMICAS E A ENERGIA PERDIDA NO RESERVATÓRIO TÉRMICO E NAS TUBULAÇÕES.....	62
FIGURA 4.7: PERFIL DE CARGA TÉRMICA ALTERADO COM TODOS OS CHUVEIROS SENDO LIGADOS ÀS 21H.....	63
FIGURA 4.8: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO AO LONGO DO DIA CONSIDERANDO MUDANÇA NO PERFIL DE CARGA TÉRMICA.	64
FIGURA 4.9: PERFIL DA ENERGIA ÚTIL DOS COLETORES SOLARES, ENERGIA TRANSFERIDA PARA AS CARGAS TÉRMICAS E A ENERGIA APERDIDA NO RESERVATÓRIO TÉRMICO E NAS TUBULAÇÕES CONSIDERANDO MUDANÇA NO PERFIL DE CARGA TÉRMICA.	64
FIGURA 4.10: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO PARA O MÊS DE JANEIRO VARIANDO-SE O NÍVEL DE RADIAÇÃO.....	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1: DIAS MÉDIOS PARA CADA MÊS.	29
TABELA 3.2: TABELA DE RADIAÇÃO TOTAL DIÁRIA (H)	31
TABELA 3.3: TABELA INMETRO DE COLETORES SOLARES.	35
TABELA 3.4: VOLUME DE ÁGUA NECESSÁRIO PARA ARMAZENAMENTO DE ENERGIA.....	37
TABELA 4.1: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO PRIMEIRO DIA PARA O MÊS DE JANEIRO	42
TABELA 4.2: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO SEGUNDO DIA PARA O MÊS DE JANEIRO	43
TABELA 4.3: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO TERCEIRO DIA PARA O MÊS DE JANEIRO	44
TABELA 4.4: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO QUARTO DIA PARA O MÊS DE JANEIRO	45
TABELA 4.5: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO PARA OS DEMAIS DIAS DO MÊS DE JANEIRO	46
TABELA 4.6: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO PRIMEIRO DIA PARA O MÊS DE MARÇO	47
TABELA 4.7: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO SEGUNDO DIA PARA O MÊS DE MARÇO	48
TABELA 4.8: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO TERCEIRO DIA PARA O MÊS DE MARÇO	49
TABELA 4.9: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO QUARTO DIA PARA O MÊS DE MARÇO	50
TABELA 4.10: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO PARA OS DEMAIS DIAS DO MÊS DE MARÇO	51
TABELA 4.11: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO PRIMEIRO DIA PARA O MÊS DE JUNHO.....	52
TABELA 4.12: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO SEGUNDO DIA PARA O MÊS DE JUNHO.....	53
TABELA 4.13: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO TERCEIRO DIA PARA O MÊS DE JUNHO.....	54
TABELA 4.14: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO QUARTO DIA PARA O MÊS DE JUNHO.....	55
TABELA 4.15: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO PARA OS DEMAIS DIAS DO MÊS DE JUNHO.....	56
TABELA 4.16: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO PRIMEIRO DIA PARA O MÊS DE SETEMBRO	57
TABELA 4.17: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO SEGUNDO DIA PARA O MÊS DE SETEMBRO	58
TABELA 4.18: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO TERCEIRO DIA PARA O MÊS DE SETEMBRO	59
TABELA 4.19: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO NO QUARTO DIA PARA O MÊS DE SETEMBRO	60
TABELA 4.20: PERFIL DA TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO PARA OS DEMAIS DIAS DO MÊS DE SETEMBRO	61

LISTA DE SÍMBOLOS

- A : área de troca térmica do tanque de armazenamento, em m^2 ;
- C_p : calor específico, em $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;
- F_R : fator de remoção de calor, adimensional;
- G_{SC} : constante solar, em W/m^2 ;
- G_T : fluxo de radiação solar no plano inclinado, em W/m^2 ;
- $\overline{H}$: radiação integrada média mensal sobre superfície horizontal, em MJ/m^2 ;
- $\overline{H}_0$: radiação extraterrestre integrada média mensal sobre superfície horizontal, em MJ/m^2 ;
- $\overline{H}_d$: radiação difusa integrada média mensal sobre superfície horizontal, em MJ/m^2 ;
- HS : hora solar, em h ;
- I : radiação total horária, em MJ/m^2 ;
- I_b : radiação direta horária, em MJ/m^2 ;
- I_d : radiação difusa horária, em MJ/m^2 ;
- I_T : radiação sobre superfície inclinada, em MJ/m^2 ;
- $\overline{K}_T$: índice de claridade diário média mensal, adimensional;
- $\dot{L}$: taxa de energia demandada pela carga térmica, em kW ;
- $\dot{L}_s$: taxa de energia demandada pela carga térmica que é suprida por fonte solar, em kW ;
- L_s : energia demanda pela carga térmica que é suprida por fonte solar, em MJ ;
- $\dot{L}_w$: carga térmica do processo, em kW ;
- m : massa de água na unidade, em kg ;
- $\dot{m}$: vazão de água, em kg/s ;
- n : dia do ano;
- Q_s : capacidade térmica total para um ciclo operando através da variação de temperatura ΔT_s , em kJ ;
- $\dot{Q}_u$: taxa de adição ou remoção de energia do coletor, em kW ;
- Q_u : energia útil gerada pelo coletor solar, em kW ;
- R_b : razão entre a radiação direta na superfície inclinada pela radiação no plano horizontal, adimensional;
- r_d : razão entre a radiação difusa horária e a radiação difusa diária, adimensional;

r_t : razão entre a radiação total horária pela radiação diária, adimensional;

T'_a : temperatura ambiente para o tanque, em °C;

T_d : temperatura de consumo da água na carga, em °C;

T_r : temperatura da água recebida da rede, em °C;

T_s : temperatura no tanque de armazenamento, em °C;

T_s^+ : temperatura esperada no tanque de armazenamento no instante $t + \Delta t$;

U : coeficiente de troca térmica global do tanque de armazenamento, em kW/(m².°C);

U_L : coeficiente de troca térmica global do coletor, em W/m².

α : absorvância, adimensional;

β : inclinação da superfície, em °;

δ : declinação solar, em °C;

ΔT_s : variação de temperatura, em °C;

η : eficiência do coletor solar, adimensional;

ρ_g : refletividade do solo, adimensional;

τ : transmitância, adimensional;

Φ : latitude do local, em °;

ω : ângulo horário, em °;

ω_s : ângulo horário do pôr do sol, em °.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Justificativa	12
1.2. Metodologia	12
1.3. Objetivos.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. Cargas térmicas do processo e saídas do coletor solar	14
2.2. Armazenamento de energia em sistemas de processos solares	15
2.3. Armazenamento em água.....	16
2.4. Estratificação em tanques de armazenamento	19
2.5. Armazenamento em leito fixo	21
2.6. Armazenamento em paredes.....	22
2.7. Armazenamento sazonal	22
2.8. Armazenamento com mudança de fase.....	23
2.9. Armazenamento em energia química.....	24
3. METODOLOGIA.....	25
3.1. O sistema de captação de energia solar com um tanque de armazenamento de mistura perfeita	25
3.2. Cálculo da carga térmica (L_s)	26
3.3. Cálculo da energia útil fornecida pelo coletor (Q_u).....	29
3.4. Cálculo das perdas térmicas (Q_{perdas})	36
3.5. Cálculo da massa de água armazenada (m).....	36
4. RESULTADOS	38
4.1. Análise de sensibilidade: Variação do perfil de carga térmica	63
4.2. Análise de sensibilidade: Variação no nível de radiação	65
5. CONCLUSÕES.....	66
6. REFERÊNCIAS	68
ANEXO A – CATÁLOGO DO FORNECEDOR FIAMMA – MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA.....	69

1. INTRODUÇÃO

A energia solar é uma fonte de energia que vem crescendo no mundo, principalmente devido à redução dos custos e à importância da diversificação das fontes de energia. No entanto, no Brasil, apesar do potencial enorme, o crescimento ainda é pequeno e pouco explorado. Essa fonte de energia apresenta uma singularidade em que a curva de geração de energia solar dificilmente corresponde ao perfil de consumo de energia, provocando sobra de energia em alguns períodos e falta em outros. Este fato provoca a necessidade de um sistema auxiliar de geração e/ou armazenagem de parte da energia excedente para ser utilizada no período de carência. Dessa forma, Duffie e Beckman (2006) apresentaram oito tecnologias de armazenamento de energia, sendo elas: Armazenamento em Água, Estratificação em Tanques de Armazenamento, Armazenamento em “*Packed Bed*”, Armazenamento em Paredes, Armazenamento Sazonal, Armazenamento com Mudança de Fase, Armazenamento por Energia Química e Armazenamento em Baterias.

1.1. Justificativa

Visto que a geração de energia por fonte solar dificilmente corresponde ao perfil de consumo de energia térmica, nota-se uma oportunidade de melhoria no sistema ao se instalar um sistema de armazenamento de energia. Isso porque o sistema irá armazená-la nos períodos em que há sobra de energia e permitirá que a mesma seja utilizada nos períodos de pouca insolação e em que há carência de energia. Através do perfil de radiação é possível determinar o perfil da temperatura de armazenamento e sabendo-se a temperatura de consumo, consegue-se estimar as dimensões do meio de armazenamento e a área de coletores necessária para fornecer tal energia.

1.2. Metodologia

Uma pesquisa bibliográfica sobre os principais métodos de armazenamento de energia solar foi realizada, sendo que um deles foi selecionado para ser aplicado na situação problema apresentada. Para definição da situação problema, foram definidos os tipos de cargas térmicas,

bem como seus perfis de consumo, foi selecionado o tipo de coletor solar, sua inclinação em relação ao plano horizontal e seu local de instalação, foram escolhidos os dias médios dos meses de Janeiro, Março, Julho e Setembro, sendo que cada mês seria representativo para sua respectiva estação. Dessa forma, foi possível traçar o perfil de carga térmica, o perfil de insolação no local e o perfil da temperatura de armazenamento para todo o ano.

1.3. Objetivos

Estudar métodos de armazenamento de energia solar. Aplicar um dos métodos em uma situação problema, de forma a entender o funcionamento de um sistema de armazenamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme mencionado anteriormente, a curva de geração de energia por fonte solar dificilmente corresponde ao perfil de consumo de energia, tornando necessário um sistema de armazenamento de energia.

Segundo Duffie e Beckman (2006), a capacidade ótima de um sistema de estocagem de energia depende do tempo esperado da disponibilidade de radiação solar, da natureza da carga térmica a ser esperada do processo, do grau de confiabilidade requisitado pelo processo, da maneira em que a energia auxiliar é suprida e da análise econômica que determina quanto da carga anual deveria ser fornecida pela energia solar e quanto pela fonte de energia auxiliar.

2.1. Cargas térmicas do processo e saídas do coletor solar

Para exemplificar a importância da instalação de um sistema de armazenamento, Duffie e Beckman (2006) apresentaram a seguinte figura (Figura 2.1), onde $\dot{L}$ é a energia térmica demandada pelas cargas térmicas, Q_u é a energia útil do coletor solar e $\dot{G}_T$ é a energia solar incidente, todas variáveis com o tempo. Nota-se que existem períodos em que a energia fornecida pelo coletor excede a energia demandada pela carga térmica e em outros períodos a energia disponibilizada pelo coletor não consegue suprir a energia demandada pela carga térmica. Dessa forma, um sistema de armazenamento pode ser instalado para guardar o excesso de energia para ser utilizado nos períodos de carência. Na Figura 2.1 (a), as áreas hachuradas verticalmente mostram quando há excesso de energia que pode ser adicionado ao sistema de armazenamento e as hachuradas horizontalmente mostram quando há consumo de energia do sistema de armazenamento. A Figura 2.1 (b) apresenta a energia armazenada como função do tempo e é visível que se não houvesse um sistema de armazenamento, o ganho com o sistema de geração de energia solar seria reduzido no primeiro e no terceiro dia, pois a quantidade de energia excedida ($Q_u > \dot{L}$) seria perdida e não poderia ser utilizada no período onde a energia solar não conseguiu atender a demanda ($Q_u < \dot{L}$).

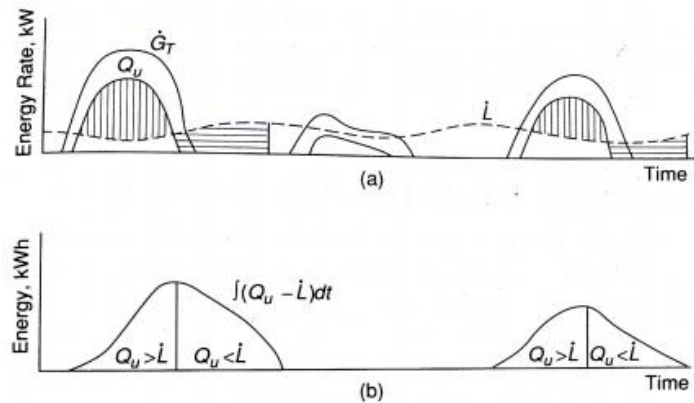


Figura 2.1: Curvas de energia demandada pela carga térmica e energia fornecida pelo coletor em função do tempo.
(DUFFIE; BECKMAN, 2006)

Na maioria das aplicações, não é recomendável ou até mesmo possível atingir toda a demanda da carga térmica somente com a energia solar, tanto por razões econômicas como por razões de segurança do fornecimento de energia. Dessa forma, um sistema auxiliar deve ser utilizado e a carga térmica total $\dot{L}$ será alcançada pela combinação da energia solar com a energia fornecida pelo sistema auxiliar.

2.2. Armazenamento de energia em sistemas de processos solares

Existem vários métodos para armazenagem de energia, a escolha de qual deles será utilizado depende da natureza do processo. Duffie e Beckman (2006) exemplificam que para aquecimento de água, o armazenamento de energia em forma de calor sensível é a escolha mais lógica, em aquecimento passivo, a estocagem pode ser provida por calor sensível em elementos de construção. Se processos fotovoltaicos ou fotoquímicos são usados, o método escolhido seria certamente em forma de energia química.

Para o presente trabalho, o foco será o armazenamento em forma de calor sensível. Duffie e Beckman (2006) listam que as principais características para um sistema de armazenamento de energia térmica são:

- Capacidade por unidade de volume;
- Faixa de temperatura em que o sistema opera, ou seja, a temperatura em que a energia térmica é adicionada e removida do sistema;

-
- Os meios de adição ou remoção de energia térmica e as diferenças de temperatura associadas a isso;
 - Estratificação de temperatura na unidade de armazenamento;
 - Potências requeridas para adição ou remoção de energia térmica;
 - Os recipientes, tanques ou outros elementos estruturais associados com o sistema de armazenamento;
 - Os meios de controle de perdas térmicas do sistema de armazenamento;
 - Custo.

Da mesma forma, têm significância os fatores relacionados ao coletor solar. O ganho útil do coletor diminui com o aumento da temperatura média da placa absorvedora e também com a diferença entre a temperatura média do fluido entre a entrada e saída do coletor. É significativa também a temperatura em que o fluido será entregue para a carga térmica, pois deverão ser consideradas as perdas térmicas para o ambiente no local onde está o reservatório e no transporte do fluido de armazenamento pelas tubulações. Assim, a temperatura do fluido que sai do coletor é maior que a temperatura em que o fluido será finalmente utilizado. Um objetivo do projeto desse sistema será minimizar ou até mesmo eliminar essas perdas de temperatura dentro de restrições econômicas.

Alguns métodos de armazenamento de energia existentes estão apresentados nos subitens a seguir.

2.3. Armazenamento em água

Para muitos sistemas solares, água é o elemento ideal para estocar energia. Isso por ser abundante, de baixo custo e facilmente transportável. Energia é adicionada e removida deste tipo de unidade de armazenamento por transporte do próprio meio de armazenamento, eliminando, portanto, a queda de temperatura entre o fluido de transporte e o meio de armazenamento (DUFFIE; BECKMAN, 2006). Entretanto, também existem desvantagens como o fato de a água ser corrosiva. Assim, a vida útil total dos tanques é baixa, de aproximadamente 10 anos (Fath, 1998).

Devido ao fato desse tipo de armazenamento ser um dos mais utilizados, o mesmo foi escolhido para a situação problema apresentada no item 3.

Um sistema típico semelhante ao apresentado por Duffie e Beckman (2006) está apresentado na Figura 2.2.

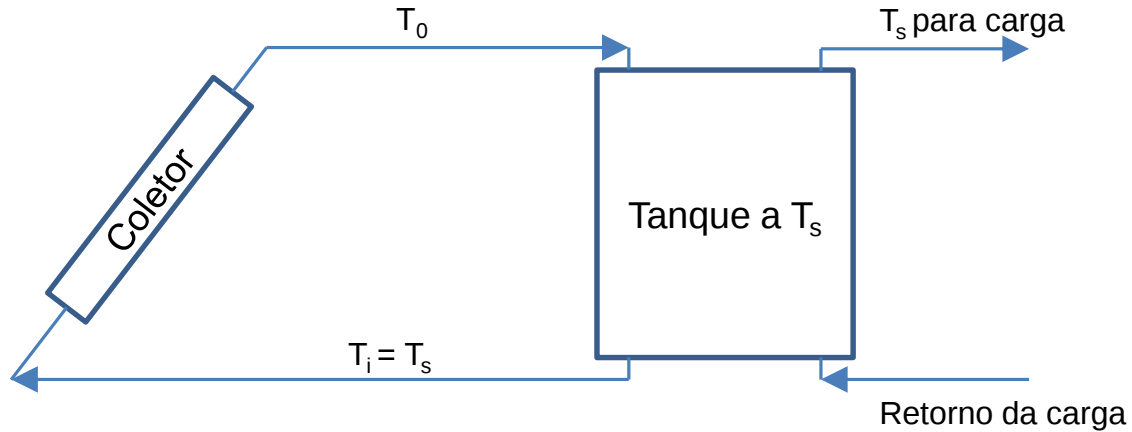


Figura 2.2: Sistema típico de armazenamento de energia solar em água.

A capacidade de armazenamento de energia de uma unidade de armazenamento em água a uma temperatura uniforme (ou seja, totalmente misturado e não estratificado) operando sobre um diferencial de temperatura finito é dado por:

$$Q_s = (m \cdot C_p)_s \cdot \Delta T_s \quad (2.1)$$

em que:

Q_s : capacidade térmica total para um ciclo operando através da variação de temperatura ΔT_s , em kJ;

m : massa de água na unidade, em kg;

C_p : calor específico, em kJ/(kg.°C);

ΔT_s : variação de temperatura, em °C.

A variação de temperatura sobre a qual a unidade pode operar tem o limite inferior determinada, em grande parte das aplicações, pelos requisitos do processo. O limite superior pode ser

determinado pelo processo, pela pressão de vapor do líquido ou pela perda de energia térmica no trocador.

Um balanço de energia no tanque não estratificado apresentado na Figura 2.2 pode ser escrito como:

$$(m \cdot C_p)_s \cdot \frac{dT_s}{dt} = \dot{Q}_u - \dot{L}_s - (UA)_s \cdot (T_s - T'_a) \quad (2.2)$$

em que:

$\dot{Q}_u$: taxa de adição ou remoção de energia do coletor, em kJ/s;

$\dot{L}_s$: taxa de adição ou remoção de energia para a carga térmica, em kJ/s;

T_s : temperatura no tanque de armazenamento, em °C;

U: coeficiente de troca térmica global do tanque de armazenamento, em kW/(m².°C);

A: área de troca térmica do tanque de armazenamento, em m²;

T'_a : temperatura ambiente para o tanque, em °C.

Realizando integração pelo método de Euler na equação (2.2) para determinar o desempenho do sistema de armazenamento e do processo solar no longo prazo tem-se:

$$T_s^+ = T_s + \frac{\Delta t}{(m \cdot C_p)_s} \cdot [Q_u - L_s - (UA)_s \cdot (T_s - T'_a)] \quad (2.3)$$

Sendo que T_s^+ é a temperatura esperada no tanque de armazenamento no instante $t + \Delta t$.

Assim, é possível calcular a temperatura após uma hora a partir das condições iniciais e assumindo que Q_u , L_s e as perdas do tanque não irão variar durante uma hora. Nota-se que na equação (2.2) os termos são taxas e na equação (2.3) as quantidades são integradas para uma hora.

