

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

FELIPE MEDEIROS DE NAZARETH

RENATO CADE MOURA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM  
SISTEMA DE AR CONDICIONADO UTILIZANDO A TERMOACUMULAÇÃO**

VITÓRIA  
2013

FELIPE MEDEIROS DE NAZARETH

RENATO CADE MOURA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM  
SISTEMA DE AR CONDICIONADO UTILIZANDO A TERMOACUMULAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Departamento de Engenharia Mecânica do  
Centro Tecnológico da Universidade Federal do  
Espírito Santo, como requisito parcial para a  
obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Marcon  
Donatelli

VITÓRIA  
2013

FELIPE MEDEIROS DE NAZARETH

RENATO CADE MOURA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM  
SISTEMA DE AR CONDICIONADO UTILIZANDO A TERMOACUMULAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Aprovado em 30 de abril de 2013.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador

---

Prof. Dr. José Joaquim C. S. Santos  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Examinador

---

Prof. Mse. Elias Antônio Dalvi  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Examinador

---

Prof. Mse. Leonardo Rodrigues de Araujo  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Aos familiares que apoiaram incondicionalmente nossos estudos e escolhas profissionais.

Ao orientador Donatelli que com enorme disponibilidade contribuiu para que nosso objetivo fosse alcançado.

A Körper Equipamentos e ao Victor Cade Moura, engenheiro eletricista, que contribuíram com a cotação dos principais equipamentos listados nesse trabalho.

## **RESUMO**

Esse trabalho consiste em avaliar a viabilidade de um sistema de ar condicionado com termoacumulação para um complexo de cinema fictício. Dimensiona-se a carga térmica do recinto e os principais equipamentos, também foi avaliado o investimento inicial com os custos dos componentes e o gasto anual com energia elétrica de acordo com as diferentes estruturas tarifaria propostas pela EDP Escelsa. Ao todo seis casos são estudados, variando as características dos equipamentos e os regimes de funcionamento dos sistemas. Ao final, esses casos são comparados de acordo com as vantagens e desvantagens e submetidos a avaliações econômicas de investimentos para determinar se é viável financeiramente o uso de termoacumulação em sistemas de ar-condicionado e qual a melhor condição para o emprego dessa técnica.

**Palavras-Chave:** Termoacumulação, ar-condicionado, despesa com energia elétrica, viabilidade econômica.

## **ABSTRACT**

This work consists of evaluating the viability of an air conditioning system with thermal storage for a complex fictional cinema. Scales up the thermal load of the enclosure and the main equipment, was also evaluated the initial investment with the costs of the components and the annual spending electric energy according to the different tariff structures proposed by EDP Escelsa. In all six cases are studied by varying the characteristics of the equipment and regimes operating systems. In the end, these cases are compared according to the advantages and disadvantages and subjected to economy ratings of investments to determine if it is viable financially the use of thermal storage air-conditioning systems and how best condition for this technique.

**Keywords:** thermal storage, air conditioning, electricity expenses, economical viability.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Modelo da sala de cinema e planta do complexo de cinema .....	6
Figura 2 - Potência elétrica demandada pelos sistemas de ar condicionado em função dos regimes de funcionamento .....	8
Figura 3 - Sistema 1 – Condensação a ar.....	8
Figura 4 - Sistema 2 – Condensação a água.....	9
Figura 5 - Sistema 3 – Termoacumulação com chiller de condensação a ar.....	9
Figura 6 - Sistema 4 – Termoacumulação com chiller de condensação a água....	10
Figura 7 - Carga térmica diária.....	17
Figura 8 - Consumo energético diário.....	21

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Dados climáticos de projetos para Vitória-ES.....	7
Tabela 2 - Estruturas Tarifárias .....	13
Tabela 3 - Custo de energia – Quadro A .....	15
Tabela 4 - Custo de energia – Quadro B .....	15
Tabela 5 - Custo de energia – Quadro C.....	16
Tabela 6 - Custo de energia – Quadro E .....	16
Tabela 7 - Custo de energia – Quadro F .....	16
Tabela 8 - Análise econômica dos investimentos de condensação a ar.....	22
Tabela 9 - Análise econômica dos investimentos de condensação a água.....	22
Tabela 10 - Análise econômica dos investimentos no regime 1 .....	23
Tabela 11 - Análise econômica dos investimentos no regime 2 .....	23
Tabela 12 - Análise econômica dos investimentos no regime 3 .....	23

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 OBJETIVO .....	1
1.3 METODOLOGIA .....	2
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO .....	3
<b>2 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO .....</b>	<b>4</b>
2.1 REFRIGERAÇÃO .....	4
2.2 TERMOACUMULAÇÃO .....	5
<b>3 PROJETO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO .....</b>	<b>6</b>
3.1 REGIMES DE FUNCIONAMENTO .....	7
3.2 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO .....	8
3.3 CASOS AVALIADOS .....	10
<b>4 TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....</b>	<b>12</b>
<b>5 DIMENSIONAMENTO.....</b>	<b>17</b>
5.1 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA .....	17
5.2 VAZÃO DE AR .....	18
5.3 ENERGIA TÉRMICA DIÁRIA .....	18
5.4 POTÊNCIA DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO.....	19
5.5 DIMENSIONAMENTO DO TANQUE .....	19
5.6 VAZÃO DE ÁGUA NOS EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS .....	20
<b>6 CUSTOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE .....</b>	<b>21</b>
<b>7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FUTURAS.....</b>	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>26</b>
<b>APÊNDICE A - [MEMÓRIA DE CÁLCULOS].....</b>	<b>27</b>

<b>APÊNDICE B - [CÁLCULOS DAS DESPESAS COM ENERGIA ELÉTRICA] .....</b>	<b>35</b>
<b>APÊNDICE C - [FLUXO DE CAIXA].....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO A - [CUSTO DOS PRINCIPAIS COMPONENTES].....</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O custo da energia elétrica no Brasil para o comércio e indústria pode ter seu valor tarifado na estrutura horosazonal, de acordo com o horário do dia. Num certo período, chamado de “horário de ponta”, que compreende o horário onde há o maior consumo de energia no país, esse custo é elevado comparado às demais horas do dia. Essa política tarifária é praticada a fim de reduzir a demanda máxima de energia elétrica.