2.4. Estratificação em tanques de armazenamento

No método do armazenamento em água apresentado no item 2.3, considerou-se que o tanque de água é totalmente misturado. No entanto, existe outro método descrito por Duffie e Beckman (2006) no qual se considera que o tanque pode operar com graus significativos de estratificação, ou seja, com o topo do tanque mais quente que o fundo. Dos modelos desenvolvidos para esse tipo de tanque, existem duas categorias: *multinó* e *plug flow*. Na primeira abordagem, o tanque é modelado dividindo-o em N nós, com balanços de energia descritos para cada um deles, resultando em N equações diferenciais que podem ser resolvidas para as temperaturas dos N nós como uma função do tempo. Na segunda categoria, *plug flow*, segmentos de líquido a temperaturas variadas são assumidas que se movem pelo tanque em *plug flow*, e os modelos são basicamente métodos para rastrear o tamanho, temperatura e posição dos segmentos. Cada um desses dois métodos têm inúmeras variações e a escolha do modelo depende da aplicação.

O grau de estratificação de um tanque real irá depender do tamanho do tanque, local de instalação e projeto das entradas e saídas, bem como das vazões das correntes de entrada e saída (DUFFIE; BECKMAN, 2006).

Duffie e Beckman (2006) apresentam a figura abaixo (Figura 2.3) para exemplificar um modelo de tanque estratificado com três nós. Como pode ser observado, o fluxo para o coletor sempre sai do fundo do tanque, nó 3, e o fluxo para a carga térmica sempre sai do topo, nó 1. O fluido retornando do coletor entrará no nó cuja temperatura é a menor mais próxima daquela de saída do coletor.

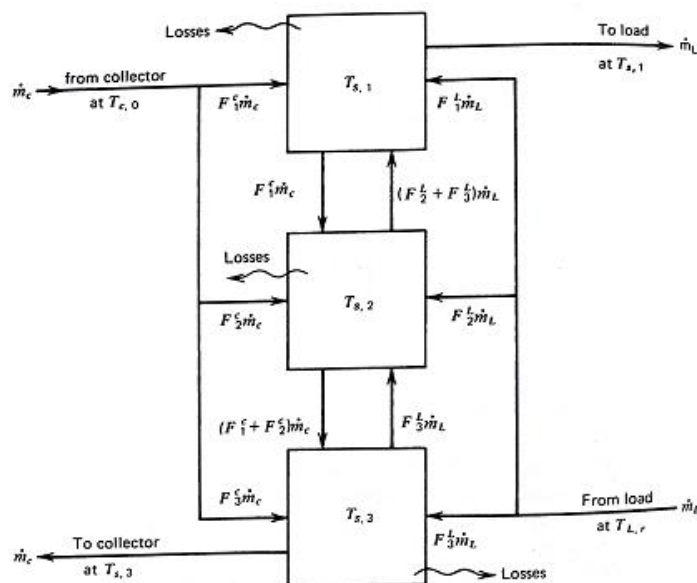


Figura 2.3: Tanque de armazenamento estratificado com três nós.
(DUFFIE; BECKMAN, 2006)

Uma função de controle para o coletor F_i^c pode ser definida para determinar qual nó recebe água que vem do coletor:

$$F_i^c = \begin{cases} 1 & \text{se } i = 1 \text{ e } T_{c,0} > T_{s,1} \\ 1 & \text{se } T_{s,i-1} \geq T_{c,0} > T_{s,i} \\ 0 & \text{se } i = 0 \text{ ou se } i = N + 1 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2.4)$$

Nota-se que se o coletor estiver operando, somente uma função de controle poderá ser diferente de zero. Além disso, uma temperatura fictícia $T_{s,0}$ do nó não existente zero é adotado como sendo um número muito grande.

O retorno de fluido da carga térmica pode ser controlado de maneira semelhante com a função de controle para a carga térmica F_i^L :

$$F_i^L = \begin{cases} 1 & \text{se } i = N \text{ e } T_{L,r} < T_{s,N} \\ 1 & \text{se } T_{s,i-1} \geq T_{L,r} > T_{s,i} \\ 0 & \text{se } i = 0 \text{ ou se } i = N + 1 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (2.5)$$

O fluxo entre os nós pode ser tanto para cima como para baixo, dependendo da magnitude das vazões do coletor, da vazão da carga térmica e dos valores das duas funções de controle a qualquer instante particular. É conveniente definir a mistura de vazões que represente o fluxo líquido no nó i e no nó $i-1$:

$$\begin{aligned} \dot{m}_{m,1} &= 0 \\ \dot{m}_{m,i} &= \dot{m}_c \sum_{j=1}^{i-1} F_j^c - \dot{m}_L \sum_{j=i+1}^N F_j^L \\ \dot{m}_{m,N+1} &= 0 \end{aligned} \quad (2.6)$$

Com as funções de controle apresentadas, um balanço de energia feito no nó i pode ser expresso com a seguinte equação:

$$m_i \frac{dT_{s,i}}{dt} = \left(\frac{UA}{C_p} \right)_i (T_a' - T_{s,i}) + F_i^c \dot{m}_c (T_{c,0} - T_{s,i}) + F_i^L \dot{m}_L (T_{L,r} - T_{s,i}) + \begin{cases} \dot{m}_{m,i} (T_{s,i-1} - T_{s,i}) & \text{se } \dot{m}_{m,i} > 0 \\ \dot{m}_{m,i+1} (T_{s,i-1} - T_{s,i}) & \text{se } \dot{m}_{m,i+1} < 0 \end{cases} \quad (2.7)$$

Onde um termo foi adicionado para contar perdas do nó i para o meio ambiente a temperatura T_a' .

Segundo Duffie e Beckman (2006), muitos tanques apresentam certo grau de estratificação, sendo verificado que três ou quatro seções podem representar um compromisso razoável entre abordagem conservativa e a situação limite de manter numerosos graus de estratificação. Além disso, outros dois fatores podem ser significantes. Primeiro, tanques estratificados têm alguma tendência em desestratificar com o tempo devido à difusão e condução pelas paredes. Segundo, alguns tanques têm fontes de calor em adição à daqueles fluidos entrando e saindo do tanque, como por exemplo serpentinas de aquecimento.

2.5. Armazenamento em leito fixo

Duffie e Beckman (2006) citam outro tipo de armazenamento de energia denominado armazenamento em leito fixo, no qual se faz uso da capacidade térmica de um leito de baixo fator de empacotamento para estocar energia. Um fluido, geralmente ar, é circulado pelo leito para adicionar ou remover energia. Uma variedade de sólidos pode também ser utilizada, sendo que pedra é o material mais amplamente utilizado.

O sistema de armazenamento de energia por leito fixo constitui-se basicamente de um recipiente, uma tela para sustentar o leito, suporte para a tela e dutos de entrada e saída. Em operação, a corrente é mantida em uma direção pelo leito durante a adição de energia e na direção oposta durante a remoção da energia. Nota-se que a energia não pode ser adicionada e removida ao mesmo tempo, diferente dos sistemas de armazenamento em água, onde a adição e remoção do meio de armazenamento podem ser realizados simultaneamente.

2.6. Armazenamento em paredes

O terceiro método de armazenamento citado por Duffie e Beckman (2006) é sobre sistemas de aquecimento passivos, nos quais o armazenamento de energia térmica é realizado nas paredes e telhados dos edifícios. Um caso de interesse particular é a parede coletora-armazenadora, a qual é arranjada de tal forma que a radiação solar transmitida pelo vidro é absorvida em um lado da parede. A temperatura da parede aumenta conforme a energia é absorvida e os gradientes de temperatura dependentes do tempo são estabelecidos na parede. Energia é perdida através do vidro e é transferida da parede do lado do quarto para o recinto por radiação e convecção. Algumas dessas paredes podem ter aberturas no topo e no fundo onde o ar pode recircular para o quarto por convecção natural, promovendo um mecanismo adicional de transferência de energia para o local.

2.7. Armazenamento sazonal

Segundo Duffie e Beckman (2006), sistemas de aquecimento solar de larga escala que suprem energia para edifícios requerem armazenamento de utilidades também em larga escala. Estes são normalmente no chão, por não existir outro modo possível de se obter a capacidade necessária. O objetivo de armazenamentos em larga escala é para estocar energia no verão e utilizá-la no inverno. A capacidade de armazenamento por unidade de área de coletor deve ser duas a três vezes de ordem de magnitude maior para armazenamento sazonal que para armazenamento diário.

Muitos desses métodos de armazenamento têm sido explorados, incluindo tanques preenchidos com água, poços e cavernas subterrâneas, armazenamento no chão e armazenamento em aquíferos.

Grandes tanques ou até mesmo cavernas de armazenamento de água subterrâneas, ou poços de água, têm os mesmos princípios de operação dos tanques discutidos anteriormente. Energia é adicionada e removida do local de fornecimento pelo bombeamento de água do e para a unidade de armazenamento. O seu grande tamanho faz com que estratificação seja mais provável.

Chão (solo, areia, pedras, barro, etc.) pode ser utilizado como meios de armazenamento térmico. A energia é adicionada e removida do meio pelo bombeamento de fluidos de transferência de calor dentro de tubulações no chão. Estes meios de armazenagem de energia operam com

intervalos de temperatura bem menores se comparados aos de armazenamento de água vistos anteriormente.

Armazenagem em aquíferos é semelhante ao armazenamento no chão, exceto que o meio de estocagem primário é a água que corre a baixa velocidade pelo chão. Água é bombeada para fora e para dentro do solo para aquecê-lo e retirar energia dele. Somente aquíferos que têm baixas vazões naturais pelo campo de armazenamento podem ser utilizados. Aquíferos, como os armazenamentos no solo, trabalham com intervalos de temperatura bem menores que os armazenamentos de água comentados anteriormente.

2.8. Armazenamento com mudança de fase

Duffie e Beckman (2006) citam que materiais que passam por mudança de fase em um intervalo de temperatura apropriado podem ser muito úteis para armazenamento de energia se alguns critérios forem satisfeitos. A mudança de fase deve estar acompanhada por um alto efeito de calor latente, e ele deve ser reversível sobre um número grande de ciclos sem degradação séria. A mudança de fase deve ocorrer com limitado super-resfriamento e superaquecimento, e meios devem estar disponíveis para conter o material e transferir energia. Finalmente, o custo do material e seus recipientes devem ser razoáveis. Se estes critérios puderem ser satisfeitos, sistemas de armazenamento de energia com mudança de fase podem ser bastante úteis, podendo operar sobre pequenos intervalos de temperatura, ter um volume e massa relativamente pequenos, e ter uma alta capacidade de armazenamento (relativo a armazenamento de energia em sistemas sem mudança de fase).

Outras considerações que devem ser feitas incluem corrosão, reações dos materiais de mudança de fase com os recipientes ou outras reações secundárias, pressão de vapor e toxicidade.

Comparações entre sistemas de calor sensível e calor latente só podem ser feitas em contextos de aplicações particulares. Também deve-se considerar que as formulações para armazenamento de calor sensível são confiáveis, enquanto que aquelas de calor latente podem ser mais incertas devido à possibilidade de superaquecimento, super-resfriamento e falta de completa reversibilidade da mudança de fase.

2.9. Armazenamento em energia química

Segundo Duffie e Beckman (2006), uma reação termoquímica ideal para armazenagem de energia é uma reação endotérmica em que os produtos de reação são facilmente separados e não reagem posteriormente. Por exemplo, reações de decomposição do tipo $AB + \text{energia} \rightarrow A + B$ são candidatas se as reações forem reversíveis para permitir a recuperação da energia armazenada. Os produtos A e B podem ser estocados separadamente e perdas térmicas das unidades de armazenamento são restritas a efeitos de calor sensível, os quais são pequenos se comparados ao calor de reação. Infelizmente, não há candidatos óbvios desse tipo úteis para aplicações solares de baixa temperatura. Reações em que vapor d'água é o produto tem a desvantagem de que o calor de condensação é normalmente perdido.

Estes sistemas de armazenamento são caracterizados pelo relativo alto custo por quilowatt-hora de capacidade de armazenamento.

3. METODOLOGIA

Para análise do sistema de armazenamento, considerou-se um sistema de captação de energia solar associado a um tanque de armazenamento de água, sendo que este fluido funcionará apenas como fluido de troca térmica e não haverá consumo do mesmo.

A utilização de um trocador de calor para transferência da energia do fluido que passa pelos coletores para a água de consumo, foi adotada prevendo-se a possibilidade de usar este desenvolvimento para óleos térmicos minerais circulando pelos coletores solares ou água com substâncias anti-congelantes e anti-oxidantes.

Por ser uma primeira abordagem, foi desenvolvida uma planilha de cálculos onde foi introduzida a hipótese de mistura perfeita. Uma continuidade desse trabalho em outra monografia poderá utilizar o aqui desenvolvido como referência para um estudo que incorpore um tanque estratificado com dois nós e uma seguinte com três nós que implica em uma estrutura de cálculo com maior complexidade.

3.1. O sistema de captação de energia solar com um tanque de armazenamento de mistura perfeita

A situação problema, objeto desta monografia, tem como função analisar o desempenho de um sistema de processo térmico solar e armazenamento da energia térmica para suprir as cargas térmicas de um hotel de médio porte suposto localizado na região de Águas de São Pedro no estado de São Paulo.

O processo térmico solar é constituído por um campo de coletores solares admitido com 120m² de área total, um tanque de armazenamento e um trocador de calor que irá transferir a energia térmica do fluido de armazenamento (água) para as cargas térmicas. Estas foram consideradas como sendo água quente para banho e água quente para lavagem de louça utilizada na cozinha. A figura abaixo (Figura 3.1) esquematiza o sistema descrito. Não se está neste texto considerando aspectos práticos desta utilização, mas sim priorizando o procedimento de cálculo de desempenho térmico ao longo do dia típico conforme descrito pela literatura.

O dimensionamento da área dos coletores não foi aqui realizado e pode ser feito através de métodos consagrados da literatura. O valor usado foi fornecido pelo orientador desta monografia.

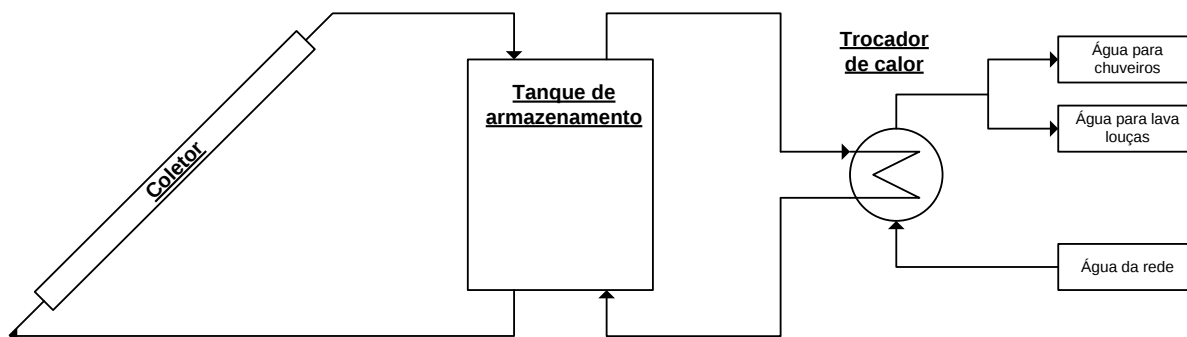


Figura 3.1: Desenho esquemático da situação problema.

3.2. Cálculo da carga térmica (L_s)

Para definir o perfil de carga térmica foram adotadas as seguintes premissas:

a) Para o hotel:

- 50 acomodações para hóspedes;
- 2 hóspedes por acomodação;
- Temperatura média da água recebida da rede (T_r): 20°C.

b) Para o chuveiro:

- 1 banho por pessoa;
- Duração do banho: 20 min;
- Vazão de 3L/min, baseada no site do INMETRO¹;
- Temperatura média do banho ($T_{d-chuveiro}$): 40°C.

c) Para a lava louça:

¹ Disponível em: <www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/chuveiro.pdf>. Acesso em: 01 outubro de 2013.

- A lava louça ficará ligada no período das 7h às 12h, sendo considerado que o hotel fornece apenas café da manhã;
- Vazão de 1L/min de água na lava-louça, baseada em dados do fornecedor²;
- Temperatura média de lavagem e enxágue ($T_{d-lava\ louça}$): 90°C, baseado em dados do fornecedor².

d) Dados gerais:

- Pressão atmosférica na região de Águas de São Pedro (P_{atm}): 101600 Pa;
- Densidade da água ($T_{d-chuveiro}, P_{atm}$): 992 kg/m³;
- Densidade da água ($T_{d-lava\ louça}, P_{atm}$): 965 kg/m³;
- Calor específico da água ($T_{d-chuveiro}, P_{atm}$): 4182 J/(kg.°C);
- Calor específico da água ($T_{d-lava\ louça}, P_{atm}$): 4204 J/(kg.°C).

Através das premissas adotadas e utilizando a equação 9.2.1. apresentada por Duffie e Beckman (2006) e transcrita abaixo pela equação (3.1), foi traçado o perfil de carga térmica apresentada pela Figura 3.2.

$$\dot{L}_w = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_d - T_r) \quad (3.1)$$

em que:

$\dot{L}_w$: carga térmica do processo, em kW;

$\dot{m}$: vazão de água, em kg/s;

C_p : calor específico da água, em kJ/(kg.°C);

T_d : temperatura de consumo da água na carga, em °C;

T_r : temperatura da água recebida da rede, em °C.

² Disponível em: <<http://www.fiamma.com.br/maquina-de-lavar-louca-industrial-f1040-plus.php>>. Acesso em: 01 outubro de 2013. Vide Anexo A

Note que a temperatura considerada para banho foi de 40°C , enquanto que a máquina de lavar utiliza água a uma temperatura de 90°C . O campo de coletores terá como objetivo fornecer a água na temperatura dos banhos visto que a demanda térmica destes é maior e a esta temperatura o rendimento dos coletores é superior. A máquina de lavar louça terá outra fonte de energia térmica auxiliar para complementar a temperatura para 90°C .

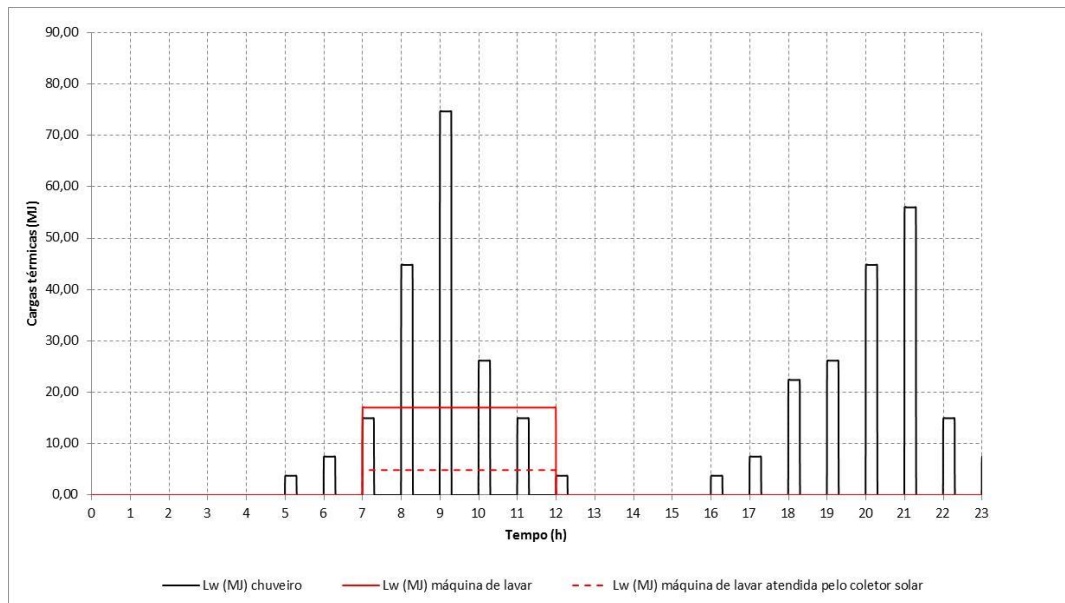


Figura 3.2: Perfil de carga térmica por consumidor da situação problema.

Dessa forma, o sistema de coletores solares deverá atender a carga térmica total apresentada pela Figura 3.3, ou seja, terá que atender toda a demanda dos chuveiros bem como parte da demanda da máquina de lavar louça.