Centros comerciais, grandes empresas, teatros, cinemas, entre outros, precisam de grandes sistemas de ar condicionado, e desta forma apresentam despesas elevadas com energia elétrica, principalmente quando operando no horário de ponta. Segundo Queiroz (2011), uma alternativa para a redução desse gasto é a implantação de sistemas de termoacumulação, onde a produção de água gelada para estocagem ocorre nos períodos do dia com energia elétrica mais barata (períodos fora de ponta), sendo então usado quando é termo-economicamente adequado para garantir a climatização dos recintos.

### 1.1 MOTIVAÇÃO

A motivação deste estudo está relacionada à redução de gasto com a compra de energia elétrica utilizada em grandes sistemas de ar condicionado. Tendo em vista que o sistema de termoacumulação pode eliminar o consumo de energia elétrica no horário de ponta, reduzindo a demanda máxima para uma concessionária de energia elétrica.

### 1.2 OBJETIVO

O objetivo é avaliar a viabilidade econômica para a implantação de um sistema de termoacumulação com água gelada no condicionamento do ar de um complexo de cinema fictício para reduzir os custos com energia elétrica e também definir o caso mais viável para se instalar o sistema.

### 1.3 METODOLOGIA

Inicialmente é feito o projeto do complexo de cinema a fim de dimensionar a carga térmica diária do recinto para calcular o fluxo de ar necessário, considerando apenas o número de pessoas sentadas e a renovação de ar externo.

Em seguida criam-se os modelos a serem estudados. Ao todo seis casos (considerando o sistema convencional) são diferenciados pelos equipamentos utilizados e pelo horário de funcionamento. Distribui-se a carga térmica diária ao longo do tempo de funcionamento de cada caso e com isso definem-se as potências dos chillers necessária para refrigerar o recinto.

É feito o dimensionamento dos equipamentos, tais como bombas, torre de resfriamento, tanque de água gelada e fancoil para projetar os sistemas de ar condicionado e cotar os componentes a fim de estipular o custo inicial de cada investimento.

Para calcular o custo energético anual dos casos estudados, monta-se uma planilha de cálculos tarifários com as diversas situações e condições de cobrança da concessionária de energia elétrica. Consideram-se os horários de ponta e os períodos de meses secos em que a taxa é mais elevada (modelo horosazonal) para os sistemas com termoacumulação. Para os sistemas de ar condicionado de referência (sem termoacumulação), o cálculo das despesas com energia elétrica considera tarifação convencional, mais conveniente nesse caso.

Ao final, monta-se um fluxo de caixa de cada investimento com duração de 20 anos, vida útil mínima de um chiller, e compara-se a rentabilidade econômica dos investimentos com termoacumulação em relação aos sistemas de ar condicionado de referência, pela aplicação de três métodos de avaliação econômica (TIR- Taxa Interna de Retorno, VPL- Valor Presente Líquido e “Pay-Back” Descontado). Também é selecionado o caso mais viável para se instalar o sistema.

#### 1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

No capítulo 2 são discutidos os princípios termodinâmicos envolvidos no sistema de ar condicionado e os principais componentes utilizados e suas funções.

No capítulo 3 é apresentado o projeto de ar condicionado do complexo de cinema fictício e todos os casos e suas variações a serem analisados.

O capítulo 4 destina-se a informações referentes ao custo de energia elétrica e tarifação segundo norma da ANEEL e valores regionais estipulados pela concessionária local.

No capítulo 5 é realizado cálculo da carga térmica do recinto, para logo após dimensionar os equipamentos para instalação nos diferentes casos a serem estudados.

O capítulo 6 é destinado aos custos iniciais e anuais com energia elétrica e à análise de viabilidade econômica dos diferentes casos estudados, como também uma comparação entre eles.

Por fim, no 7º capítulo é apresentada a conclusão do trabalho realizado com a escolha do caso mais adequado para instalação, além de recomendações futuras.

## 2 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

### 2.1 REFRIGERAÇÃO

Refrigeração é um processo físico que consiste em reduzir a temperatura de um determinado local abaixo da temperatura ambiente. Não acontece de maneira espontânea, portanto é necessário um equipamento fonte de energia, no caso do ciclo de refrigeração por compressão, essa fonte é um compressor, que tem a função de aumentar a pressão de um gás, mas que consequentemente cede energia para o fluido na forma de calor. O segundo passo será condensar esse gás através da troca desse calor excedente com o meio externo (podendo ser o ar ambiente, uma corrente de água ou aproveitando a energia térmica para alguma outra utilização), mantendo alta a pressão interna desse fluido.

Após sofrer a expansão através de uma válvula, esse líquido comprimido irá evaporar e para isso utilizará o calor do meio, diminuindo sua temperatura a valores bem abaixo da condição ambiente. Para refrigerar um meio, explora-se essa troca térmica que acontece nesse processo de evaporação do fluido. Por fim esse fluido retorna para ser novamente comprimido, fechando assim um ciclo termodinâmico de refrigeração por compressão.

A troca térmica em um evaporador pode ser feita de forma direta entre o ar e o fluido refrigerante, mas no caso de um equipamento tipo chiller, o meio a ser refrigerado é um fluxo de água.