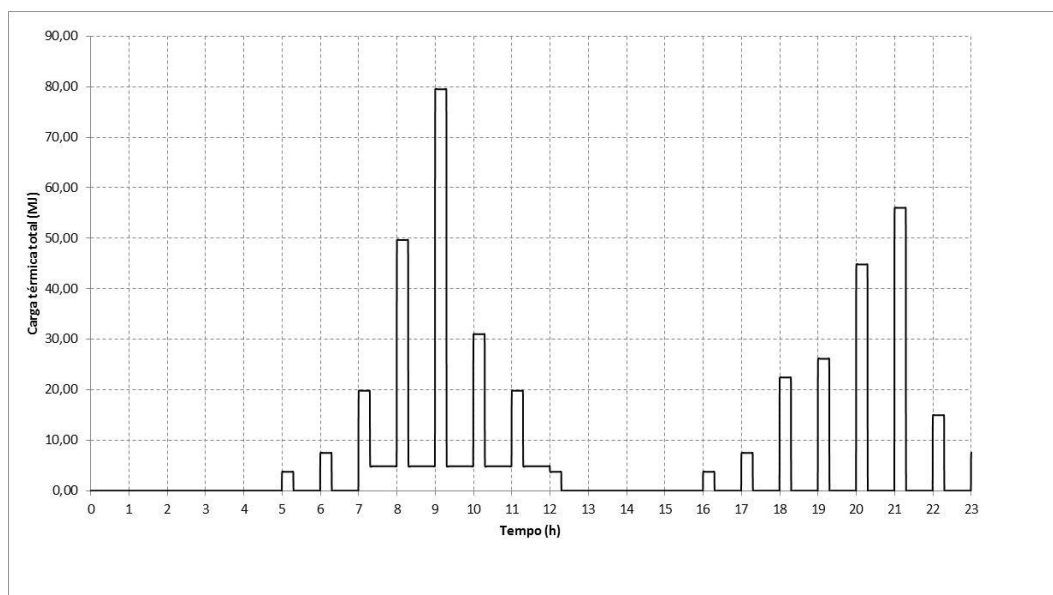


Figura 3.3: Perfil de carga térmica a ser atendida pelos coletores solares

Nota-se que embora o perfil de consumo de energia térmica seja o apresentado pela Figura 3.3, este não é igual ao valor que deveria ser fornecido pelos coletores solares visto que existem perdas térmicas no trocador de calor que fornece energia para a água de consumo (vide Figura 3.1). No entanto, o escopo do presente trabalho foi o de apresentar o desempenho dinâmico do sistema de armazenamento de energia solar, dessa forma, foi feita uma simplificação desprezando-se as perdas no equipamento mencionado de tal forma que a carga térmica apresentada será também a carga térmica a ser considerada pelo coletor solar (L_s).

3.3. Cálculo da energia útil fornecida pelo coletor (Q_u)

Para o cálculo da temperatura de armazenamento a cada hora, é necessário calcular a energia útil fornecida pelo coletor solar, Q_u , a qual depende do horário e da radiação no local. Dessa forma, considerando-se que o coletor irá funcionar todos os dias do ano, foi definido que a radiação do mês será representada pelo dia médio obtido pela Tabela 1.6.1 do Duffie e Beckman (2006), mostrado na Tabela 3.1. Foram selecionados apenas os meses de Janeiro, Março, Junho e Setembro, os quais representam cada estação do ano.

Tabela 3.1: Dias médios para cada mês.

Mês	Para o dia médio do mês		
	dia	n	δ
Janeiro	17	17	-20,9
Março	16	75	-2,4
Junho	11	162	23,1
Setembro	15	258	2,2

em que:

n: dia do ano;

δ : declinação solar, em $^{\circ}\text{C}$.

Através da equação 2.13.2a do Duffie e Beckman (2006), mostrada abaixo, ou alternativamente pela Figura 2.13.1 dessa mesma referência, pode-se calcular a razão (r_t) entre a radiação total horária e a radiação total diária.

$$r_t = \frac{\pi}{24} \cdot (a + b \cdot \cos \omega) \cdot \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{\pi \cdot \omega_s}{180} \cdot \cos \omega_s} \quad (3.2)$$

$$a = 0,409 + 0,5016 \cdot \sin(\omega_s - 60)$$

$$b = 0,6609 - 0,4767 \cdot \sin(\omega_s - 60)$$

em que:

r_t : razão entre a radiação total horária pela radiação diária, adimensional;

ω : ângulo horário, em $^\circ$;

ω_s : ângulo horário do pôr do sol, em $^\circ$;

dado por:

$$\omega = (HS - 12) \cdot 15 \quad (3.3)$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan(\phi) \cdot \tan(\delta)) \quad (3.4)$$

em que:

HS: hora solar, em h. Note que a hora solar não é necessariamente corresponde à hora legal do local;

Φ : latitude do local, em $^\circ$. Para a cidade de Águas de São Pedro este valor³ é de $-22,6^\circ$.

Com o valor de r_t e a radiação integrada média mensal ($\bar{H}$) fornecida pelo Atlas Solarimétrico ou pelo Sundata⁴, obtém-se o valor da radiação total horária (I) através da expressão (3.5)

$$I = r_t \cdot \bar{H} \quad (3.5)$$

em que:

³ Disponível em:

<http://toolserver.org/~geohack/geohack.php?language=pt&pagename=%C3%81guas_de_S%C3%A3o_Pedro¶ms=22_35_56_S_47_52_33_W_type:city_region:BR_scale:75000>. Acesso em: 28 setembro de 2013.

⁴ Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php>>. Acesso em 28 de setembro de 2013.

I: radiação total horária, em MJ/m²;

$\bar{H}$: radiação integrada média mensal sobre superfície horizontal, em MJ/m².

Os valores de $\bar{H}$ utilizados estão apresentados na Tabela 3.2, os dados são para Piracicaba, município próximo a Águas de São Pedro.

Tabela 3.2: Tabela de radiação total diária (H) ⁵ .

Município: Piracicaba - SP
Latitude: 22,725277° Sul
Longitude: 47,649166° Oeste
Distância: 27,2 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kwh/m ² .dia]											
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
✓	Plano Horizontal	0° N	5,42	5,36	5,14	4,56	4,11	3,39	3,89	4,53	4,58	5,17	6,08	5,28
✓	Ângulo igual a latitude	23° N	4,90	5,11	5,28	5,17	5,14	4,38	4,99	5,37	4,87	5,04	5,55	4,72
✓	Maior média anual	22° N	4,94	5,13	5,29	5,16	5,11	4,35	4,96	5,35	4,86	5,06	5,58	4,76
✓	Maior mínimo mensal	28° N	4,73	4,98	5,23	5,22	5,28	4,53	5,15	5,47	4,85	4,94	5,35	4,54

Após o cálculo da radiação total horária, é necessário identificar quanto da radiação total é representada pela radiação direta e quanto é pela difusa para que a radiação sobre a superfície inclinada possa ser calculada. Para isso, utiliza-se a radiação extraterrestre integrada média mensal ($\bar{H}_0$), obtida pela equação 1.10.3 do Duffie e Beckman (2006), mostrada abaixo, ou pela tabela 1.10.1 da mesma referência.

$$\bar{H}_0 = \frac{24 \cdot 3600 \cdot G_{SC}}{\pi} \cdot \left(1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365} \right) \cdot \left(\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \frac{\pi \cdot \omega_s}{180} \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta \right) \quad (3.6)$$

em que:

$\bar{H}_0$: radiação extraterrestre integrada média mensal sobre superfície horizontal, em MJ/m²;

G_{SC} : constante solar, em W/m². Essa constante⁶ vale 1367 W/m².

Com o $\bar{H}_0$ calculado, é possível obter o índice de claridade diário média mensal ($\bar{K}_T$) através da equação

⁵ Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php>

⁶ Fonte: Duffie e Beckman (2006)

$$\bar{K}_T = \frac{\bar{H}}{\bar{H}_0} \quad (3.7)$$

em que:

$\bar{K}_T$: índice de claridade diário média mensal, adimensional.

O índice de claridade fornece a fração corresponde à radiação difusa através das equações 2.12.1a e 2.12.1b do Duffie e Beckman (2006), mostradas pelas equações (3.8) e (3.9), ou alternativamente pela figura 2.12.2 da mesma referência.

Para $\omega_s \leq 81,4^\circ$ e $0,3 \leq \bar{K}_T \leq 0,8$

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1,391 - 3,560 \cdot \bar{K}_T + 4,189 \cdot \bar{K}_T^2 - 2,137 \cdot \bar{K}_T^3 \quad (3.8)$$

Para $\omega_s > 81,4^\circ$ e $0,3 \leq \bar{K}_T \leq 0,8$

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1,311 - 3,022 \cdot \bar{K}_T + 3,427 \cdot \bar{K}_T^2 - 1,821 \cdot \bar{K}_T^3 \quad (3.9)$$

em que:

$\bar{H}_d$: radiação difusa integrada média mensal sobre superfície horizontal, em MJ/m²;

Com o valor de $\bar{H}_d$ e calculada a razão (r_d) entre a radiação difusa horária e a radiação difusa diária através da equação 2.13.4 do Duffie e Beckman (2006), mostrada pela equação (3.10), ou alternativamente pela figura 2.13.2 da mesma referência, obtém-se a radiação difusa horária (I_d) pela equação (3.11).

$$r_d = \frac{\pi}{24} \cdot \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \frac{\pi \cdot \omega_s}{180} \cdot \cos \omega_s} \quad (3.10)$$

$$I_d = r_d \cdot \bar{H}_d \quad (3.11)$$

em que:

r_d : razão entre a radiação difusa horária e a radiação difusa diária, adimensional;

I_d : radiação difusa horária, em MJ/m²;

$\bar{H}_d$: radiação difusa integrada média mensal sobre superfície horizontal, em MJ/m².

Tendo-se o valor da radiação difusa horária e da radiação total horária anteriormente obtida, a radiação direta horária é calculada através da equação:

$$I_b = I - I_d \quad (3.12)$$

em que:

I_b : radiação direta horária, em MJ/m²;

Os valores da radiação direta horária e da radiação direta difusa permitem calcular a radiação sobre a superfície inclinada (I_T) pela equação (3.14), sendo antes necessário obter o valor da razão da radiação direta na superfície inclinada sobre a radiação no plano horizontal (R_b) através da equação (3.13).

Para o hemisfério Sul:

$$R_b = \frac{\cos(\phi + \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin(\phi + \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \phi \cdot \sin \delta} \quad (3.13)$$

em que:

R_b : razão entre a radiação direta na superfície inclinada pela radiação no plano horizontal, adimensional;

β : inclinação da superfície, em $^{\circ}$. Considerou-se que a inclinação é igual ao valor da latitude do local.

$$I_T = I_b \cdot R_b + I_d \cdot \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + I \cdot \rho_g \cdot \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (3.14)$$

em que:

I_T : radiação sobre superfície inclinada, em MJ/m²;

ρ_g : refletividade do solo, adimensional. Foi considerado um valor de 0,2.

Com o valor da radiação sobre superfície inclinada, obtém-se o fluxo de radiação solar (G_T) dividindo-o por 3600:

$$G_T = \frac{I_T}{3600} \quad (3.15)$$

em que:

G_T : fluxo de radiação solar no plano inclinado, em W/m²;

A eficiência do coletor solar é dada pela equação (3.16)

$$\eta = F_R (\tau \alpha) - \frac{F_R U_L (T_s - T'_a)}{G_T} \quad (3.16)$$

em que:

η : eficiência do coletor solar, adimensional;

$F_R(\tau\alpha)$: parâmetro que indica como a energia é absorvida pelo coletor, adimensional dado pela tabela do INMETRO apresentada pela Tabela 3.3. O coletor solar selecionado para a situação problema está indicado na mesma;

F_{RUL} : parâmetro que indica como a energia é perdida pelo coletor, adimensional, dado pela tabela do INMETRO apresentada pela Tabela 3.3. . O coletor solar selecionado para a situação problema está indicado na mesma;

T'_a : temperatura ambiente para o tanque, em °C. Os dados utilizados foram as temperaturas máximas médias e mínimas médias de cada mês⁷.

Tabela 3.3: Tabela INMETRO de coletores solares.⁸

9/9/2013

APLICAÇÃO: BANHO

1	2	3	4		5	6		7	8	9	10	11
			PRESSÃO DE FUNCIONAMENTO	ÁREA EXTERNA DO COLETOR		PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL DE ENERGIA	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA MÉDIA					
FABRICANTE	MARCA	MODELO	(kPa)	(mca)	(m ²)	(kWh/mês)	(kWh/mês.m ²)	(%)	CLASSIFICAÇÃO	MATERIAL SUPERFÍCIE ABSORVEDORA	Fr(α) _n	FrUL
BOSCH Termotecnologia	Heliotek	MC 15 EVOLUTION	400,0	40,8	1,50	118.4	78.9	57,1	A	ALUMINIO	0,71	5,92
BOSCH Termotecnologia	Heliotek	MC 20 EVOLUTION	400,0	40,8	2,00	157.8	78.9	57,1	A	ALUMINIO	0,71	5,92
BRAUER	ARGUS	APOLO CROMO SUN V 1,50 x 0,85	392,0	40,0	1,28	92.4	72.3	52,9	B	ALUMINIO	0,696	7,351
BRAUER	ARGUS	APOLO CROMO SUN V 1,75 x 0,85	392,0	40,0	1,49	107.6	72.2	52,9	B	ALUMINIO	0,696	7,351
BRAUER	ARGUS	APOLO CROMO SUN V 2,00 x 0,85	392,0	40,0	1,70	122.7	72.2	52,9	B	ALUMINIO	0,696	7,351
BRAUER	ARGUS	APOLO PRATA V 1,00 x 1,00	392,0	40,0	1,00	77.2	77.2	55,8	A	ALUMINIO	0,701	6,177
BRAUER	ARGUS	APOLO PRATA V 1,00 x 1,00	392,0	40,0	1,00	77.2	77.2	55,3	A	ALUMINIO	0,689	6,116
BRAUER	ARGUS	APOLO PRATA V 1,50 x 1,00	392,0	40,0	1,50	115.6	77.1	55,3	A	ALUMINIO	0,689	6,116
BRAUER	ARGUS	APOLO PRATA V 1,75 x 1,00	392,0	40,0	1,75	134.9	77.1	55,3	A	ALUMINIO	0,689	6,116
BRAUER	ARGUS	APOLO PRATA V 2,00 x 1,00	392,0	40,0	2,00	154.2	77.1	55,3	A	ALUMINIO	0,689	6,116
CENTER SOL	CENTER SOL	CSI CA 2,00X1,00	392,0	40,0	2,01	150.4	74.8	54,2	B	ALUMINIO	0,69	6,01
COLSOL	COLSOL	PL100RE	400,0	40,8	1,00	82.0	82.0	58,8	A	ALUMINIO	0,759	7,199
COLSOL	COLSOL	PL130RE	400,0	40,8	1,30	106.6	82.0	58,8	A	ALUMINIO	0,759	7,199
COLSOL	COLSOL	PL150RE	400,0	40,8	1,50	123.0	82.0	58,8	A	ALUMINIO	0,759	7,199
COLSOL	COLSOL	PL200RE	400,0	40,8	1,92	157.4	82.0	58,8	A	ALUMINIO	0,759	7,199
COLSOL	COLSOL	PL202RE	400,0	40,8	2,00	164.0	82.0	58,8	A	ALUMINIO	0,759	7,199
COMAP DO BRASIL	ClesSolar	CA10.4308-10	400,0	40,8	1,00	75.3	75.3	54,6	B	ALUMINIO	0,696	6,183
COMAP DO BRASIL	ClesSolar	CA10.4308-15	400,0	40,8	1,50	113.0	75.3	54,6	B	ALUMINIO	0,696	6,183
COMAP DO BRASIL	ClesSolar	CA10.4308-20	400,0	40,8	2,00	150.6	75.3	54,6	B	ALUMINIO	0,696	6,183
COMAP DO BRASIL	ClesSolar	CA11.4308-20	400,0	40,8	2,00	150.6	75.3	54,6	B	ALUMINIO	0,696	6,183

A eficiência do coletor solar permite calcular a energia útil fornecida através da equação (3.17):

$$\dot{Q}_u = \eta \cdot A \cdot G_T \quad (3.17)$$

em que:

$\dot{Q}_u$: taxa de adição ou remoção de energia do coletor, em W;

A: área do coletor, em m².

Porém, para utilizar o Q_u na equação (2.3) deve-se usar o valor integrado durante uma hora. Para isso, o valor obtido pela equação (3.17) foi dividido por 3600, considerando-se que $\dot{Q}_u$ não irá variar durante esse período.

⁷ Disponível em: <<http://www.webcitation.org/67rCMek9f>>. Acesso em 28 de setembro de 2013.

⁸ Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/ColetoresSolares-banho.pdf>>. Acesso em: 01 outubro de 2013.

$$Q_u = \frac{\dot{Q}_u}{3600} \quad (3.18)$$

3.4. Cálculo das perdas térmicas (Q_{perdas})

Para o cálculo da temperatura de armazenamento variável no tempo pela equação (2.3), é necessário considerar as perdas térmicas no reservatório térmico e nas tubulações. Essas perdas são representadas pelo termo $(UA)_s \cdot (T_s - T'_a)$ da equação o qual, em um primeiro momento, será estimado como Q_{perdas} igual a 2,5% de Q_u somado com 2,5% de L_s . Estes valores são da mesma ordem de grandeza daqueles apresentados na literatura Duffie e Beckman (2006).

$$(UA)_s \cdot (T_s - T'_a) = Q_{\text{perdas}} = 0,025 \cdot Q_u + 0,025 \cdot L_s \quad (3.19)$$

3.5. Cálculo da massa de água armazenada (m)

A massa de água no tanque foi estimada adotando-se que a quantidade será suficiente para armazenar a energia de forma a atender as fontes de consumo durante um dia a partir da diferença entre a temperatura de armazenamento e a ambiente.

$$m = \frac{\sum L_s}{C_p \cdot (T_s - T'_a)} \quad (3.20)$$

Apesar da temperatura de armazenamento variar ao longo do dia, foi considerado que ela vale 70°C apenas para estimativa da massa de água armazenada. A temperatura ambiente foi adotada como a média entre a temperatura mínima média e a máxima média do mês. Também foi considerado que a carga térmica é a mesma durante todo o ano.

Tabela 3.4: Volume de água necessário para armazenamento de energia.

	Janeiro	Março	Junho	Setembro
ΣL_s (MJ)	3146,3	3146,3	3146,3	3146,3
T'_a (°C)	24,0	24,2	17,7	20,8
m (kg)	16353,7	16408,7	14385,1	15291,5
V_{arm} (m ³)	16,5	16,5	14,5	15,4

Dessa forma, um tanque de 17m³ seria suficiente para o armazenamento de energia térmica durante todo o ano. Considerou-se que o tanque trabalha com a possibilidade de variação do volume de água armazenado, podendo estocar mais ou menos água dependendo do mês.

Este reservatório pode ser construído na forma de um cilindro com 2,8 m de diâmetro e 2,8m de altura ou arranjos similares conforme a área disponível para sua locação.

4. RESULTADOS

A temperatura de armazenamento foi calculada a partir da equação (2.3). Considerou-se que inicialmente o tanque necessita de um tempo apenas para acúmulo de energia, ou seja, nos quatro primeiros dias o tanque receberá água quente provinda dos coletores solares, porém não transfere essa energia para as cargas térmicas. Este número de dias foi definido baseado nos gráficos a seguir, visto que o aumento da temperatura de armazenamento com o tempo é pequeno após o terceiro dia. Outra razão é que ao final do quarto dia, obtém-se uma temperatura de armazenamento em torno de 70°C, temperatura que torna factível o aquecimento da água da rede de 20°C para 40°C, temperatura de consumo das cargas térmicas, através de um trocador de calor a placas.

Dessa forma, através da equação (2.3), calculou-se a temperatura de armazenamento ao final do dia (T_s^+) com L_s valendo zero durante todo o dia e partindo de uma temperatura igual à temperatura da rede (20°C). No dia seguinte, foi considerado que o tanque parte a uma temperatura de armazenamento T_s igual à temperatura final T_s^+ calculada no dia anterior e, da mesma forma, L_s valendo zero durante todo o dia. O mesmo é feito para o terceiro e quarto dias. Já no quinto dia, o tanque parte a uma temperatura T_s igual à temperatura final T_s^+ do dia anterior, porém considera-se nesse momento o consumo de energia pelas cargas térmicas L_s calculado no item 3.2. O quinto dia foi considerado como representativo do mês, sendo que foram traçados os perfis para os meses de Janeiro, Março, Junho e Setembro, e cada mês foi considerado como representativo da estação.