Chillers por compressão são unidades que realizam esse ciclo térmico e são comumente utilizados em grandes sistemas de ar condicionado, em que necessitam do intermédio da água a fim de transportar a carga térmica através de diferentes ambientes. A troca térmica entre o ar e a água gelada é feito por ventiladores ou sistemas de ventilação chamados de fancoils, esses geram um fluxo de ar que ao entrar em contato com as serpentinas de água gelada, se resfriam e climatizam o ambiente. No caso de chillers com condensação a água é ecologicamente

interessante o emprego de outro ciclo para arrefecer e reutilizar a água de condensação.

Para isso, segundo Chumioque (2004), utilizam-se torres de resfriamento a fim de trocar calor entre a água aquecida e o ambiente. Esse equipamento respinga a água de uma determinada altura, ao mesmo tempo em que insufla o ar externo através de ventiladores com o objetivo de arrefecer a água principalmente pela troca do calor latente e de massa no processo de evaporação, com isso parte dessa água deverá sofrer reposição.

## 2.2 TERMOACUMULAÇÃO

A aplicação da termoacumulação, que tem como função fazer com que o equipamento de ar condicionado e a refrigeração propriamente dita operem de maneira independente, requer a utilização de um tanque de estocagem de água gelada ou de gelo.

O sistema de ar condicionado resfria o conteúdo do tanque, que é empregado diretamente na função para o qual o sistema foi criado no horário necessário. O tanque funciona como um “reservatório acumulador de energia térmica”.

O volume do tanque de acumulação de água gelada deve ser capaz de manter o sistema refrigerando durante todo o horário de funcionamento das salas. Para o dimensionamento foi levado em consideração o diferencial entre a demanda de carga térmica durante a refrigeração das salas e a produção de energia térmica dos sistemas de termoacumulação propostos durante esse horário, segundo Fedalto (2010).

### 3 PROJETO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

O complexo de cinema fictício a ser estudado possui 5 salas com capacidade para 300 pessoas em cada, além de um hall de entrada. Sendo que cada sala de cinema possui 20 fileiras com 15 cadeiras em cada uma.

As medidas das salas são de 20 metros de largura, 30 metros de comprimento e 20 metros de altura, como mostrado na Fig. 1. Cada fileira ficará 2 degraus acima da fileira anterior, e cada degrau terá 18 cm. O volume total de ar será de 10.500 m<sup>3</sup> para cada sala.

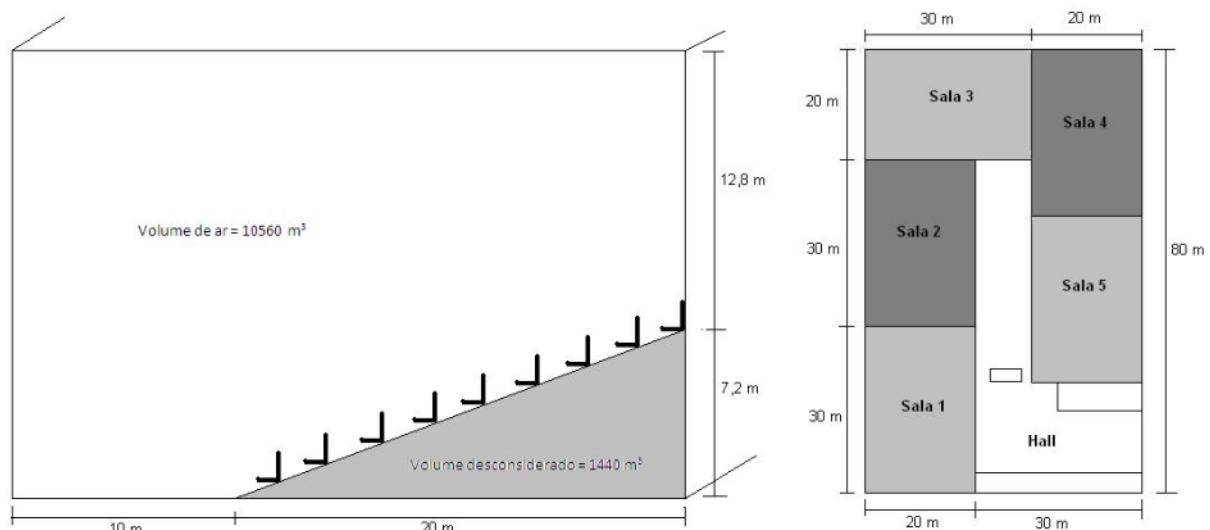


Figura 1: Modelo da sala de cinema e planta do complexo de cinema.

O complexo de cinema está localizado em Vitória, no Espírito Santo, onde a temperatura externa média de um dia de verão é de 33°C com umidade relativa de 70% está dentro da margem estipulada na norma (NBR 16401), como mostrado na Tab. 1.

**Tabela 1:** Dados climáticos de projetos para Vitória-ES.

ES	Vitória			Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período
				20,27S	40,28W	4m	100,28	82/01
Mês>Qt	Freq. anual	Resfriamento e desumidificação					Baixa umidade	
Fev		TBS	TBUc	<b>TBU</b>	TBSc	TPO	w	TBSc
0,4%	34,0	25,5	27,0	30,1	26,2	21,6	28,1	
ΔTmd	1%	33,1	25,2	<b>26,6</b>	29,7	26,0	21,3	28,0
8,0	2%	32,2	25,0	<b>26,2</b>	29,4	25,2	20,4	27,5
Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s			
	30,6	36,8	1,0	14,3	1,7			
Mês>Fr	Freq. anual	Aquec.	Umidificação					
Ago		TBS	TPO	w	TBSc			
99,6%	16,5	12,8	9,2	21,0				
99%	17,5	14,0	9,9	21,2				

O horário de ponta em Vitória é definido pela EDP Escelsa, e compreende um período entre as 17:30h e 20:30h. O horário em que os ambientes serão climatizados é de 15:00h às 23:00h, todos os dias, ou seja, funcionará também no horário de ponta.

São considerados quatro diferentes sistemas de ar condicionado: com condensação a ar, com condensação a água, um sistema com condensação a ar utilizando a termoacumulação e, por fim, um com condensação a água utilizando a termoacumulação. Além disso, os sistemas com termoacumulação podem ser operados continuamente ou somente nos horários fora de ponta.

### 3.1 REGIMES DE FUNCIONAMENTO

Para análise de viabilidade avaliam-se três condições distintas de funcionamento:

- 1<sup>a</sup> regime: Sistema funcionando durante ás 8 horas em que o complexo de cinema estará aberto.
- 2<sup>a</sup> regime: Sistema funcionando continuamente.
- 3<sup>a</sup> regime: Sistema funcionando apenas no horário fora de ponta.

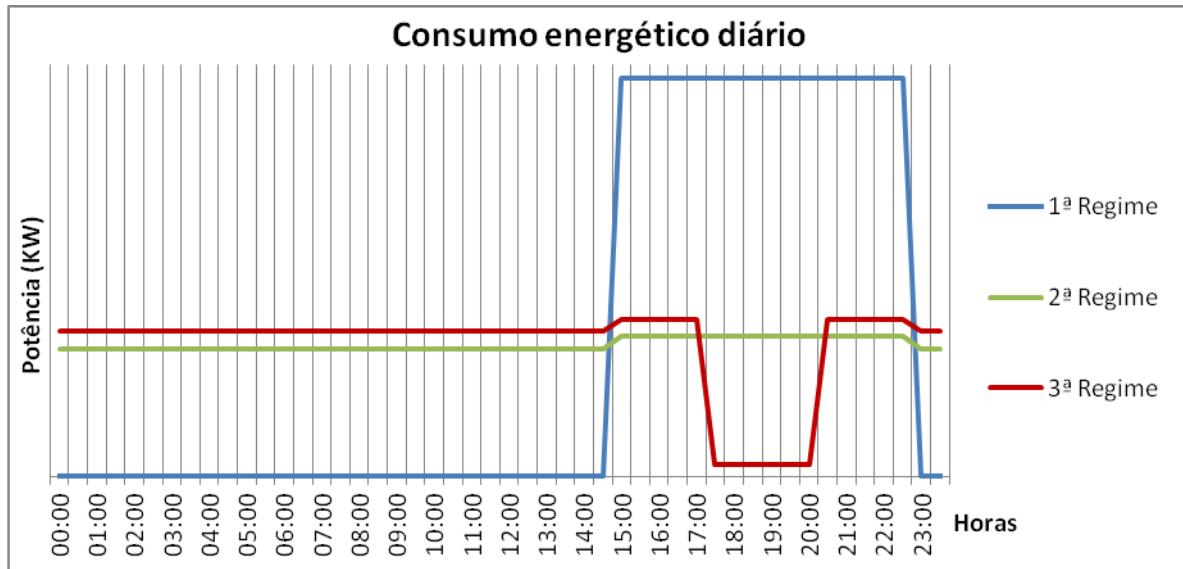


Figura 2: Potência elétrica demandada pelos sistemas de ar condicionado em função dos regimes de funcionamento.

### 3.2 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

Consideram-se quatro diferentes sistemas de ar condicionado:

- Sistema 1: Ar condicionado padrão equipado com um chiller com condensação a ar.

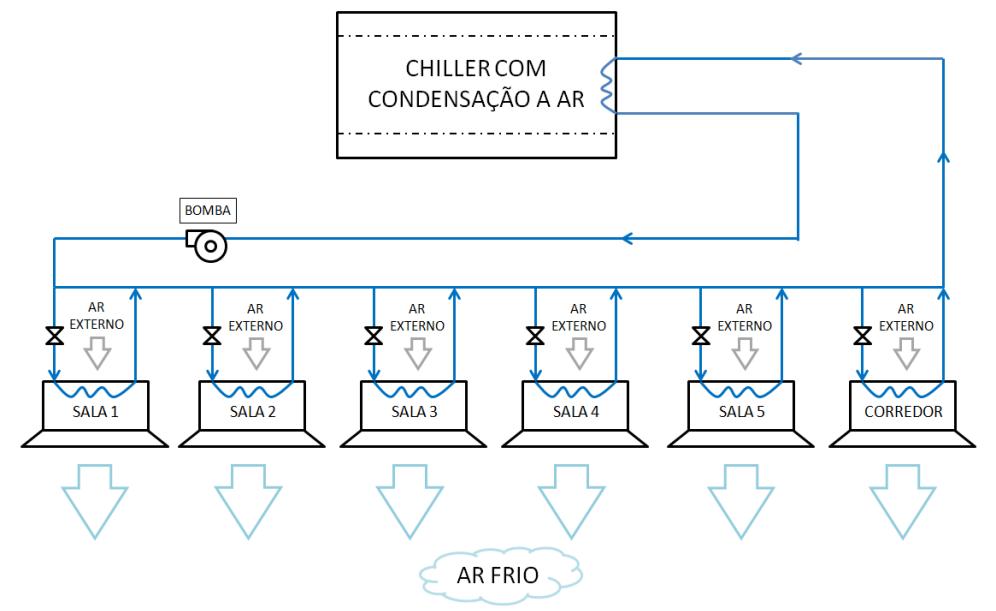


Figura 3: Sistema 1 – Condensação a ar.

- Sistema 2: Ar condicionado padrão equipado com um chiller com condensação a água.