O perfil de consumo das cargas térmicas foi considerado como o mesmo para todos os meses.

Apesar do fato que o sistema irá operar continuamente, o cálculo do acúmulo de energia durante os quatro primeiros dias foi feito para todos os meses citados, visto que dessa forma é possível partir o tanque em qualquer mês do ano.

As Figuras 4.1 a 4.4 apresentam graficamente o perfil da temperatura de armazenamento em função do tempo. As Tabelas 4.1 a 4.20 apresentam os resultados dos cálculos e o perfil da temperatura de armazenamento sendo que a faixa de horas em vermelho indica o período em que o sistema de geração de energia está desligado devido à falta de insolação.

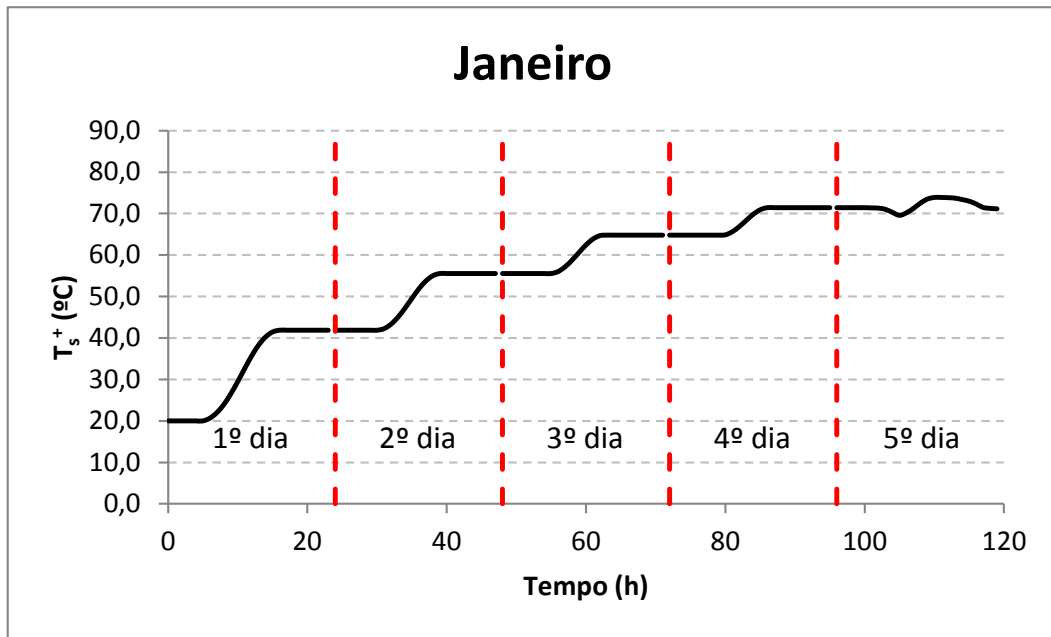


Figura 4.1: Perfil da temperatura de armazenamento para o mês de Janeiro.

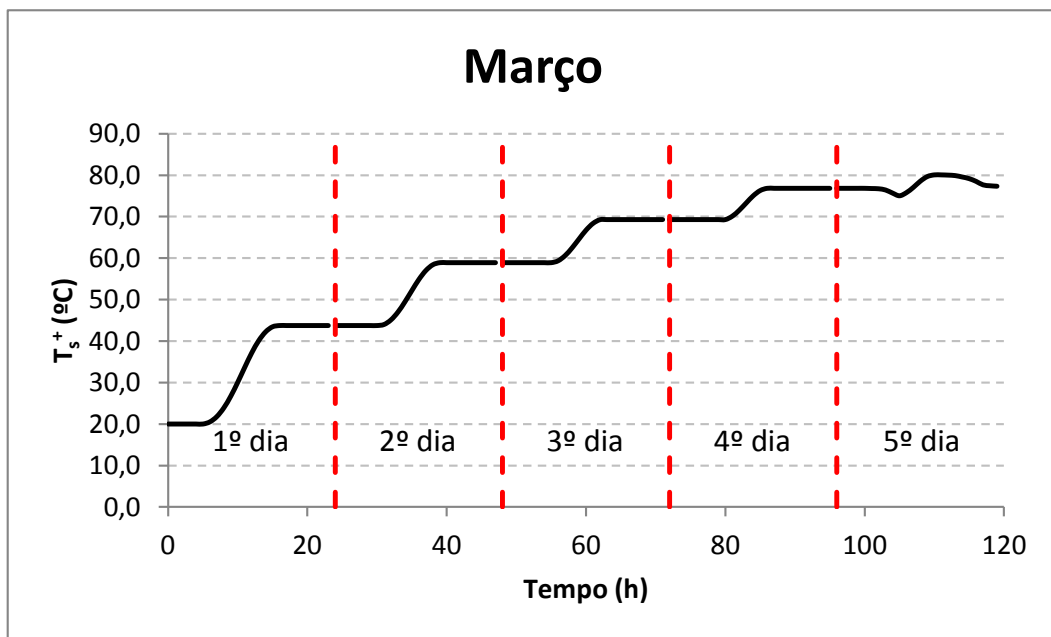


Figura 4.2: Perfil da temperatura de armazenamento para o mês de Março.

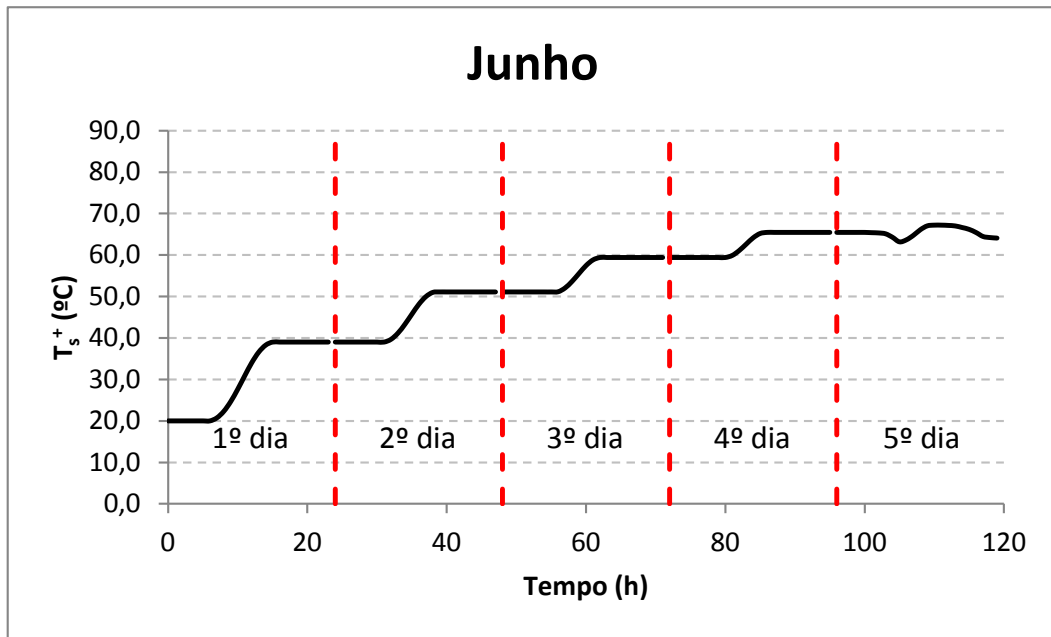


Figura 4.3: Perfil da temperatura de armazenamento para o mês de Junho.

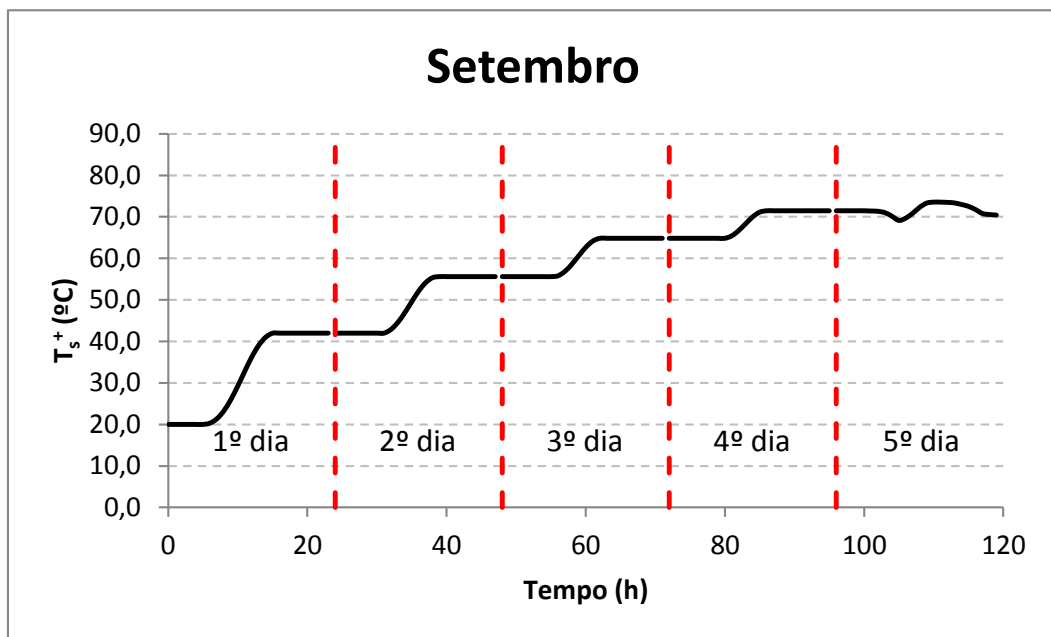


Figura 4.4: Perfil da temperatura de armazenamento para o mês de Setembro.

Nota-se claramente nos gráficos que a temperatura de armazenamento no primeiro dia tem um grande aumento, o qual vai diminuindo com o decorrer dos dias. Isso porque as perdas do coletor vão aumentando o que implica na diminuição do acréscimo da temperatura. No quinto dia, quando o coletor começa a fornecer energia para as cargas térmicas, o aumento da temperatura já é sutil e a temperatura de armazenamento passa a ser relativamente constante ao longo do mês.

Pelos gráficos também se observa que a temperatura de armazenamento é um pouco menor durante o inverno, principalmente devido às maiores perdas térmicas para o ambiente, e que a temperatura de armazenamento chega mais rapidamente ao equilíbrio nessa época do ano, onde a temperatura no início do dia é igual à temperatura no final do dia.

Tabela 4.1: Perfil da temperatura de armazenamento no primeiro dia para o mês de Janeiro

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T'a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s + (°C)
0-1	-172,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,293	0,000	0,000	19,0	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
1-2	-157,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,311	0,000	0,000	19,9	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
2-3	-142,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,358	0,000	0,000	20,8	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
3-4	-127,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,470	0,000	0,000	21,7	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
4-5	-112,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,863	0,000	0,000	22,6	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
5-6	-97,5	99,2	0,002	19,512	0,040	42,243	0,462	0,467	9,109	0,003	0,028	0,013	-4,812	-0,033	-9,068	23,5	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
6-7	-82,5	99,2	0,023	19,512	0,454	42,243	0,462	0,467	9,109	0,030	0,274	0,180	0,487	0,365	101,402	24,5	20,0	1,075	13079,997	47,088	0,000	1,177	20,7
7-8	-67,5	99,2	0,049	19,512	0,947	42,243	0,462	0,467	9,109	0,056	0,512	0,435	0,765	0,852	236,628	25,4	20,7	0,902	25601,132	92,164	0,000	2,304	22,0
8-9	-52,5	99,2	0,075	19,512	1,468	42,243	0,462	0,467	9,109	0,080	0,725	0,743	0,859	1,374	381,696	26,3	22,0	0,840	38463,530	138,469	0,000	3,462	24,0
9-10	-37,5	99,2	0,100	19,512	1,948	42,243	0,462	0,467	9,109	0,099	0,899	1,049	0,902	1,861	516,850	27,2	24,0	0,804	49852,700	179,470	0,000	4,487	26,5
10-11	-22,5	99,2	0,119	19,512	2,318	42,243	0,462	0,467	9,109	0,112	1,022	1,295	0,924	2,237	621,483	28,1	26,5	0,777	57957,066	208,645	0,000	5,216	29,5
11-12	-7,5	99,2	0,129	19,512	2,519	42,243	0,462	0,467	9,109	0,119	1,086	1,432	0,934	2,443	678,594	29,0	29,5	0,754	61373,879	220,946	0,000	5,524	32,6
12-13	7,5	99,2	0,129	19,512	2,519	42,243	0,462	0,467	9,109	0,119	1,086	1,432	0,934	2,443	678,594	29,9	32,6	0,730	59437,478	213,975	0,000	5,349	35,7
13-14	22,5	99,2	0,119	19,512	2,318	42,243	0,462	0,467	9,109	0,112	1,022	1,295	0,924	2,237	621,483	28,9	35,7	0,680	50744,489	182,680	0,000	4,567	38,3
14-15	37,5	99,2	0,100	19,512	1,948	42,243	0,462	0,467	9,109	0,099	0,899	1,049	0,902	1,861	516,850	27,9	38,3	0,614	38108,680	137,191	0,000	3,430	40,3
15-16	52,5	99,2	0,075	19,512	1,468	42,243	0,462	0,467	9,109	0,080	0,725	0,743	0,859	1,374	381,696	26,9	40,3	0,508	23253,246	83,712	0,000	2,093	41,4
16-17	67,5	99,2	0,049	19,512	0,947	42,243	0,462	0,467	9,109	0,056	0,512	0,435	0,765	0,852	236,628	25,9	41,4	0,287	8153,489	29,353	0,000	0,734	41,9
17-18	82,5	99,2	0,023	19,512	0,454	42,243	0,462	0,467	9,109	0,030	0,274	0,180	0,487	0,365	101,402	24,9	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
18-19	97,5	99,2	0,002	19,512	0,040	42,243	0,462	0,467	9,109	0,003	0,028	0,013	-4,812	-0,033	-9,068	24,0	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
19-20	112,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,863	0,000	0,000	23,0	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
20-21	127,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,470	0,000	0,000	22,0	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
21-22	142,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,358	0,000	0,000	21,0	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
22-23	157,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,311	0,000	0,000	20,0	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
23-0	172,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,293	0,000	0,000	19,0	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9

Tabela 4.2: Perfil da temperatura de armazenamento no segundo dia para o mês de Janeiro

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,293	0,000	0,000	19,0	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
1-2	-157,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,311	0,000	0,000	19,9	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
2-3	-142,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,358	0,000	0,000	20,8	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
3-4	-127,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,470	0,000	0,000	21,7	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
4-5	-112,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,863	0,000	0,000	22,6	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
5-6	-97,5	99,2	0,002	19,512	0,040	42,243	0,462	0,467	9,109	0,003	0,028	0,013	-4,812	-0,033	-9,068	23,5	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
6-7	-82,5	99,2	0,023	19,512	0,454	42,243	0,462	0,467	9,109	0,030	0,274	0,180	0,487	0,365	101,402	24,5	41,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	41,9
7-8	-67,5	99,2	0,049	19,512	0,947	42,243	0,462	0,467	9,109	0,056	0,512	0,435	0,765	0,852	236,628	25,4	41,9	0,257	7292,645	26,254	0,000	0,656	42,2
8-9	-52,5	99,2	0,075	19,512	1,468	42,243	0,462	0,467	9,109	0,080	0,725	0,743	0,859	1,374	381,696	26,3	42,2	0,458	20966,774	75,480	0,000	1,887	43,3
9-10	-37,5	99,2	0,100	19,512	1,948	42,243	0,462	0,467	9,109	0,099	0,899	1,049	0,902	1,861	516,850	27,2	43,3	0,534	33131,685	119,274	0,000	2,982	45,0
10-11	-22,5	99,2	0,119	19,512	2,318	42,243	0,462	0,467	9,109	0,112	1,022	1,295	0,924	2,237	621,483	28,1	45,0	0,563	41977,399	151,119	0,000	3,778	47,2
11-12	-7,5	99,2	0,129	19,512	2,519	42,243	0,462	0,467	9,109	0,119	1,086	1,432	0,934	2,443	678,594	29,0	47,2	0,566	46102,691	165,970	0,000	4,149	49,5
12-13	7,5	99,2	0,129	19,512	2,519	42,243	0,462	0,467	9,109	0,119	1,086	1,432	0,934	2,443	678,594	29,9	49,5	0,551	44843,359	161,436	0,000	4,036	51,8
13-14	22,5	99,2	0,119	19,512	2,318	42,243	0,462	0,467	9,109	0,112	1,022	1,295	0,924	2,237	621,483	28,9	51,8	0,493	36797,420	132,471	0,000	3,312	53,7
14-15	37,5	99,2	0,100	19,512	1,948	42,243	0,462	0,467	9,109	0,099	0,899	1,049	0,902	1,861	516,850	27,9	53,7	0,400	24779,972	89,208	0,000	2,230	55,0
15-16	52,5	99,2	0,075	19,512	1,468	42,243	0,462	0,467	9,109	0,080	0,725	0,743	0,859	1,374	381,696	26,9	55,0	0,230	10515,483	37,856	0,000	0,946	55,5
16-17	67,5	99,2	0,049	19,512	0,947	42,243	0,462	0,467	9,109	0,056	0,512	0,435	0,765	0,852	236,628	25,9	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
17-18	82,5	99,2	0,023	19,512	0,454	42,243	0,462	0,467	9,109	0,030	0,274	0,180	0,487	0,365	101,402	24,9	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
18-19	97,5	99,2	0,002	19,512	0,040	42,243	0,462	0,467	9,109	0,003	0,028	0,013	-4,812	-0,033	-9,068	24,0	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
19-20	112,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,863	0,000	0,000	23,0	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
20-21	127,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,470	0,000	0,000	22,0	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
21-22	142,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,358	0,000	0,000	21,0	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
22-23	157,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,311	0,000	0,000	20,0	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
23-0	172,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,293	0,000	0,000	19,0	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5

Tabela 4.3: Perfil da temperatura de armazenamento no terceiro dia para o mês de Janeiro

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,293	0,000	0,000	19,0	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
1-2	-157,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,311	0,000	0,000	19,9	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
2-3	-142,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,358	0,000	0,000	20,8	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
3-4	-127,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,470	0,000	0,000	21,7	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
4-5	-112,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,863	0,000	0,000	22,6	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
5-6	-97,5	99,2	0,002	19,512	0,040	42,243	0,462	0,467	9,109	0,003	0,028	0,013	-4,812	-0,033	-9,068	23,5	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
6-7	-82,5	99,2	0,023	19,512	0,454	42,243	0,462	0,467	9,109	0,030	0,274	0,180	0,487	0,365	101,402	24,5	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
7-8	-67,5	99,2	0,049	19,512	0,947	42,243	0,462	0,467	9,109	0,056	0,512	0,435	0,765	0,852	236,628	25,4	55,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,5
8-9	-52,5	99,2	0,075	19,512	1,468	42,243	0,462	0,467	9,109	0,080	0,725	0,743	0,859	1,374	381,696	26,3	55,5	0,207	9478,581	34,123	0,000	0,853	56,0
9-10	-37,5	99,2	0,100	19,512	1,948	42,243	0,462	0,467	9,109	0,099	0,899	1,049	0,902	1,861	516,850	27,2	56,0	0,357	22152,837	79,750	0,000	1,994	57,2
10-11	-22,5	99,2	0,119	19,512	2,318	42,243	0,462	0,467	9,109	0,112	1,022	1,295	0,924	2,237	621,483	28,1	57,2	0,422	31485,312	113,347	0,000	2,834	58,8
11-12	-7,5	99,2	0,129	19,512	2,519	42,243	0,462	0,467	9,109	0,119	1,086	1,432	0,934	2,443	678,594	29,0	58,8	0,443	36075,785	129,873	0,000	3,247	60,6
12-13	7,5	99,2	0,129	19,512	2,519	42,243	0,462	0,467	9,109	0,119	1,086	1,432	0,934	2,443	678,594	29,9	60,6	0,433	35261,008	126,940	0,000	3,173	62,4
13-14	22,5	99,2	0,119	19,512	2,318	42,243	0,462	0,467	9,109	0,112	1,022	1,295	0,924	2,237	621,483	28,9	62,4	0,371	27639,915	99,504	0,000	2,488	63,9
14-15	37,5	99,2	0,100	19,512	1,948	42,243	0,462	0,467	9,109	0,099	0,899	1,049	0,902	1,861	516,850	27,9	63,9	0,258	16028,477	57,703	0,000	1,443	64,7
15-16	52,5	99,2	0,075	19,512	1,468	42,243	0,462	0,467	9,109	0,080	0,725	0,743	0,859	1,374	381,696	26,9	64,7	0,047	2151,997	7,747	0,000	0,194	64,8
16-17	67,5	99,2	0,049	19,512	0,947	42,243	0,462	0,467	9,109	0,056	0,512	0,435	0,765	0,852	236,628	25,9	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
17-18	82,5	99,2	0,023	19,512	0,454	42,243	0,462	0,467	9,109	0,030	0,274	0,180	0,487	0,365	101,402	24,9	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
18-19	97,5	99,2	0,002	19,512	0,040	42,243	0,462	0,467	9,109	0,003	0,028	0,013	-4,812	-0,033	-9,068	24,0	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
19-20	112,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,863	0,000	0,000	23,0	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
20-21	127,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,470	0,000	0,000	22,0	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
21-22	142,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,358	0,000	0,000	21,0	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
22-23	157,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,311	0,000	0,000	20,0	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
23-0	172,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,293	0,000	0,000	19,0	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8