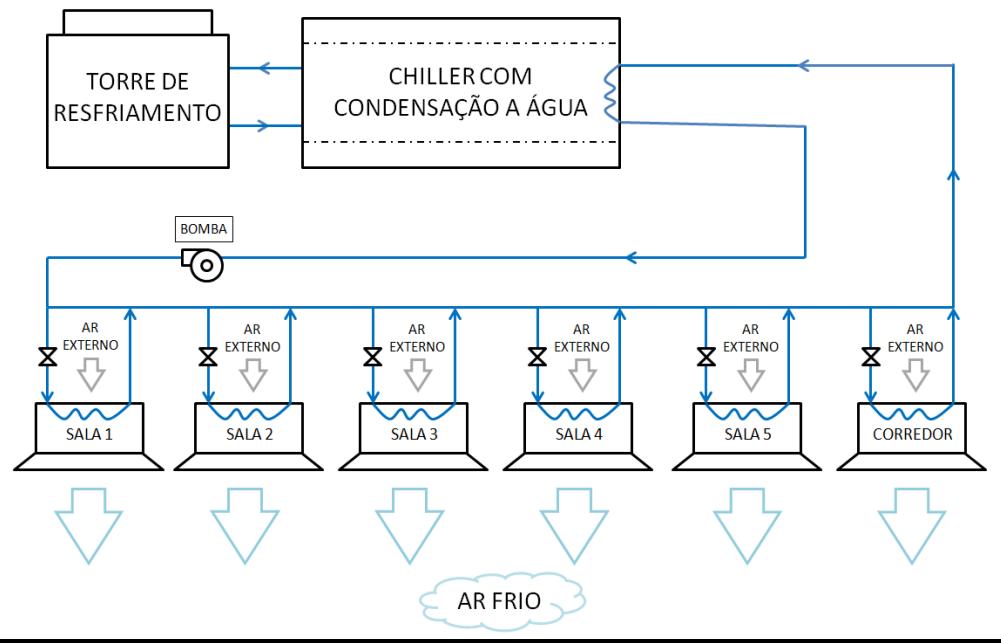


Figura 4: Sistema 2 – Condensação a água.

- Sistema 3: Ar condicionado com termo acumulação equipado com um chiller com condensação a ar.

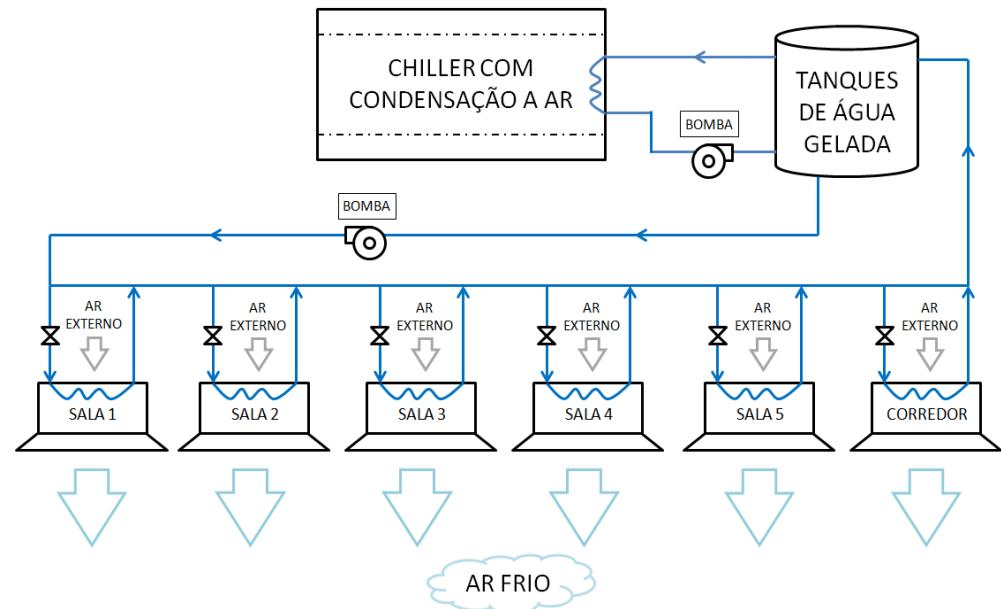


Figura 5: Sistema 3 – Termoacumulação com chiller de condensação a ar.

- Sistema 4: Ar condicionado com termo acumulação equipado com um chiller com condensação a água.

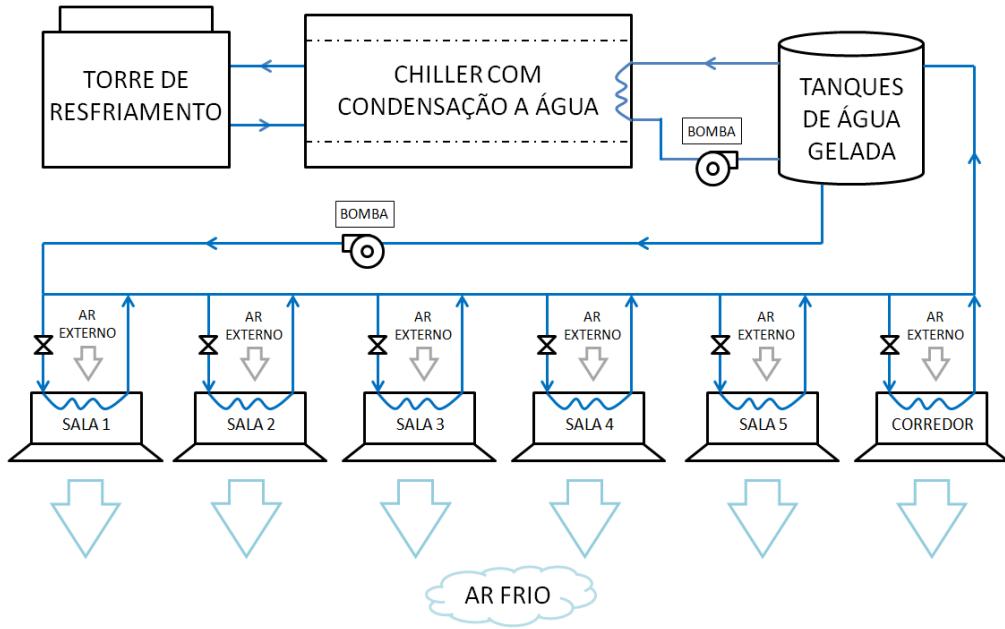


Figura 6: Sistema 4 – Termoacumulação com chiller de condensação a água.