Tabela 4.4: Perfil da temperatura de armazenamento no quarto dia para o mês de Janeiro

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,293	0,000	0,000	19,0	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
1-2	-157,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,311	0,000	0,000	19,9	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
2-3	-142,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,358	0,000	0,000	20,8	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
3-4	-127,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,470	0,000	0,000	21,7	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
4-5	-112,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,863	0,000	0,000	22,6	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
5-6	-97,5	99,2	0,002	19,512	0,040	42,243	0,462	0,467	9,109	0,003	0,028	0,013	-4,812	-0,033	-9,068	23,5	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
6-7	-82,5	99,2	0,023	19,512	0,454	42,243	0,462	0,467	9,109	0,030	0,274	0,180	0,487	0,365	101,402	24,5	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
7-8	-67,5	99,2	0,049	19,512	0,947	42,243	0,462	0,467	9,109	0,056	0,512	0,435	0,765	0,852	236,628	25,4	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
8-9	-52,5	99,2	0,075	19,512	1,468	42,243	0,462	0,467	9,109	0,080	0,725	0,743	0,859	1,374	381,696	26,3	64,8	0,032	1485,901	5,349	0,000	0,134	64,9
9-10	-37,5	99,2	0,100	19,512	1,948	42,243	0,462	0,467	9,109	0,099	0,899	1,049	0,902	1,861	516,850	27,2	64,9	0,234	14514,523	52,252	0,000	1,306	65,6
10-11	-22,5	99,2	0,119	19,512	2,318	42,243	0,462	0,467	9,109	0,112	1,022	1,295	0,924	2,237	621,483	28,1	65,6	0,324	24185,653	87,068	0,000	2,177	66,9
11-12	-7,5	99,2	0,129	19,512	2,519	42,243	0,462	0,467	9,109	0,119	1,086	1,432	0,934	2,443	678,594	29,0	66,9	0,357	29099,765	104,759	0,000	2,619	68,3
12-13	7,5	99,2	0,129	19,512	2,519	42,243	0,462	0,467	9,109	0,119	1,086	1,432	0,934	2,443	678,594	29,9	68,3	0,351	28594,280	102,939	0,000	2,573	69,8
13-14	22,5	99,2	0,119	19,512	2,318	42,243	0,462	0,467	9,109	0,112	1,022	1,295	0,924	2,237	621,483	28,9	69,8	0,285	21268,765	76,568	0,000	1,914	70,9
14-15	37,5	99,2	0,100	19,512	1,948	42,243	0,462	0,467	9,109	0,099	0,899	1,049	0,902	1,861	516,850	27,9	70,9	0,160	9939,800	35,783	0,000	0,895	71,4
15-16	52,5	99,2	0,075	19,512	1,468	42,243	0,462	0,467	9,109	0,080	0,725	0,743	0,859	1,374	381,696	26,9	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
16-17	67,5	99,2	0,049	19,512	0,947	42,243	0,462	0,467	9,109	0,056	0,512	0,435	0,765	0,852	236,628	25,9	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
17-18	82,5	99,2	0,023	19,512	0,454	42,243	0,462	0,467	9,109	0,030	0,274	0,180	0,487	0,365	101,402	24,9	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
18-19	97,5	99,2	0,002	19,512	0,040	42,243	0,462	0,467	9,109	0,003	0,028	0,013	-4,812	-0,033	-9,068	24,0	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
19-20	112,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,863	0,000	0,000	23,0	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
20-21	127,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,470	0,000	0,000	22,0	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
21-22	142,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,358	0,000	0,000	21,0	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
22-23	157,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,311	0,000	0,000	20,0	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
23-0	172,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,293	0,000	0,000	19,0	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4

Tabela 4.5: Perfil da temperatura de armazenamento para os demais dias do mês de Janeiro

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,293	0,000	0,000	19,0	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
1-2	-157,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,311	0,000	0,000	19,9	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
2-3	-142,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,358	0,000	0,000	20,8	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
3-4	-127,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,470	0,000	0,000	21,7	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
4-5	-112,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,863	0,000	0,000	22,6	71,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,4
5-6	-97,5	99,2	0,002	19,512	0,040	42,243	0,462	0,467	9,109	0,003	0,028	0,013	-4,812	-0,033	-9,068	23,5	71,4	0,000	0,000	0,000	3,734	0,093	71,4
6-7	-82,5	99,2	0,023	19,512	0,454	42,243	0,462	0,467	9,109	0,030	0,274	0,180	0,487	0,365	101,402	24,5	71,4	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	71,3
7-8	-67,5	99,2	0,049	19,512	0,947	42,243	0,462	0,467	9,109	0,056	0,512	0,435	0,765	0,852	236,628	25,4	71,3	0,000	0,000	0,000	19,778	0,494	71,0
8-9	-52,5	99,2	0,075	19,512	1,468	42,243	0,462	0,467	9,109	0,080	0,725	0,743	0,859	1,374	381,696	26,3	71,0	0,000	0,000	0,000	49,647	1,241	70,3
9-10	-37,5	99,2	0,100	19,512	1,948	42,243	0,462	0,467	9,109	0,099	0,899	1,049	0,902	1,861	516,850	27,2	70,3	0,159	9852,622	35,469	79,517	2,875	69,6
10-11	-22,5	99,2	0,119	19,512	2,318	42,243	0,462	0,467	9,109	0,112	1,022	1,295	0,924	2,237	621,483	28,1	69,6	0,278	20759,962	74,736	30,979	2,643	70,2
11-12	-7,5	99,2	0,129	19,512	2,519	42,243	0,462	0,467	9,109	0,119	1,086	1,432	0,934	2,443	678,594	29,0	70,2	0,322	26227,043	94,417	19,778	2,855	71,2
12-13	7,5	99,2	0,129	19,512	2,519	42,243	0,462	0,467	9,109	0,119	1,086	1,432	0,934	2,443	678,594	29,9	71,2	0,321	26104,987	93,978	3,734	2,443	72,5
13-14	22,5	99,2	0,119	19,512	2,318	42,243	0,462	0,467	9,109	0,112	1,022	1,295	0,924	2,237	621,483	28,9	72,5	0,254	18938,179	68,177	0,000	1,704	73,5
14-15	37,5	99,2	0,100	19,512	1,948	42,243	0,462	0,467	9,109	0,099	0,899	1,049	0,902	1,861	516,850	27,9	73,5	0,124	7712,544	27,765	0,000	0,694	73,9
15-16	52,5	99,2	0,075	19,512	1,468	42,243	0,462	0,467	9,109	0,080	0,725	0,743	0,859	1,374	381,696	26,9	73,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	73,9
16-17	67,5	99,2	0,049	19,512	0,947	42,243	0,462	0,467	9,109	0,056	0,512	0,435	0,765	0,852	236,628	25,9	73,9	0,000	0,000	0,000	3,734	0,093	73,8
17-18	82,5	99,2	0,023	19,512	0,454	42,243	0,462	0,467	9,109	0,030	0,274	0,180	0,487	0,365	101,402	24,9	73,8	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	73,7
18-19	97,5	99,2	0,002	19,512	0,040	42,243	0,462	0,467	9,109	0,003	0,028	0,013	-4,812	-0,033	-9,068	24,0	73,7	0,000	0,000	0,000	22,402	0,560	73,4
19-20	112,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,863	0,000	0,000	23,0	73,4	0,000	0,000	0,000	26,136	0,653	73,0
20-21	127,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,470	0,000	0,000	22,0	73,0	0,000	0,000	0,000	44,804	1,120	72,3
21-22	142,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,358	0,000	0,000	21,0	72,3	0,000	0,000	0,000	56,005	1,400	71,5
22-23	157,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,311	0,000	0,000	20,0	71,5	0,000	0,000	0,000	14,935	0,373	71,2
23-0	172,5	99,2	0,000	19,512	0,000	42,243	0,462	0,467	9,109	0,000	0,000	0,000	1,293	0,000	0,000	19,0	71,2	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	71,1

Tabela 4.6: Perfil da temperatura de armazenamento no primeiro dia para o mês de Março

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T'a (°C)	Ts (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s + (°C)
0-1	-172,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,104	0,000	0,000	18,3	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
1-2	-157,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,105	0,000	0,000	19,3	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
2-3	-142,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,109	0,000	0,000	20,3	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
3-4	-127,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,116	0,000	0,000	21,2	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
4-5	-112,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,136	0,000	0,000	22,2	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
5-6	-97,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,253	0,000	0,000	23,2	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
6-7	-82,5	91,0	0,014	19,296	0,263	35,931	0,537	0,394	7,611	0,019	0,144	0,119	0,956	0,259	72,048	24,2	20,0	1,174	10147,242	36,530	0,000	0,913	20,5
7-8	-67,5	91,0	0,042	19,296	0,813	35,931	0,537	0,394	7,611	0,051	0,388	0,425	1,037	0,835	231,860	25,1	20,5	0,902	25096,808	90,349	0,000	2,259	21,8
8-9	-52,5	91,0	0,073	19,296	1,417	35,931	0,537	0,394	7,611	0,080	0,607	0,809	1,054	1,471	408,619	26,1	21,8	0,835	40929,295	147,345	0,000	3,684	23,9
9-10	-37,5	91,0	0,103	19,296	1,987	35,931	0,537	0,394	7,611	0,103	0,786	1,201	1,061	2,075	576,412	27,1	23,9	0,799	55245,652	198,884	0,000	4,972	26,7
10-11	-22,5	91,0	0,126	19,296	2,432	35,931	0,537	0,394	7,611	0,120	0,913	1,519	1,064	2,548	707,795	28,1	26,7	0,773	65613,110	236,207	0,000	5,905	30,1
11-12	-7,5	91,0	0,139	19,296	2,676	35,931	0,537	0,394	7,611	0,129	0,978	1,698	1,065	2,808	779,948	29,0	30,1	0,749	70127,770	252,460	0,000	6,311	33,7
12-13	7,5	91,0	0,139	19,296	2,676	35,931	0,537	0,394	7,611	0,129	0,978	1,698	1,065	2,808	779,948	30,0	33,7	0,725	67871,266	244,337	0,000	6,108	37,1
13-14	22,5	91,0	0,126	19,296	2,432	35,931	0,537	0,394	7,611	0,120	0,913	1,519	1,064	2,548	707,795	28,9	37,1	0,676	57381,664	206,574	0,000	5,164	40,1
14-15	37,5	91,0	0,103	19,296	1,987	35,931	0,537	0,394	7,611	0,103	0,786	1,201	1,061	2,075	576,412	27,9	40,1	0,607	41960,889	151,059	0,000	3,776	42,2
15-16	52,5	91,0	0,073	19,296	1,417	35,931	0,537	0,394	7,611	0,080	0,607	0,809	1,054	1,471	408,619	26,8	42,2	0,488	23905,231	86,059	0,000	2,151	43,4
16-17	67,5	91,0	0,042	19,296	0,813	35,931	0,537	0,394	7,611	0,051	0,388	0,425	1,037	0,835	231,860	25,7	43,4	0,210	5830,884	20,991	0,000	0,525	43,7
17-18	82,5	91,0	0,014	19,296	0,263	35,931	0,537	0,394	7,611	0,019	0,144	0,119	0,956	0,259	72,048	24,7	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
18-19	97,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,253	0,000	0,000	23,6	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
19-20	112,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,136	0,000	0,000	22,6	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
20-21	127,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,116	0,000	0,000	21,5	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
21-22	142,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,109	0,000	0,000	20,4	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
22-23	157,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,105	0,000	0,000	19,4	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
23-0	172,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,104	0,000	0,000	18,3	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7

Tabela 4.7: Perfil da temperatura de armazenamento no segundo dia para o mês de Março

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,104	0,000	0,000	18,3	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
1-2	-157,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,105	0,000	0,000	19,3	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
2-3	-142,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,109	0,000	0,000	20,3	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
3-4	-127,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,116	0,000	0,000	21,2	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
4-5	-112,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,136	0,000	0,000	22,2	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
5-6	-97,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,253	0,000	0,000	23,2	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
6-7	-82,5	91,0	0,014	19,296	0,263	35,931	0,537	0,394	7,611	0,019	0,144	0,119	0,956	0,259	72,048	24,2	43,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	43,7
7-8	-67,5	91,0	0,042	19,296	0,813	35,931	0,537	0,394	7,611	0,051	0,388	0,425	1,037	0,835	231,860	25,1	43,7	0,181	5037,232	18,134	0,000	0,453	44,0
8-9	-52,5	91,0	0,073	19,296	1,417	35,931	0,537	0,394	7,611	0,080	0,607	0,809	1,054	1,471	408,619	26,1	44,0	0,444	21756,106	78,322	0,000	1,958	45,1
9-10	-37,5	91,0	0,103	19,296	1,987	35,931	0,537	0,394	7,611	0,103	0,786	1,201	1,061	2,075	576,412	27,1	45,1	0,534	36919,683	132,911	0,000	3,323	47,0
10-11	-22,5	91,0	0,126	19,296	2,432	35,931	0,537	0,394	7,611	0,120	0,913	1,519	1,064	2,548	707,795	28,1	47,0	0,566	48096,925	173,149	0,000	4,329	49,5
11-12	-7,5	91,0	0,139	19,296	2,676	35,931	0,537	0,394	7,611	0,129	0,978	1,698	1,065	2,808	779,948	29,0	49,5	0,570	53385,585	192,188	0,000	4,805	52,2
12-13	7,5	91,0	0,139	19,296	2,676	35,931	0,537	0,394	7,611	0,129	0,978	1,698	1,065	2,808	779,948	30,0	52,2	0,554	51868,880	186,728	0,000	4,668	54,8
13-14	22,5	91,0	0,126	19,296	2,432	35,931	0,537	0,394	7,611	0,120	0,913	1,519	1,064	2,548	707,795	28,9	54,8	0,496	42086,387	151,511	0,000	3,788	57,0
14-15	37,5	91,0	0,103	19,296	1,987	35,931	0,537	0,394	7,611	0,103	0,786	1,201	1,061	2,075	576,412	27,9	57,0	0,395	27341,475	98,429	0,000	2,461	58,4
15-16	52,5	91,0	0,073	19,296	1,417	35,931	0,537	0,394	7,611	0,080	0,607	0,809	1,054	1,471	408,619	26,8	58,4	0,203	9931,816	35,755	0,000	0,894	58,9
16-17	67,5	91,0	0,042	19,296	0,813	35,931	0,537	0,394	7,611	0,051	0,388	0,425	1,037	0,835	231,860	25,7	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
17-18	82,5	91,0	0,014	19,296	0,263	35,931	0,537	0,394	7,611	0,019	0,144	0,119	0,956	0,259	72,048	24,7	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
18-19	97,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,253	0,000	0,000	23,6	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
19-20	112,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,136	0,000	0,000	22,6	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
20-21	127,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,116	0,000	0,000	21,5	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
21-22	142,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,109	0,000	0,000	20,4	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
22-23	157,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,105	0,000	0,000	19,4	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
23-0	172,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,104	0,000	0,000	18,3	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9

Tabela 4.8: Perfil da temperatura de armazenamento no terceiro dia para o mês de Março

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,104	0,000	0,000	18,3	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
1-2	-157,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,105	0,000	0,000	19,3	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
2-3	-142,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,109	0,000	0,000	20,3	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
3-4	-127,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,116	0,000	0,000	21,2	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
4-5	-112,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,136	0,000	0,000	22,2	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
5-6	-97,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,253	0,000	0,000	23,2	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
6-7	-82,5	91,0	0,014	19,296	0,263	35,931	0,537	0,394	7,611	0,019	0,144	0,119	0,956	0,259	72,048	24,2	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
7-8	-67,5	91,0	0,042	19,296	0,813	35,931	0,537	0,394	7,611	0,051	0,388	0,425	1,037	0,835	231,860	25,1	58,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	58,9
8-9	-52,5	91,0	0,073	19,296	1,417	35,931	0,537	0,394	7,611	0,080	0,607	0,809	1,054	1,471	408,619	26,1	58,9	0,181	8880,383	31,969	0,000	0,799	59,4
9-10	-37,5	91,0	0,103	19,296	1,987	35,931	0,537	0,394	7,611	0,103	0,786	1,201	1,061	2,075	576,412	27,1	59,4	0,356	24612,909	88,606	0,000	2,215	60,6
10-11	-22,5	91,0	0,126	19,296	2,432	35,931	0,537	0,394	7,611	0,120	0,913	1,519	1,064	2,548	707,795	28,1	60,6	0,428	36333,958	130,802	0,000	3,270	62,5
11-12	-7,5	91,0	0,139	19,296	2,676	35,931	0,537	0,394	7,611	0,129	0,978	1,698	1,065	2,808	779,948	29,0	62,5	0,450	42142,397	151,713	0,000	3,793	64,6
12-13	7,5	91,0	0,139	19,296	2,676	35,931	0,537	0,394	7,611	0,129	0,978	1,698	1,065	2,808	779,948	30,0	64,6	0,439	41122,503	148,041	0,000	3,701	66,7
13-14	22,5	91,0	0,126	19,296	2,432	35,931	0,537	0,394	7,611	0,120	0,913	1,519	1,064	2,548	707,795	28,9	66,7	0,375	31814,868	114,534	0,000	2,863	68,4
14-15	37,5	91,0	0,103	19,296	1,987	35,931	0,537	0,394	7,611	0,103	0,786	1,201	1,061	2,075	576,412	27,9	68,4	0,253	17523,832	63,086	0,000	1,577	69,3
15-16	52,5	91,0	0,073	19,296	1,417	35,931	0,537	0,394	7,611	0,080	0,607	0,809	1,054	1,471	408,619	26,8	69,3	0,011	547,992	1,973	0,000	0,049	69,3
16-17	67,5	91,0	0,042	19,296	0,813	35,931	0,537	0,394	7,611	0,051	0,388	0,425	1,037	0,835	231,860	25,7	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
17-18	82,5	91,0	0,014	19,296	0,263	35,931	0,537	0,394	7,611	0,019	0,144	0,119	0,956	0,259	72,048	24,7	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
18-19	97,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,253	0,000	0,000	23,6	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
19-20	112,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,136	0,000	0,000	22,6	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
20-21	127,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,116	0,000	0,000	21,5	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
21-22	142,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,109	0,000	0,000	20,4	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
22-23	157,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,105	0,000	0,000	19,4	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
23-0	172,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,104	0,000	0,000	18,3	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3

Tabela 4.9: Perfil da temperatura de armazenamento no quarto dia para o mês de Março