### 3.3 CASOS AVALIADOS

Sendo assim totalizam-se seis casos para serem avaliados independentemente:

- 1º caso: Sistema de ar condicionado convencional equipado com um chiller com condensação a ar funcionando durante as 8 horas em que o complexo de cinema estará aberto.
- 2º caso: Sistema de ar condicionado convencional equipado com um chiller com condensação a água funcionando durante as 8 horas em que o complexo de cinema estará aberto.
- 3º caso: Sistema de ar condicionado com termoacumulação equipado com um chiller com condensação a ar funcionando continuamente durante as 24 horas do dia.

- 4º caso: Sistema de ar condicionado com termoacumulação equipado com um chiller com condensação a água funcionada continuamente durante as 24 horas do dia.
- 5º caso: Sistema de ar condicionado com termoacumulação equipado com um chiller com condensação a ar funcionado apenas no horário em que a tarifa de energia elétrica é menor.
- 6º caso: Sistema de ar condicionado com termoacumulação equipado com um chiller com condensação a água funcionada apenas no horário em que a tarifa de energia elétrica é menor.

#### **4 TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

O consumo de energia elétrica em uma cidade sofre grandes variações conforme o horário do dia e os meses do ano. Por isso, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) determina que as concessionárias de energia elétrica realizem uma política de cobrança diferenciada da tarifa de energia elétrica com a intenção de reduzir o pico de demanda em determinados horários do dia, como também em alguns meses do ano.

Sendo assim, no caso da EDP Escelsa, segundo informação no site da empresa, é cobrado um valor maior entre 17h30min e 20h30min e nos meses secos (maio a novembro), apenas para o comércio e indústria, já que esse grupo de consumidores possui uma maior tensão requerida devido à utilização de equipamentos mais potentes.

O estabelecimento poderá pertencer a alguns modelos tarifários específicos de acordo com a tensão utilizada no estabelecimento e escolher preferencialmente a que o custo com energia elétrica deverá ter o menor valor.

As tarifas de energia elétrica para unidades consumidoras atendidas na tensão igual ou superior a 2,3 kV são estruturadas nas seguintes formas de acordo com a Tab. 2.

**Tabela 2:** Estruturas tarifárias.

<b>ESTRUTURA TARIFÁRIA CONVENCIONAL</b>	
<b>PREÇO:</b>	<b>APLICAÇÃO:</b>
Um preço para a energia e outro para a demanda (Tarifa Binômia)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensão igual ou superior a 2,3 kV e inferior a 69 kV</li> <li>- Demanda inferior a 300 kW</li> </ul>
<b>ESTRUTURA TARIFÁRIA HORO-SAZONAL VERDE</b>	
<b>PREÇO:</b>	<b>APLICAÇÃO:</b>
<b>1. Demanda de potência ativa (kW):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Um único preço</li> </ul> <b>2. Consumo de energia elétrica ativa (kWh):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Um preço para o horário de ponta no período úmido</li> <li>b) Um preço para o horário fora da ponta no período úmido;</li> <li>c) Um preço para o horário de ponta no período seco;</li> <li>d) Um preço para o horário fora da ponta no período seco;</li> </ul>	<b>a)- Opcional:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tensão inferior a 69 kV, com manifestação formal pela opção</li> </ul>
<b>ESTRUTURA TARIFÁRIA HORO-SAZONAL AZUL</b>	
<b>PREÇO:</b>	<b>APLICAÇÃO:</b>
<b>1. Demanda de potência ativa (kW):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Um preço para o horário de ponta</li> <li>b) Um preço para o horário fora da ponta</li> </ul> <b>2. Consumo de energia elétrica ativa (kWh)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Um preço para o horário de ponta no período úmido;</li> <li>b) Um preço para o horário fora da ponta no período úmido;</li> <li>c) Um preço para o horário de ponta no período seco;</li> <li>d) Um preço para o horário fora da ponta no período seco.</li> </ul>	<b>a) Compulsória:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tensão igual ou superior a 69 kV;</li> <li>• Tensão inferior a 69 kV, com demanda igual ou superior a 300 kW, desde que não tenha optado pela estrutura tarifária horo-sazonal VERDE;</li> <li>• Tensão inferior a 69 kV, em unidade consumidora faturada na estrutura tarifária convencional que houver apresentado, nos últimos 11 (onze) ciclos de faturamento, 03 (três) registros consecutivos ou 06 (seis) alternados de demandas medidas iguais ou superiores a 300 kW;</li> </ul> <b>b) Opcional:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tensão inferior a 69 kV com demanda contratada inferior a 300 kW</li> </ul>

A estrutura tarifária HORO-SAZONAL é segmentada nos seguintes períodos:

- Horário de ponta (P): período definido pela Empresa e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da paixão, “Corpus Christi”, dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico;

- Horário fora de ponta (F): período composto pelo conjunto de horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas no horário de ponta;
- Período úmido (U): período de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte;
- Período seco (S): período de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pela leituras de maio a novembro.