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,104	0,000	0,000	18,3	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
1-2	-157,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,105	0,000	0,000	19,3	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
2-3	-142,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,109	0,000	0,000	20,3	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
3-4	-127,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,116	0,000	0,000	21,2	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
4-5	-112,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,136	0,000	0,000	22,2	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
5-6	-97,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,253	0,000	0,000	23,2	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
6-7	-82,5	91,0	0,014	19,296	0,263	35,931	0,537	0,394	7,611	0,019	0,144	0,119	0,956	0,259	72,048	24,2	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
7-8	-67,5	91,0	0,042	19,296	0,813	35,931	0,537	0,394	7,611	0,051	0,388	0,425	1,037	0,835	231,860	25,1	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
8-9	-52,5	91,0	0,073	19,296	1,417	35,931	0,537	0,394	7,611	0,080	0,607	0,809	1,054	1,471	408,619	26,1	69,3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	69,3
9-10	-37,5	91,0	0,103	19,296	1,987	35,931	0,537	0,394	7,611	0,103	0,786	1,201	1,061	2,075	576,412	27,1	69,3	0,232	16036,138	57,730	0,000	1,443	70,1
10-11	-22,5	91,0	0,126	19,296	2,432	35,931	0,537	0,394	7,611	0,120	0,913	1,519	1,064	2,548	707,795	28,1	70,1	0,331	28136,176	101,290	0,000	2,532	71,5
11-12	-7,5	91,0	0,139	19,296	2,676	35,931	0,537	0,394	7,611	0,129	0,978	1,698	1,065	2,808	779,948	29,0	71,5	0,367	34306,856	123,505	0,000	3,088	73,3
12-13	7,5	91,0	0,139	19,296	2,676	35,931	0,537	0,394	7,611	0,129	0,978	1,698	1,065	2,808	779,948	30,0	73,3	0,359	33633,197	121,080	0,000	3,027	75,0
13-14	22,5	91,0	0,126	19,296	2,432	35,931	0,537	0,394	7,611	0,120	0,913	1,519	1,064	2,548	707,795	28,9	75,0	0,290	24656,497	88,763	0,000	2,219	76,3
14-15	37,5	91,0	0,103	19,296	1,987	35,931	0,537	0,394	7,611	0,103	0,786	1,201	1,061	2,075	576,412	27,9	76,3	0,154	10681,773	38,454	0,000	0,961	76,8
15-16	52,5	91,0	0,073	19,296	1,417	35,931	0,537	0,394	7,611	0,080	0,607	0,809	1,054	1,471	408,619	26,8	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
16-17	67,5	91,0	0,042	19,296	0,813	35,931	0,537	0,394	7,611	0,051	0,388	0,425	1,037	0,835	231,860	25,7	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
17-18	82,5	91,0	0,014	19,296	0,263	35,931	0,537	0,394	7,611	0,019	0,144	0,119	0,956	0,259	72,048	24,7	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
18-19	97,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,253	0,000	0,000	23,6	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
19-20	112,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,136	0,000	0,000	22,6	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
20-21	127,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,116	0,000	0,000	21,5	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
21-22	142,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,109	0,000	0,000	20,4	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
22-23	157,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,105	0,000	0,000	19,4	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
23-0	172,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,104	0,000	0,000	18,3	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8

Tabela 4.10: Perfil da temperatura de armazenamento para os demais dias do mês de Março

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,104	0,000	0,000	18,3	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
1-2	-157,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,105	0,000	0,000	19,3	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
2-3	-142,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,109	0,000	0,000	20,3	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
3-4	-127,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,116	0,000	0,000	21,2	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
4-5	-112,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,136	0,000	0,000	22,2	76,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	76,8
5-6	-97,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,253	0,000	0,000	23,2	76,8	0,000	0,000	0,000	3,734	0,093	76,8
6-7	-82,5	91,0	0,014	19,296	0,263	35,931	0,537	0,394	7,611	0,019	0,144	0,119	0,956	0,259	72,048	24,2	76,8	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	76,7
7-8	-67,5	91,0	0,042	19,296	0,813	35,931	0,537	0,394	7,611	0,051	0,388	0,425	1,037	0,835	231,860	25,1	76,7	0,000	0,000	0,000	19,778	0,494	76,4
8-9	-52,5	91,0	0,073	19,296	1,417	35,931	0,537	0,394	7,611	0,080	0,607	0,809	1,054	1,471	408,619	26,1	76,4	0,000	0,000	0,000	49,647	1,241	75,7
9-10	-37,5	91,0	0,103	19,296	1,987	35,931	0,537	0,394	7,611	0,103	0,786	1,201	1,061	2,075	576,412	27,1	75,7	0,152	10512,829	37,846	79,517	2,934	75,0
10-11	-22,5	91,0	0,126	19,296	2,432	35,931	0,537	0,394	7,611	0,120	0,913	1,519	1,064	2,548	707,795	28,1	75,0	0,281	23882,997	85,979	30,979	2,924	75,8
11-12	-7,5	91,0	0,139	19,296	2,676	35,931	0,537	0,394	7,611	0,129	0,978	1,698	1,065	2,808	779,948	29,0	75,8	0,327	30641,357	110,309	19,778	3,252	77,1
12-13	7,5	91,0	0,139	19,296	2,676	35,931	0,537	0,394	7,611	0,129	0,978	1,698	1,065	2,808	779,948	30,0	77,1	0,325	30384,874	109,386	3,734	2,828	78,6
13-14	22,5	91,0	0,126	19,296	2,432	35,931	0,537	0,394	7,611	0,120	0,913	1,519	1,064	2,548	707,795	28,9	78,6	0,254	21599,889	77,760	0,000	1,944	79,7
14-15	37,5	91,0	0,103	19,296	1,987	35,931	0,537	0,394	7,611	0,103	0,786	1,201	1,061	2,075	576,412	27,9	79,7	0,112	7760,230	27,937	0,000	0,698	80,1
15-16	52,5	91,0	0,073	19,296	1,417	35,931	0,537	0,394	7,611	0,080	0,607	0,809	1,054	1,471	408,619	26,8	80,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	80,1
16-17	67,5	91,0	0,042	19,296	0,813	35,931	0,537	0,394	7,611	0,051	0,388	0,425	1,037	0,835	231,860	25,7	80,1	0,000	0,000	0,000	3,734	0,093	80,0
17-18	82,5	91,0	0,014	19,296	0,263	35,931	0,537	0,394	7,611	0,019	0,144	0,119	0,956	0,259	72,048	24,7	80,0	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	79,9
18-19	97,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,253	0,000	0,000	23,6	79,9	0,000	0,000	0,000	22,402	0,560	79,6
19-20	112,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,136	0,000	0,000	22,6	79,6	0,000	0,000	0,000	26,136	0,653	79,2
20-21	127,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,116	0,000	0,000	21,5	79,2	0,000	0,000	0,000	44,804	1,120	78,5
21-22	142,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,109	0,000	0,000	20,4	78,5	0,000	0,000	0,000	56,005	1,400	77,7
22-23	157,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,105	0,000	0,000	19,4	77,7	0,000	0,000	0,000	14,935	0,373	77,4
23-0	172,5	91,0	0,000	19,296	0,000	35,931	0,537	0,394	7,611	0,000	0,000	0,000	1,104	0,000	0,000	18,3	77,4	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	77,3

Tabela 4.11: Perfil da temperatura de armazenamento no primeiro dia para o mês de Junho

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T _a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,919	0,000	0,000	10,4	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
1-2	-157,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,908	0,000	0,000	11,6	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
2-3	-142,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,885	0,000	0,000	12,8	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
3-4	-127,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,838	0,000	0,000	14,1	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
4-5	-112,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,739	0,000	0,000	15,3	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
5-6	-97,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	16,5	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
6-7	-82,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	-2,941	0,000	0,000	17,7	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
7-8	-67,5	79,7	0,028	12,204	0,341	22,730	0,537	0,356	4,350	0,036	0,158	0,183	2,033	0,533	148,051	18,9	20,0	0,706	12548,659	45,175	0,000	1,129	20,7
8-9	-52,5	79,7	0,068	12,204	0,825	22,730	0,537	0,356	4,350	0,077	0,333	0,492	1,534	1,094	303,853	20,1	20,7	0,745	27157,607	97,767	0,000	2,444	22,3
9-10	-37,5	79,7	0,107	12,204	1,302	22,730	0,537	0,356	4,350	0,109	0,476	0,826	1,399	1,642	456,045	21,4	22,3	0,744	40701,496	146,525	0,000	3,663	24,7
10-11	-22,5	79,7	0,138	12,204	1,684	22,730	0,537	0,356	4,350	0,133	0,577	1,107	1,344	2,078	577,216	22,6	24,7	0,732	50737,251	182,654	0,000	4,566	27,7
11-12	-7,5	79,7	0,155	12,204	1,896	22,730	0,537	0,356	4,350	0,145	0,629	1,267	1,322	2,320	644,349	23,8	27,7	0,716	55345,431	199,244	0,000	4,981	30,9
12-13	7,5	79,7	0,155	12,204	1,896	22,730	0,537	0,356	4,350	0,145	0,629	1,267	1,322	2,320	644,349	25,0	30,9	0,693	53606,860	192,985	0,000	4,825	34,0
13-14	22,5	79,7	0,138	12,204	1,684	22,730	0,537	0,356	4,350	0,133	0,577	1,107	1,344	2,078	577,216	23,7	34,0	0,630	43643,781	157,118	0,000	3,928	36,6
14-15	37,5	79,7	0,107	12,204	1,302	22,730	0,537	0,356	4,350	0,109	0,476	0,826	1,399	1,642	456,045	22,3	36,6	0,535	29261,145	105,340	0,000	2,634	38,3
15-16	52,5	79,7	0,068	12,204	0,825	22,730	0,537	0,356	4,350	0,077	0,333	0,492	1,534	1,094	303,853	21,0	38,3	0,350	12777,981	46,001	0,000	1,150	39,0
16-17	67,5	79,7	0,028	12,204	0,341	22,730	0,537	0,356	4,350	0,036	0,158	0,183	2,033	0,533	148,051	19,7	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
17-18	82,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	-2,941	0,000	0,000	18,4	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
18-19	97,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	17,0	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
19-20	112,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,739	0,000	0,000	15,7	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
20-21	127,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,838	0,000	0,000	14,4	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
21-22	142,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,885	0,000	0,000	13,1	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
22-23	157,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,908	0,000	0,000	11,7	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
23-0	172,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,919	0,000	0,000	10,4	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0

Tabela 4.12: Perfil da temperatura de armazenamento no segundo dia para o mês de Junho

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,919	0,000	0,000	10,4	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
1-2	-157,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,908	0,000	0,000	11,6	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
2-3	-142,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,885	0,000	0,000	12,8	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
3-4	-127,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,838	0,000	0,000	14,1	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
4-5	-112,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,739	0,000	0,000	15,3	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
5-6	-97,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	16,5	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
6-7	-82,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	-2,941	0,000	0,000	17,7	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
7-8	-67,5	79,7	0,028	12,204	0,341	22,730	0,537	0,356	4,350	0,036	0,158	0,183	2,033	0,533	148,051	18,9	39,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	39,0
8-9	-52,5	79,7	0,068	12,204	0,825	22,730	0,537	0,356	4,350	0,077	0,333	0,492	1,534	1,094	303,853	20,1	39,0	0,312	11369,518	40,930	0,000	1,023	39,7
9-10	-37,5	79,7	0,107	12,204	1,302	22,730	0,537	0,356	4,350	0,109	0,476	0,826	1,399	1,642	456,045	21,4	39,7	0,470	25709,189	92,553	0,000	2,314	41,2
10-11	-22,5	79,7	0,138	12,204	1,684	22,730	0,537	0,356	4,350	0,133	0,577	1,107	1,344	2,078	577,216	22,6	41,2	0,527	36500,615	131,402	0,000	3,285	43,3
11-12	-7,5	79,7	0,155	12,204	1,896	22,730	0,537	0,356	4,350	0,145	0,629	1,267	1,322	2,320	644,349	23,8	43,3	0,541	41826,376	150,575	0,000	3,764	45,7
12-13	7,5	79,7	0,155	12,204	1,896	22,730	0,537	0,356	4,350	0,145	0,629	1,267	1,322	2,320	644,349	25,0	45,7	0,527	40769,218	146,769	0,000	3,669	48,1
13-14	22,5	79,7	0,138	12,204	1,684	22,730	0,537	0,356	4,350	0,133	0,577	1,107	1,344	2,078	577,216	23,7	48,1	0,454	31453,206	113,232	0,000	2,831	50,0
14-15	37,5	79,7	0,107	12,204	1,302	22,730	0,537	0,356	4,350	0,109	0,476	0,826	1,399	1,642	456,045	22,3	50,0	0,323	17685,023	63,666	0,000	1,592	51,0
15-16	52,5	79,7	0,068	12,204	0,825	22,730	0,537	0,356	4,350	0,077	0,333	0,492	1,534	1,094	303,853	21,0	51,0	0,049	1785,340	6,427	0,000	0,161	51,1
16-17	67,5	79,7	0,028	12,204	0,341	22,730	0,537	0,356	4,350	0,036	0,158	0,183	2,033	0,533	148,051	19,7	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
17-18	82,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	-2,941	0,000	0,000	18,4	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
18-19	97,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	17,0	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
19-20	112,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,739	0,000	0,000	15,7	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
20-21	127,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,838	0,000	0,000	14,4	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
21-22	142,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,885	0,000	0,000	13,1	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
22-23	157,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,908	0,000	0,000	11,7	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
23-0	172,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,919	0,000	0,000	10,4	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1

Tabela 4.13: Perfil da temperatura de armazenamento no terceiro dia para o mês de Junho

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,919	0,000	0,000	10,4	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
1-2	-157,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,908	0,000	0,000	11,6	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
2-3	-142,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,885	0,000	0,000	12,8	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
3-4	-127,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,838	0,000	0,000	14,1	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
4-5	-112,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,739	0,000	0,000	15,3	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
5-6	-97,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	16,5	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
6-7	-82,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	-2,941	0,000	0,000	17,7	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
7-8	-67,5	79,7	0,028	12,204	0,341	22,730	0,537	0,356	4,350	0,036	0,158	0,183	2,033	0,533	148,051	18,9	51,1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	51,1
8-9	-52,5	79,7	0,068	12,204	0,825	22,730	0,537	0,356	4,350	0,077	0,333	0,492	1,534	1,094	303,853	20,1	51,1	0,026	930,949	3,351	0,000	0,084	51,1
9-10	-37,5	79,7	0,107	12,204	1,302	22,730	0,537	0,356	4,350	0,109	0,476	0,826	1,399	1,642	456,045	21,4	51,1	0,289	15796,764	56,868	0,000	1,422	52,1
10-11	-22,5	79,7	0,138	12,204	1,684	22,730	0,537	0,356	4,350	0,133	0,577	1,107	1,344	2,078	577,216	22,6	52,1	0,391	27087,815	97,516	0,000	2,438	53,6
11-12	-7,5	79,7	0,155	12,204	1,896	22,730	0,537	0,356	4,350	0,145	0,629	1,267	1,322	2,320	644,349	23,8	53,6	0,425	32888,018	118,397	0,000	2,960	55,6
12-13	7,5	79,7	0,155	12,204	1,896	22,730	0,537	0,356	4,350	0,145	0,629	1,267	1,322	2,320	644,349	25,0	55,6	0,417	32281,388	116,213	0,000	2,905	57,5
13-14	22,5	79,7	0,138	12,204	1,684	22,730	0,537	0,356	4,350	0,133	0,577	1,107	1,344	2,078	577,216	23,7	57,5	0,338	23393,196	84,216	0,000	2,105	58,8
14-15	37,5	79,7	0,107	12,204	1,302	22,730	0,537	0,356	4,350	0,109	0,476	0,826	1,399	1,642	456,045	22,3	58,8	0,183	10031,268	36,113	0,000	0,903	59,4
15-16	52,5	79,7	0,068	12,204	0,825	22,730	0,537	0,356	4,350	0,077	0,333	0,492	1,534	1,094	303,853	21,0	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
16-17	67,5	79,7	0,028	12,204	0,341	22,730	0,537	0,356	4,350	0,036	0,158	0,183	2,033	0,533	148,051	19,7	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
17-18	82,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	-2,941	0,000	0,000	18,4	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
18-19	97,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	17,0	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
19-20	112,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,739	0,000	0,000	15,7	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
20-21	127,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,838	0,000	0,000	14,4	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
21-22	142,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,885	0,000	0,000	13,1	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
22-23	157,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,908	0,000	0,000	11,7	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
23-0	172,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,919	0,000	0,000	10,4	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4

Tabela 4.14: Perfil da temperatura de armazenamento no quarto dia para o mês de Junho

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,919	0,000	0,000	10,4	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
1-2	-157,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,908	0,000	0,000	11,6	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
2-3	-142,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,885	0,000	0,000	12,8	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
3-4	-127,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,838	0,000	0,000	14,1	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
4-5	-112,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,739	0,000	0,000	15,3	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
5-6	-97,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	16,5	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
6-7	-82,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	-2,941	0,000	0,000	17,7	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
7-8	-67,5	79,7	0,028	12,204	0,341	22,730	0,537	0,356	4,350	0,036	0,158	0,183	2,033	0,533	148,051	18,9	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
8-9	-52,5	79,7	0,068	12,204	0,825	22,730	0,537	0,356	4,350	0,077	0,333	0,492	1,534	1,094	303,853	20,1	59,4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	59,4
9-10	-37,5	79,7	0,107	12,204	1,302	22,730	0,537	0,356	4,350	0,109	0,476	0,826	1,399	1,642	456,045	21,4	59,4	0,158	8665,700	31,197	0,000	0,780	59,9
10-11	-22,5	79,7	0,138	12,204	1,684	22,730	0,537	0,356	4,350	0,133	0,577	1,107	1,344	2,078	577,216	22,6	59,9	0,293	20316,184	73,138	0,000	1,828	61,1
11-12	-7,5	79,7	0,155	12,204	1,896	22,730	0,537	0,356	4,350	0,145	0,629	1,267	1,322	2,320	644,349	23,8	61,1	0,342	26457,704	95,248	0,000	2,381	62,6
12-13	7,5	79,7	0,155	12,204	1,896	22,730	0,537	0,356	4,350	0,145	0,629	1,267	1,322	2,320	644,349	25,0	62,6	0,339	26175,187	94,231	0,000	2,356	64,2
13-14	22,5	79,7	0,138	12,204	1,684	22,730	0,537	0,356	4,350	0,133	0,577	1,107	1,344	2,078	577,216	23,7	64,2	0,254	17594,771	63,341	0,000	1,584	65,2
14-15	37,5	79,7	0,107	12,204	1,302	22,730	0,537	0,356	4,350	0,109	0,476	0,826	1,399	1,642	456,045	22,3	65,2	0,083	4525,106	16,290	0,000	0,407	65,5
15-16	52,5	79,7	0,068	12,204	0,825	22,730	0,537	0,356	4,350	0,077	0,333	0,492	1,534	1,094	303,853	21,0	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
16-17	67,5	79,7	0,028	12,204	0,341	22,730	0,537	0,356	4,350	0,036	0,158	0,183	2,033	0,533	148,051	19,7	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
17-18	82,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	-2,941	0,000	0,000	18,4	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
18-19	97,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	17,0	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
19-20	112,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,739	0,000	0,000	15,7	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
20-21	127,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,838	0,000	0,000	14,4	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
21-22	142,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,885	0,000	0,000	13,1	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
22-23	157,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,908	0,000	0,000	11,7	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
23-0	172,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,919	0,000	0,000	10,4	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5

Tabela 4.15: Perfil da temperatura de armazenamento para os demais dias do mês de Junho

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,919	0,000	0,000	10,4	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
1-2	-157,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,908	0,000	0,000	11,6	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
2-3	-142,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,885	0,000	0,000	12,8	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
3-4	-127,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,838	0,000	0,000	14,1	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
4-5	-112,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,739	0,000	0,000	15,3	65,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	65,5
5-6	-97,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	16,5	65,5	0,000	0,000	0,000	3,734	0,093	65,4
6-7	-82,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	-2,941	0,000	0,000	17,7	65,5	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	65,3
7-8	-67,5	79,7	0,028	12,204	0,341	22,730	0,537	0,356	4,350	0,036	0,158	0,183	2,033	0,533	148,051	18,9	65,5	0,000	0,000	0,000	19,778	0,494	65,1
8-9	-52,5	79,7	0,068	12,204	0,825	22,730	0,537	0,356	4,350	0,077	0,333	0,492	1,534	1,094	303,853	20,1	65,1	0,000	0,000	0,000	49,647	1,241	64,3
9-10	-37,5	79,7	0,107	12,204	1,302	22,730	0,537	0,356	4,350	0,109	0,476	0,826	1,399	1,642	456,045	21,4	64,3	0,081	4458,936	16,052	79,517	2,389	63,2
10-11	-22,5	79,7	0,138	12,204	1,684	22,730	0,537	0,356	4,350	0,133	0,577	1,107	1,344	2,078	577,216	22,6	63,2	0,253	17491,868	62,971	30,979	2,349	63,7
11-12	-7,5	79,7	0,155	12,204	1,896	22,730	0,537	0,356	4,350	0,145	0,629	1,267	1,322	2,320	644,349	23,8	63,7	0,313	24231,721	87,234	19,778	2,675	64,7
12-13	7,5	79,7	0,155	12,204	1,896	22,730	0,537	0,356	4,350	0,145	0,629	1,267	1,322	2,320	644,349	25,0	64,7	0,315	24352,509	87,669	3,734	2,285	66,1
13-14	22,5	79,7	0,138	12,204	1,684	22,730	0,537	0,356	4,350	0,133	0,577	1,107	1,344	2,078	577,216	23,7	66,1	0,230	15918,919	57,308	0,000	1,433	67,0
14-15	37,5	79,7	0,107	12,204	1,302	22,730	0,537	0,356	4,350	0,109	0,476	0,826	1,399	1,642	456,045	22,3	67,0	0,054	2933,724	10,561	0,000	0,264	67,2
15-16	52,5	79,7	0,068	12,204	0,825	22,730	0,537	0,356	4,350	0,077	0,333	0,492	1,534	1,094	303,853	21,0	67,2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	67,2
16-17	67,5	79,7	0,028	12,204	0,341	22,730	0,537	0,356	4,350	0,036	0,158	0,183	2,033	0,533	148,051	19,7	67,2	0,000	0,000	0,000	3,734	0,093	67,1
17-18	82,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	-2,941	0,000	0,000	18,4	67,1	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	67,0
18-19	97,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,458	0,000	0,000	17,0	67,0	0,000	0,000	0,000	22,402	0,560	66,6
19-20	112,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,739	0,000	0,000	15,7	66,6	0,000	0,000	0,000	26,136	0,653	66,2
20-21	127,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,838	0,000	0,000	14,4	66,2	0,000	0,000	0,000	44,804	1,120	65,4
21-22	142,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,885	0,000	0,000	13,1	65,4	0,000	0,000	0,000	56,005	1,400	64,5
22-23	157,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,908	0,000	0,000	11,7	64,5	0,000	0,000	0,000	14,935	0,373	64,2
23-0	172,5	79,7	0,000	12,204	0,000	22,730	0,537	0,356	4,350	0,000	0,000	0,000	0,919	0,000	0,000	10,4	64,2	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	64,1

Tabela 4.16: Perfil da temperatura de armazenamento no primeiro dia para o mês de Setembro

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T'a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,067	0,000	0,000	13,5	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
1-2	-157,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,066	0,000	0,000	14,7	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
2-3	-142,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,063	0,000	0,000	15,9	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
3-4	-127,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,056	0,000	0,000	17,2	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
4-5	-112,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,040	0,000	0,000	18,4	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
5-6	-97,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	0,965	0,000	0,000	19,6	20,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	20,0
6-7	-82,5	89,1	0,010	16,488	0,163	33,481	0,492	0,436	7,196	0,015	0,111	0,052	1,237	0,177	49,082	20,8	20,0	0,876	5161,504	18,581	0,000	0,465	20,3
7-8	-67,5	89,1	0,038	16,488	0,625	33,481	0,492	0,436	7,196	0,049	0,354	0,270	1,132	0,665	184,738	22,0	20,3	0,826	18307,929	65,909	0,000	1,648	21,4
8-9	-52,5	89,1	0,070	16,488	1,158	33,481	0,492	0,436	7,196	0,080	0,573	0,585	1,114	1,234	342,675	23,2	21,4	0,798	32821,120	118,156	0,000	2,954	23,3
9-10	-37,5	89,1	0,102	16,488	1,678	33,481	0,492	0,436	7,196	0,104	0,751	0,927	1,107	1,790	497,090	24,5	23,3	0,776	46281,964	166,615	0,000	4,165	26,0
10-11	-22,5	89,1	0,127	16,488	2,091	33,481	0,492	0,436	7,196	0,122	0,877	1,214	1,103	2,232	620,092	25,7	26,0	0,755	56203,220	202,332	0,000	5,058	29,3
11-12	-7,5	89,1	0,141	16,488	2,319	33,481	0,492	0,436	7,196	0,131	0,942	1,377	1,102	2,478	688,257	26,9	29,3	0,734	60629,919	218,268	0,000	5,457	32,8
12-13	7,5	89,1	0,141	16,488	2,319	33,481	0,492	0,436	7,196	0,131	0,942	1,377	1,102	2,478	688,257	28,1	32,8	0,710	58624,989	211,050	0,000	5,276	36,2
13-14	22,5	89,1	0,127	16,488	2,091	33,481	0,492	0,436	7,196	0,122	0,877	1,214	1,103	2,232	620,092	26,8	36,2	0,649	48314,952	173,934	0,000	4,348	39,0
14-15	37,5	89,1	0,102	16,488	1,678	33,481	0,492	0,436	7,196	0,104	0,751	0,927	1,107	1,790	497,090	25,4	39,0	0,562	33530,093	120,708	0,000	3,018	41,0
15-16	52,5	89,1	0,070	16,488	1,158	33,481	0,492	0,436	7,196	0,080	0,573	0,585	1,114	1,234	342,675	24,1	41,0	0,404	16629,339	59,866	0,000	1,497	42,0
16-17	67,5	89,1	0,038	16,488	0,625	33,481	0,492	0,436	7,196	0,049	0,354	0,270	1,132	0,665	184,738	22,8	42,0	0,012	259,624	0,935	0,000	0,023	42,0
17-18	82,5	89,1	0,010	16,488	0,163	33,481	0,492	0,436	7,196	0,015	0,111	0,052	1,237	0,177	49,082	21,5	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
18-19	97,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	0,965	0,000	0,000	20,1	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
19-20	112,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,040	0,000	0,000	18,8	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
20-21	127,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,056	0,000	0,000	17,5	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
21-22	142,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,063	0,000	0,000	16,2	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
22-23	157,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,066	0,000	0,000	14,8	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
23-0	172,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,067	0,000	0,000	13,5	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0

Tabela 4.17: Perfil da temperatura de armazenamento no segundo dia para o mês de Setembro

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,067	0,000	0,000	13,5	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
1-2	-157,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,066	0,000	0,000	14,7	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
2-3	-142,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,063	0,000	0,000	15,9	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
3-4	-127,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,056	0,000	0,000	17,2	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
4-5	-112,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,040	0,000	0,000	18,4	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
5-6	-97,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	0,965	0,000	0,000	19,6	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
6-7	-82,5	89,1	0,010	16,488	0,163	33,481	0,492	0,436	7,196	0,015	0,111	0,052	1,237	0,177	49,082	20,8	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
7-8	-67,5	89,1	0,038	16,488	0,625	33,481	0,492	0,436	7,196	0,049	0,354	0,270	1,132	0,665	184,738	22,0	42,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	42,0
8-9	-52,5	89,1	0,070	16,488	1,158	33,481	0,492	0,436	7,196	0,080	0,573	0,585	1,114	1,234	342,675	23,2	42,0	0,365	15013,667	54,049	0,000	1,351	42,9
9-10	-37,5	89,1	0,102	16,488	1,678	33,481	0,492	0,436	7,196	0,104	0,751	0,927	1,107	1,790	497,090	24,5	42,9	0,492	29372,076	105,739	0,000	2,643	44,6
10-11	-22,5	89,1	0,127	16,488	2,091	33,481	0,492	0,436	7,196	0,122	0,877	1,214	1,103	2,232	620,092	25,7	44,6	0,540	40145,656	144,524	0,000	3,613	46,9
11-12	-7,5	89,1	0,141	16,488	2,319	33,481	0,492	0,436	7,196	0,131	0,942	1,377	1,102	2,478	688,257	26,9	46,9	0,549	45381,719	163,374	0,000	4,084	49,6
12-13	7,5	89,1	0,141	16,488	2,319	33,481	0,492	0,436	7,196	0,131	0,942	1,377	1,102	2,478	688,257	28,1	49,6	0,535	44145,358	158,923	0,000	3,973	52,1
13-14	22,5	89,1	0,127	16,488	2,091	33,481	0,492	0,436	7,196	0,122	0,877	1,214	1,103	2,232	620,092	26,8	52,1	0,465	34565,150	124,435	0,000	3,111	54,2
14-15	37,5	89,1	0,102	16,488	1,678	33,481	0,492	0,436	7,196	0,104	0,751	0,927	1,107	1,790	497,090	25,4	54,2	0,343	20473,334	73,704	0,000	1,843	55,3
15-16	52,5	89,1	0,070	16,488	1,158	33,481	0,492	0,436	7,196	0,080	0,573	0,585	1,114	1,234	342,675	24,1	55,3	0,103	4230,692	15,230	0,000	0,381	55,6
16-17	67,5	89,1	0,038	16,488	0,625	33,481	0,492	0,436	7,196	0,049	0,354	0,270	1,132	0,665	184,738	22,8	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
17-18	82,5	89,1	0,010	16,488	0,163	33,481	0,492	0,436	7,196	0,015	0,111	0,052	1,237	0,177	49,082	21,5	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
18-19	97,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	0,965	0,000	0,000	20,1	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
19-20	112,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,040	0,000	0,000	18,8	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
20-21	127,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,056	0,000	0,000	17,5	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
21-22	142,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,063	0,000	0,000	16,2	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
22-23	157,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,066	0,000	0,000	14,8	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
23-0	172,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,067	0,000	0,000	13,5	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6

Tabela 4.18: Perfil da temperatura de armazenamento no terceiro dia para o mês de Setembro

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,067	0,000	0,000	13,5	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
1-2	-157,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,066	0,000	0,000	14,7	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
2-3	-142,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,063	0,000	0,000	15,9	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
3-4	-127,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,056	0,000	0,000	17,2	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
4-5	-112,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,040	0,000	0,000	18,4	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
5-6	-97,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	0,965	0,000	0,000	19,6	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
6-7	-82,5	89,1	0,010	16,488	0,163	33,481	0,492	0,436	7,196	0,015	0,111	0,052	1,237	0,177	49,082	20,8	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
7-8	-67,5	89,1	0,038	16,488	0,625	33,481	0,492	0,436	7,196	0,049	0,354	0,270	1,132	0,665	184,738	22,0	55,6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	55,6
8-9	-52,5	89,1	0,070	16,488	1,158	33,481	0,492	0,436	7,196	0,080	0,573	0,585	1,114	1,234	342,675	23,2	55,6	0,079	3253,046	11,711	0,000	0,293	55,8
9-10	-37,5	89,1	0,102	16,488	1,678	33,481	0,492	0,436	7,196	0,104	0,751	0,927	1,107	1,790	497,090	24,5	55,8	0,305	18204,236	65,535	0,000	1,638	56,8
10-11	-22,5	89,1	0,127	16,488	2,091	33,481	0,492	0,436	7,196	0,122	0,877	1,214	1,103	2,232	620,092	25,7	56,8	0,397	29540,719	106,347	0,000	2,659	58,6
11-12	-7,5	89,1	0,141	16,488	2,319	33,481	0,492	0,436	7,196	0,131	0,942	1,377	1,102	2,478	688,257	26,9	58,6	0,428	35311,311	127,121	0,000	3,178	60,6
12-13	7,5	89,1	0,141	16,488	2,319	33,481	0,492	0,436	7,196	0,131	0,942	1,377	1,102	2,478	688,257	28,1	60,6	0,419	34582,538	124,497	0,000	3,112	62,6
13-14	22,5	89,1	0,127	16,488	2,091	33,481	0,492	0,436	7,196	0,122	0,877	1,214	1,103	2,232	620,092	26,8	62,6	0,342	25484,333	91,744	0,000	2,294	64,1
14-15	37,5	89,1	0,102	16,488	1,678	33,481	0,492	0,436	7,196	0,104	0,751	0,927	1,107	1,790	497,090	25,4	64,1	0,199	11850,227	42,661	0,000	1,067	64,8
15-16	52,5	89,1	0,070	16,488	1,158	33,481	0,492	0,436	7,196	0,080	0,573	0,585	1,114	1,234	342,675	24,1	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
16-17	67,5	89,1	0,038	16,488	0,625	33,481	0,492	0,436	7,196	0,049	0,354	0,270	1,132	0,665	184,738	22,8	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
17-18	82,5	89,1	0,010	16,488	0,163	33,481	0,492	0,436	7,196	0,015	0,111	0,052	1,237	0,177	49,082	21,5	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
18-19	97,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	0,965	0,000	0,000	20,1	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
19-20	112,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,040	0,000	0,000	18,8	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
20-21	127,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,056	0,000	0,000	17,5	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
21-22	142,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,063	0,000	0,000	16,2	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
22-23	157,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,066	0,000	0,000	14,8	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
23-0	172,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,067	0,000	0,000	13,5	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8

Tabela 4.19: Perfil da temperatura de armazenamento no quarto dia para o mês de Setembro

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,067	0,000	0,000	13,5	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
1-2	-157,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,066	0,000	0,000	14,7	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
2-3	-142,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,063	0,000	0,000	15,9	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
3-4	-127,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,056	0,000	0,000	17,2	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
4-5	-112,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,040	0,000	0,000	18,4	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
5-6	-97,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	0,965	0,000	0,000	19,6	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
6-7	-82,5	89,1	0,010	16,488	0,163	33,481	0,492	0,436	7,196	0,015	0,111	0,052	1,237	0,177	49,082	20,8	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
7-8	-67,5	89,1	0,038	16,488	0,625	33,481	0,492	0,436	7,196	0,049	0,354	0,270	1,132	0,665	184,738	22,0	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
8-9	-52,5	89,1	0,070	16,488	1,158	33,481	0,492	0,436	7,196	0,080	0,573	0,585	1,114	1,234	342,675	23,2	64,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	64,8
9-10	-37,5	89,1	0,102	16,488	1,678	33,481	0,492	0,436	7,196	0,104	0,751	0,927	1,107	1,790	497,090	24,5	64,8	0,174	10392,976	37,415	0,000	0,935	65,4
10-11	-22,5	89,1	0,127	16,488	2,091	33,481	0,492	0,436	7,196	0,122	0,877	1,214	1,103	2,232	620,092	25,7	65,4	0,297	22123,176	79,643	0,000	1,991	66,7
11-12	-7,5	89,1	0,141	16,488	2,319	33,481	0,492	0,436	7,196	0,131	0,942	1,377	1,102	2,478	688,257	26,9	66,7	0,342	28267,642	101,764	0,000	2,544	68,4
12-13	7,5	89,1	0,141	16,488	2,319	33,481	0,492	0,436	7,196	0,131	0,942	1,377	1,102	2,478	688,257	28,1	68,4	0,338	27893,897	100,418	0,000	2,510	70,0
13-14	22,5	89,1	0,127	16,488	2,091	33,481	0,492	0,436	7,196	0,122	0,877	1,214	1,103	2,232	620,092	26,8	70,0	0,257	19132,826	68,878	0,000	1,722	71,1
14-15	37,5	89,1	0,102	16,488	1,678	33,481	0,492	0,436	7,196	0,104	0,751	0,927	1,107	1,790	497,090	25,4	71,1	0,098	5818,860	20,948	0,000	0,524	71,5
15-16	52,5	89,1	0,070	16,488	1,158	33,481	0,492	0,436	7,196	0,080	0,573	0,585	1,114	1,234	342,675	24,1	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
16-17	67,5	89,1	0,038	16,488	0,625	33,481	0,492	0,436	7,196	0,049	0,354	0,270	1,132	0,665	184,738	22,8	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
17-18	82,5	89,1	0,010	16,488	0,163	33,481	0,492	0,436	7,196	0,015	0,111	0,052	1,237	0,177	49,082	21,5	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
18-19	97,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	0,965	0,000	0,000	20,1	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
19-20	112,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,040	0,000	0,000	18,8	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
20-21	127,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,056	0,000	0,000	17,5	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
21-22	142,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,063	0,000	0,000	16,2	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
22-23	157,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,066	0,000	0,000	14,8	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
23-0	172,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,067	0,000	0,000	13,5	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5

Tabela 4.20: Perfil da temperatura de armazenamento para os demais dias do mês de Setembro

HS (h)	ω (°)	ω_s (°)	r_t	H (MJ/m ²)	I (MJ/m ²)	H ₀ (MJ/m ²)	K _T	Hd/H	Hd (MJ/m ²)	r_d	I _d (MJ/m ²)	I _b (MJ/m ²)	r_b	I _T (MJ/m ²)	G (W/m ²)	T ^a (°C)	T _s (°C)	η	Q _u (W)	Q _u (MJ)	L _s (MJ)	Q _{perda} (MJ) _s	T _s ⁺ (°C)
0-1	-172,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,067	0,000	0,000	13,5	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
1-2	-157,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,066	0,000	0,000	14,7	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
2-3	-142,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,063	0,000	0,000	15,9	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
3-4	-127,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,056	0,000	0,000	17,2	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
4-5	-112,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,040	0,000	0,000	18,4	71,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	71,5
5-6	-97,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	0,965	0,000	0,000	19,6	71,5	0,000	0,000	0,000	3,734	0,093	71,4
6-7	-82,5	89,1	0,010	16,488	0,163	33,481	0,492	0,436	7,196	0,015	0,111	0,052	1,237	0,177	49,082	20,8	71,5	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	71,3
7-8	-67,5	89,1	0,038	16,488	0,625	33,481	0,492	0,436	7,196	0,049	0,354	0,270	1,132	0,665	184,738	22,0	71,3	0,000	0,000	0,000	19,778	0,494	71,0
8-9	-52,5	89,1	0,070	16,488	1,158	33,481	0,492	0,436	7,196	0,080	0,573	0,585	1,114	1,234	342,675	23,2	71,0	0,000	0,000	0,000	49,647	1,241	70,1
9-10	-37,5	89,1	0,102	16,488	1,678	33,481	0,492	0,436	7,196	0,104	0,751	0,927	1,107	1,790	497,090	24,5	70,1	0,097	5797,392	20,871	79,517	2,510	69,1
10-11	-22,5	89,1	0,127	16,488	2,091	33,481	0,492	0,436	7,196	0,122	0,877	1,214	1,103	2,232	620,092	25,7	69,1	0,254	18929,639	68,147	30,979	2,478	69,7
11-12	-7,5	89,1	0,141	16,488	2,319	33,481	0,492	0,436	7,196	0,131	0,942	1,377	1,102	2,478	688,257	26,9	69,7	0,311	25691,047	92,488	19,778	2,807	70,9
12-13	7,5	89,1	0,141	16,488	2,319	33,481	0,492	0,436	7,196	0,131	0,942	1,377	1,102	2,478	688,257	28,1	70,9	0,312	25738,280	92,658	3,734	2,410	72,3
13-14	22,5	89,1	0,127	16,488	2,091	33,481	0,492	0,436	7,196	0,122	0,877	1,214	1,103	2,232	620,092	26,8	72,3	0,230	17140,817	61,707	0,000	1,543	73,3
14-15	37,5	89,1	0,102	16,488	1,678	33,481	0,492	0,436	7,196	0,104	0,751	0,927	1,107	1,790	497,090	25,4	73,3	0,066	3927,255	14,138	0,000	0,353	73,5
15-16	52,5	89,1	0,070	16,488	1,158	33,481	0,492	0,436	7,196	0,080	0,573	0,585	1,114	1,234	342,675	24,1	73,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	73,5
16-17	67,5	89,1	0,038	16,488	0,625	33,481	0,492	0,436	7,196	0,049	0,354	0,270	1,132	0,665	184,738	22,8	73,5	0,000	0,000	0,000	3,734	0,093	73,5
17-18	82,5	89,1	0,010	16,488	0,163	33,481	0,492	0,436	7,196	0,015	0,111	0,052	1,237	0,177	49,082	21,5	73,5	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	73,3
18-19	97,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	0,965	0,000	0,000	20,1	73,3	0,000	0,000	0,000	22,402	0,560	73,0
19-20	112,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,040	0,000	0,000	18,8	73,0	0,000	0,000	0,000	26,136	0,653	72,5
20-21	127,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,056	0,000	0,000	17,5	72,5	0,000	0,000	0,000	44,804	1,120	71,8
21-22	142,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,063	0,000	0,000	16,2	71,8	0,000	0,000	0,000	56,005	1,400	70,8
22-23	157,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,066	0,000	0,000	14,8	70,8	0,000	0,000	0,000	14,935	0,373	70,5
23-0	172,5	89,1	0,000	16,488	0,000	33,481	0,492	0,436	7,196	0,000	0,000	0,000	1,067	0,000	0,000	13,5	70,5	0,000	0,000	0,000	7,467	0,187	70,4

Para melhor visualizar o que ocorre dentro do tanque de armazenamento durante o dia quando há o consumo de energia térmica, foram traçados dois gráficos tomando-se como base a Tabela 4.5, um com o perfil da temperatura dentro do tanque ao longo do dia e outro mostrando o perfil da energia útil, do consumo das cargas térmicas e das perdas térmicas.