No caso estudado, a utilização da energia de maneira simples (sem o sistema termoacumulador) será mais econômica em até 30% na estrutura tarifária convencional em relação à horo-sazonal, pois será consumida energia em horário de ponta. Já o sistema termoacumulador terá seu custo energético minimizado no modelo estrutural horo-sazonal verde que cobra menor tarifa durante o consumo fora do horário de pico e durante os meses úmidos.

Segundo Alzerego (2006), o complexo de cinema se encaixa no subgrupo A4 em que a tensão dimensionada está entre 2,3 e 25 kV e que de acordo com a EDP Escelsa deverá obedecer a seguinte tabela tarifária:

**Tabela 3:** Custo de energia – Quadro A.

LEGENDA TARIFA CONVENCIONAL MONÔMIA (GRUPO B) E BINÔMIA (GRUPO A)	TUSD + TE <=> (TARIFAS DE FORNECIMENTO)					
	QUADRO A					
	TUSD + TE		TUSD		TE	
SUBGRUPO	DEMANDA (R\$/kW)	ENERGIA (R\$/MWh)	DEMANDA (R\$/kW)	ENERGIA (R\$/MWh)	DEMANDA (R\$/kW)	ENERGIA (R\$/MWh)
A3a (30kV a 44 kV)	42,07	191,91	42,07	29,77	-	162,14
A4 (2,3 kV a 25 kV)	52,61	191,91	52,61	29,77	-	162,14
B1-RESIDENCIAL	-	384,28	-	222,14	-	162,14
B1-RESIDENCIAL BAIXA RENDA						
Consumo mensal até 30 kWh	-	128,96	-	72,21	-	56,75
Consumo mensal de 31 a 100 kWh	-	221,07	-	123,80	-	97,27
Consumo mensal de 101 até 220 kWh	-	331,63	-	185,69	-	145,94
Consumo mensal superior a 220 kWh	-	368,46	-	206,31	-	162,15
B2 – RURAL	-	220,59	-	127,52	-	93,07
B2 – COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	-	172,26	-	99,57	-	72,69
B2 - SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO	-	202,84	-	117,25	-	85,59
B3 - DEMAIS CLASSES	-	347,54	-	200,90	-	146,64
B4 – ILUMINAÇÃO PÚBLICA:						
B4a – Rede de Distribuição	-	183,22	-	105,91	-	77,31
B4b – Bulbo da Lâmpada	-	201,06	-	116,23	-	84,83

**Tabela 4:** Custo de energia – Quadro B.

TARIFA HORO-SAZONAL AZUL	QUADRO B					
	TUSD + TE		TUSD		TE	
	DEMANDA (R\$/kW)		DEMANDA (R\$/kW)		DEMANDA (R\$/kW)	
SUBGRUPO	PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA
A2 (88 a 138 kV)	20,99	4,86	20,99	4,86	0,00	0,00
A3 (69 kV)	30,29	7,98	30,29	7,98	0,00	0,00
A3a (30kV a 44 kV)	40,65	12,80	40,65	12,80	0,00	0,00
A4 (2,3 kV a 25 kV)	50,70	16,11	50,70	16,11	0,00	0,00

**Tabela 5:** Custo de energia – Quadro C.

TARIFA HORO- SAZONAL AZUL	QUADRO C											
	TUSD + TE				TUSD				TE			
	ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)			
	PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA	
SUBGRUPO	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA
A2 (88 a 138 kV)	304,36	275,09	189,09	172,11	29,77	29,77	29,77	29,77	274,59	245,32	159,32	142,34
A3 (69 kV)	304,36	275,09	189,09	172,11	29,77	29,77	29,77	29,77	274,59	245,32	159,32	142,34
A3a (30kV a 44 kV)	304,36	275,09	189,09	172,11	29,77	29,77	29,77	29,77	274,59	245,32	159,32	142,34
A4 (2,3 kV a 25 kV)	304,36	275,09	189,09	172,11	29,77	29,77	29,77	29,77	274,59	245,32	159,32	142,34

**Tabela 6:** Custo de energia – Quadro E.

TARIFA HORO-SAZONAL VERDE	QUADRO E		
	TUSD + TE		TUSD
	(R\$/kW)	(R\$/kW)	(R\$/kW)
A3a (30 kV a 44 kV)	12,80	12,80	0,00
A4 (2,3 kV a 25 kV)	16,11	16,11	0,00

**Tabela 7:** Custo de energia – Quadro F.

TARIFA HORO- SAZONAL VERDE	QUADRO F											
	TUSD + TE				TUSD + TUST				TE			
	ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)			
	PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA	
SUBGRUPO	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA
A3a (30kV a 44 kV)	1248,32	1219,05	189,09	172,11	973,73	973,73	29,77	29,77	274,59	245,32	159,32	142,34
A4 (2,3 kV a 25 kV)	1481,55	1452,28	189,09	172,11	1206,96	1206,96	29,77	29,77	274,59	274,59	245,32	142,34

## 5 DIMENSIONAMENTO

Para dimensionar um sistema de ar condicionado devem-se calcular algumas características do projeto para que a escolha dos equipamentos seja a mais adequada economicamente e capaz de realizar a atividade proposta, o memorial de cálculo detalhado se encontra no Apêndice A.