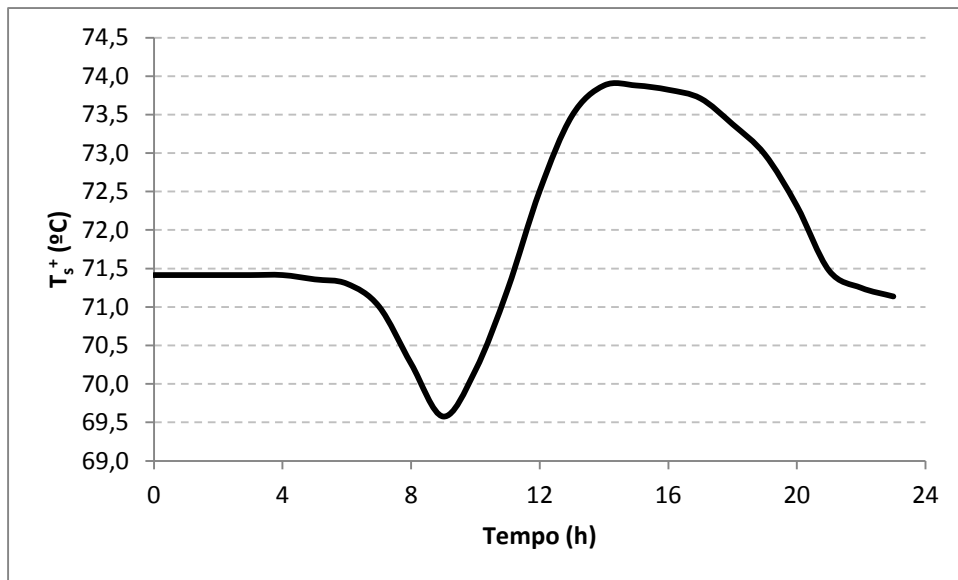


Figura 4.5: Perfil da temperatura de armazenamento ao longo do dia considerando a carga térmica.

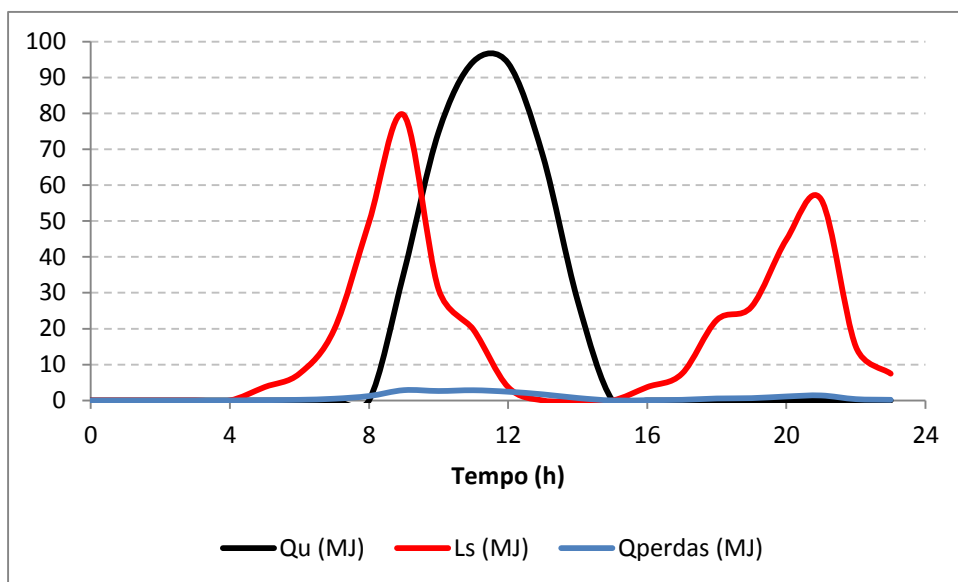


Figura 4.6: Perfil da energia útil dos coletores solares, energia transferida para as cargas térmicas e a energia perdida no reservatório térmico e nas tubulações.

Na Figura 4.5 observa-se que a temperatura se mantém constante até o momento em que os primeiros chuveiros começam a ser ligados. Nota-se pelo perfil de Q_u na Figura 4.6 que a

radiação solar nesse período ainda é baixa, dessa forma a carga térmica consome a energia até então armazenada no tanque, a qual é pouco repostada, provocando a diminuição na temperatura dentro do tanque. No período 8-15h observa-se que há um grande aumento da temperatura de armazenamento, apesar da carga térmica L_s ainda ser alta. Isso porque o reabastecimento da energia armazenada no tanque é alto devido à alta taxa de radiação, a qual é tão alta que é suficiente para fornecer energia para ser consumida no restante do dia, inclusive para atender o pico das 20-21h, quando não há radiação solar.

Uma análise de sensibilidade foi feita considerando-se primeiramente uma mudança no perfil de carga térmica e depois uma mudança no nível de radiação solar.

4.1. Análise de sensibilidade: Variação do perfil de carga térmica

O perfil de carga térmica foi alterado considerando-se uma situação extrema em que todos os chuveiros são ligados ao mesmo tempo às 21h, resultando no perfil apresentado pela Figura 4.7. Foram adotadas as mesmas premissas discutidas no item 3.2. Com isso, traçou-se os perfis de temperatura e de energia útil ao longo de um dia típico de janeiro no regime permanente .

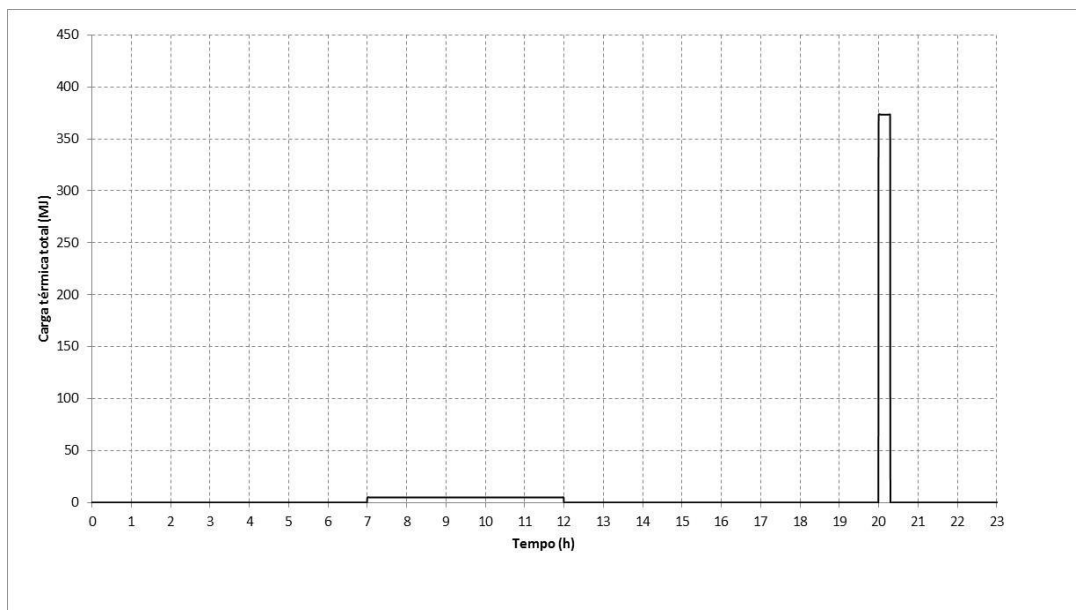


Figura 4.7: Perfil de carga térmica alterado com todos os chuveiros sendo ligados às 21h.

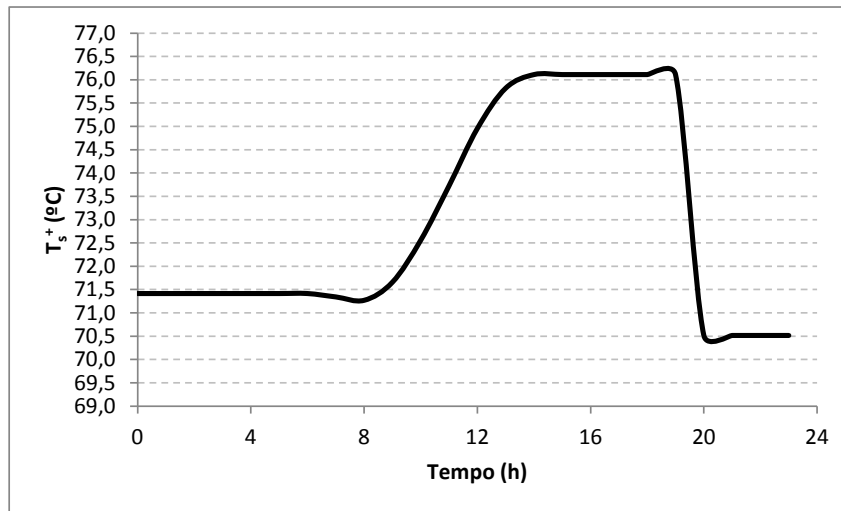


Figura 4.8: Perfil da temperatura de armazenamento ao longo do dia considerando mudança no perfil de carga térmica.

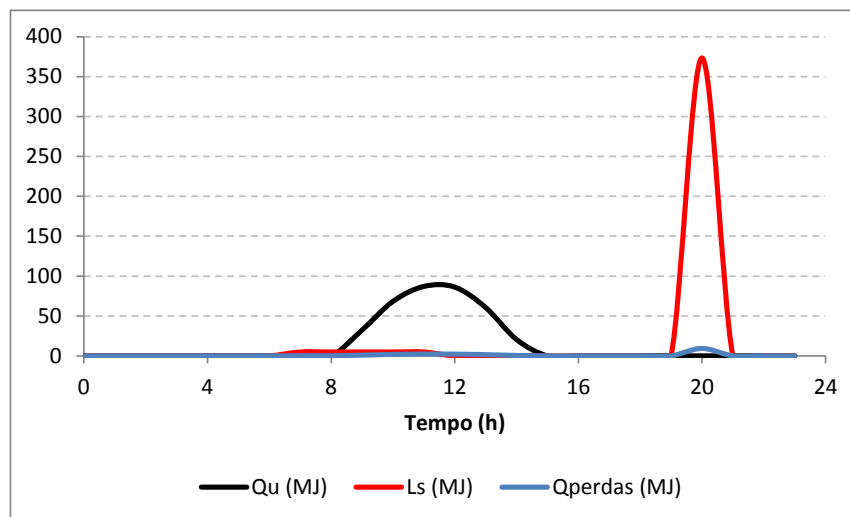


Figura 4.9: Perfil da energia útil dos coletores solares, energia transferida para as cargas térmicas e a energia aperiada no reservatório térmico e nas tubulações considerando mudança no perfil de carga térmica.

Pelo perfil de temperatura, nota-se que há um acúmulo de energia térmica ao longo do dia que é totalmente consumido quando os chuveiros são ligados às 21h. Percebe-se que o intervalo de temperatura no tanque é maior do que no caso anterior e que mesmo praticamente toda carga sendo acionada em um horário quando não há radiação solar, o sistema de armazenamento consegue prover toda a energia térmica demandada.

4.2. Análise de sensibilidade: Variação no nível de radiação

Uma segunda análise de sensibilidade realizada foi variando-se o nível de radiação durante o regime permanente. Considerou-se o mesmo nível de radiação adotado no caso original, ou seja, a radiação diária média mensal, até o 5º dia de operação do sistema. No 6º dia a radiação foi considerada como apenas 30% da média mensal, no 7º dia a mesma aumentou para 80%, no 8º dia o nível de radiação retornou para a média mensal e no 9º dia ela aumentou para 1,5 vezes maior que a radiação média.

O perfil temperatura dentro do tanque altera-se levemente como mostrado pela Figura 4.10.

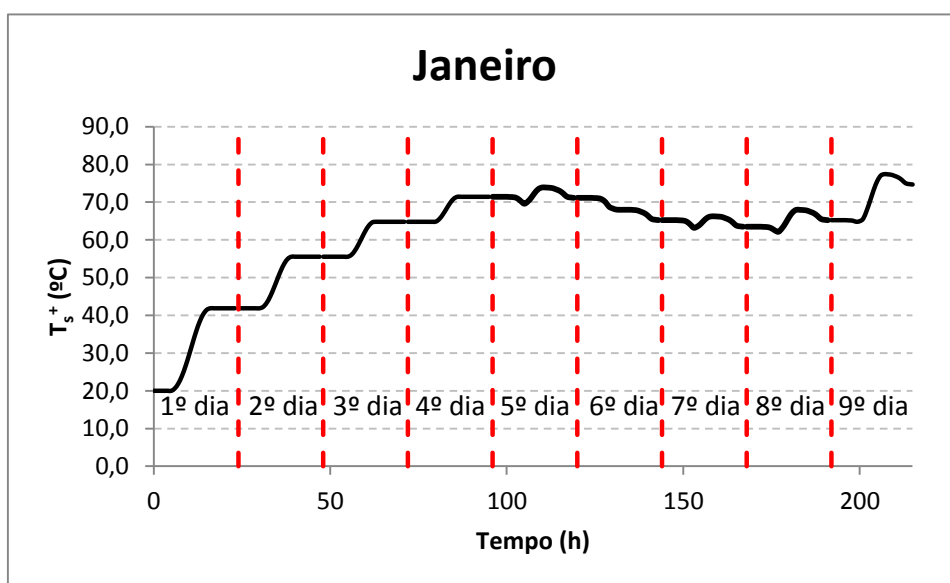


Figura 4.10: Perfil da temperatura de armazenamento para o mês de Janeiro variando-se o nível de radiação.

A diminuição do nível de radiação solar provoca uma leve queda na temperatura no interior do tanque. No entanto, essa queda não é muito significativa, principalmente considerando-se que um leve aumento da radiação já faz com que a temperatura retorne à média.

5. CONCLUSÕES

O sistema de geração de energia proposto, composto por coletores em plano inclinado, em conjunto com o tanque de armazenamento de energia em água e trocadores de calor a placas, mostrou-se adequado para atender as cargas térmicas de um hotel de médio porte localizado na cidade de Águas de São Pedro. As cargas térmicas consideradas para o problema foram 50 chuveiros e uma máquina de lavar louça, sendo que a temperatura de consumo da água é de 40°C. A máquina de lavar louça utilizará um sistema complementar de fornecimento de energia térmica para atingir os 90°C requeridos pelo fabricante. Além disso, foi considerado também que existe um sistema de *back-up* para fornecer energia caso o sistema proposto estiver indisponível.

Chegou-se a conclusão que um tanque de armazenamento de 17m³ seria suficiente considerando uma área de coletores solares de 120m². Dessa forma, após quatro dias de armazenamento de energia no tanque sem considerar as cargas térmicas e conectando-as somente a partir do quinto dia, obteve-se uma temperatura de armazenamento em torno de 70°C para todo o ano, temperatura que possibilitaria elevar a temperatura da água da rede de 20°C para 40°C, através de um trocador a placas.

A utilização de um trocador de calor para transferência da energia do fluido que passa pelos coletores para a água de consumo, foi adotada prevendo-se a possibilidade de usar este desenvolvimento para óleos térmicos minerais circulando pelos coletores solares ou água com substâncias anti-congelantes e anti-oxidantes.

Por ser uma primeira abordagem, foi desenvolvida uma planilha de cálculos onde foi introduzida a hipótese de mistura perfeita. Esta planilha permite a observação do desempenho térmico do sistema ao longo do dia mostrando a variação da temperatura do tanque, da demanda térmica pelo hotel e a quantidade de energia transferida pelos coletores solares. Observe-se que foi escolhido um coletor solar disponível no mercado brasileiro. Além disso, as planilhas também permitem verificar que sem um sistema de armazenamento de energia parte da energia que é transferida pelo coletor solar não teria uso.

Foi realizada também uma análise de sensibilidade alterando-se o perfil de carga térmica e o nível de radiação durante o regime permanente. Notou-se no primeiro caso que mesmo considerando um pico de consumo durante o período em que não há radiação solar, ainda assim o sistema de armazenamento consegue suprir a demanda. Na segunda análise, foi verificado que

existe uma leve queda na temperatura do tanque com a diminuição da radiação solar, mas a temperatura logo retorna à média com o aumento da radiação.

Uma continuidade desse trabalho em outra monografia poderá utilizar o aqui desenvolvido como referência para um estudo que incorpore um tanque estratificado com dois nós e uma seguinte com três nós que implica em uma estrutura de cálculo com maior complexidade.

Finalmente, o estudo mostrou a utilidade da instalação de um sistema de armazenamento em conjunto a um sistema de geração de energia térmica por fonte solar, visto que o sistema permite com que a parcela da energia que seria desperdiçada nos horários de maior insolação seja aproveitada no período de menor insolação. Isso possibilita que as cargas térmicas sejam atendidas durante todo o dia e mesmo nos períodos de ausência de radiação solar.

6. REFERÊNCIAS⁹

CRESESB. **Potencial Energético Solar – Sun Data**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php>>. Acesso em 28 de setembro de 2013.

DUFFIE, J.A., W.A. BECKMAN. **Solar Engineering of Thermal Processes**. John Wiley & Sons, 3rd edition, 2006.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Base de dados da estação convencional – Médias mensais**. Disponível em: <<http://www.webcitation.org/67rCMek9f>>. Acesso em 28 de setembro de 2013.

FATH, H.E.S. **Technical Assessment of Solar Thermal Energy Storage Technologies**. Renewable Energy, vol. 14, 1998.

GEOHACK. **Banco de dados de informações geográficas**. Disponível em: <http://toolserver.org/~geohack/geohack.php?language=pt&pagenome=%C3%81guas_de_S%C3%A3o_Pedro¶ms=22_35_56_S_47_52_33_W_type:city_region:BR_scale:75000>. Acesso em: 28 setembro de 2013.

INMETRO. **Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água – coletores solares**. 2013. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/ColetoresSolares-banho.pdf>>. Acesso em: 01 outubro de 2013.

INMETRO. **Tabela de consumo de energia elétrica – Chuveiros Elétricos**. 2013. Disponível em: <www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/chuveiro.pdf>. Acesso em: 01 outubro de 2013.

⁹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

ANEXO A – CATÁLOGO DO FORNECEDOR FIAMMA – MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA¹⁰

Máquinas de Lavar Louças Industrial F 1040 Plus



Máquinas de Lavar Louça

Especificações:

- **LAVA:** Copos, talheres, pratos e bandejas
- Produção máxima: 1080 pratos/hr (60 cestos /hr)
- Capacidade mecânica: 30 ou 60 cestos / h
- Capacidade por ciclo: 18 pratos ou 40 copos
- Temperatura de lavagem e enxágue de até 90º
- Marcadores de enxágue e lavagem
- 2 bombas independentes (lavagem e enxágue)
- Ciclo de lavagem de 1,2 ou 3 minutos
- Válvula anti-retorno
- Filtros coletores de resíduos e protetor da bomba de lavagem
- Braços giratórios e enxágue especiais
- Termômetro para enxágue e lavagem
- Cuba embutida com cantos arredondados
- Sensor de segurança na porta
- Abertura do capô por braços articulados
- Sistema Auto-start

Características técnicas:

- Consumo de água por ciclo de 2,5 / 3 L
- Altura útil da lavagem: 410 mm
- Voltagem: 230 ou 380 v/ 3 / 60 Hz
- Potência: 6800 Watts
- Capacidade da Cuba: 35 L
- Capacidade da Caldeira: 8 L
- Dimensões: 692x756x1555 (1935) mm (LPH)
- Peso: 122 Kg

Equipamento Padrão:

- 2 cestos para pratos
- 1 cesto para xícaras, copos e taças
- 4 suporte para talheres

¹⁰ Disponível em: <<http://www.fiamma.com.br/maquina-de-lavar-louca-industrial-f1040-plus.php>>. Acesso em: 28 setembro de 2013.