### 5.1 CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

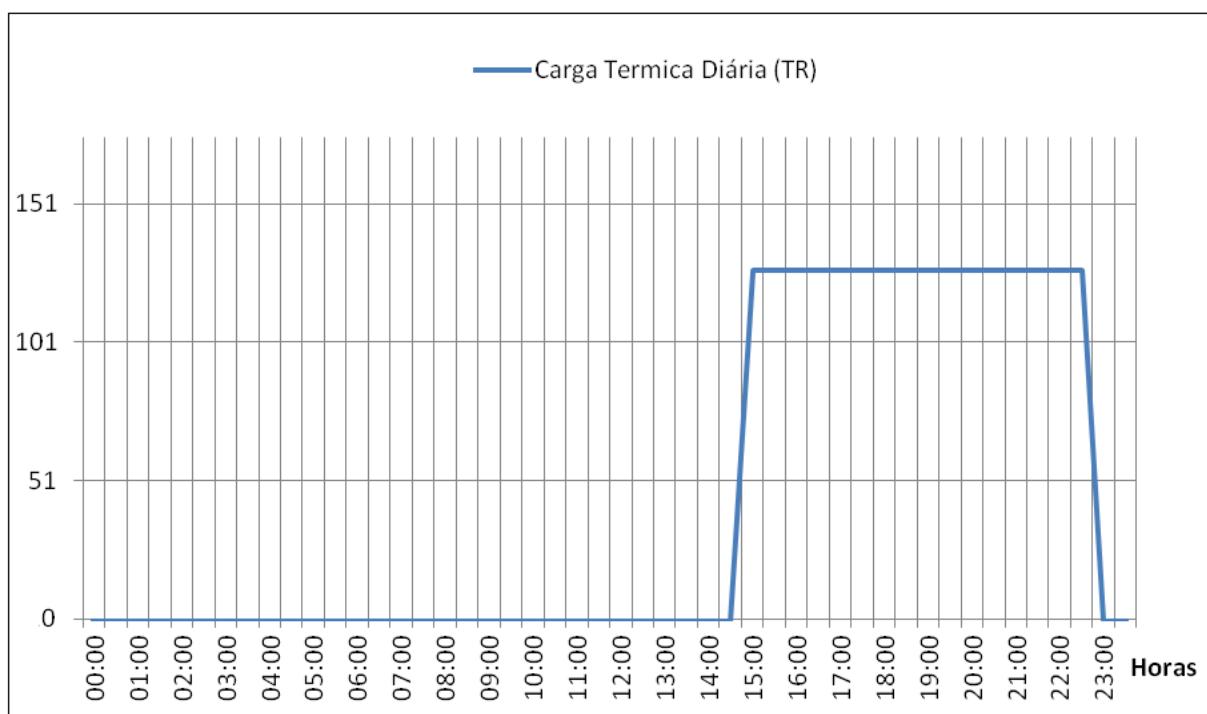


Figura 7: Carga Térmica diária.

Inicialmente estima-se a carga térmica total de um recinto. No caso de um complexo de cinema, considera-se o calor produzido pelas pessoas sentadas e a renovação do ar pelo ambiente externo. Estima-se que em cinco salas de cinema possa ter no máximo 1500 pessoas ocupando um espaço de 4000 m<sup>2</sup>.

De acordo com a norma de instalações de ar condicionado (ABNT NBR 16401), uma pessoa sentada em uma cadeira, produz em média calor equivalente a 105 W. Portanto, 1500 pessoas produziriam uma carga térmica equivalente a 157500 W.

Para a carga térmica relativa à renovação do ar externo é feita uma estimativa e considera-se uma temperatura externa média constante de um dia de verão em Vitória de 33°C com umidade relativa de 70%. Considera-se também uma temperatura interna padrão de conforto térmico segundo a norma de 24°C com umidade relativa de 50%.

De acordo com a carta psicrométrica, para o nível do mar a condição do ar externo possui entalpia equivalente a 90 kJ/kg enquanto a temperatura interna requerida possui 48 kJ/kg. Calcula-se, portanto uma diferença de 42 kJ/kg entre os dois ambientes.

Considera-se a densidade do ar a 33°C como 1,154 kg/m<sup>3</sup>, então a vazão mássica é de 24926,5 kg/h, o que proporcionaria uma carga térmica relativa à renovação do ar externo de 290809 W.

A carga térmica total do recinto é de 448309 W ou 127,27 TR.

## 5.2 VAZÃO DE AR

Para esse caso considera-se a vazão de ar mínima necessária segundo ABNT NBR 16401 como 4.950 L/s. A vazão intermediária de ar segundo a mesma norma é 6.850 L/s. Adota-se então uma vazão de ar total produzida por 12 fancoils de 6000 L/s para todo o complexo de cinema.

## 5.3 ENERGIA TÉRMICA DIÁRIA

Como o complexo de cinemas funcionaria 8 horas diárias, a energia térmica diária equivale a 12911299,2 kJ.

## 5.4 POTÊNCIA DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

Para um sistema de termoacumulação que produziria energia térmica continuamente (24h diárias) a potência do sistema de ar condicionado seria de 149436,33 W ou 42,49 TR.

No caso de um sistema de termoacumulação que acumulasse energia térmica apenas no fora de ponta (21h diárias), a potência do sistema de ar condicionado seria de 170784,38 W ou 48,56 TR.

## 5.5 DIMENSIONAMENTO DO TANQUE

Para o regime em que o sistema funciona continuamente tem-se que a energia a ser acumulada requerida é de 8.607.542,4 kJ, o calor específico da água (4,18 J/g °C), a variação de temperatura da água na entrada e na saída do tanque (9 °C), portanto o volume necessário será de 228,8 m<sup>3</sup>.

Consideram-se dois tanques de concreto armado (0,15 m de espessura na parte superior e 0,25 m na parte inferior) com uma vedação interna de borracha e uma camada externa de poliestireno expandido (0,1 m de espessura) para isolamento (reduz em 93% a perda térmica). Inicialmente, têm-se dois tanques cilíndricos de 3 m de diâmetro de base interna e 16,5 m de altura interna. Calcula-se a perda de energia térmica através das paredes do tanque e soma-se essa perda à carga térmica do recinto. Deve-se assim redimensionar o tanque.

Tem-se que a perda inferior em um tanque é de 460,079 W, enquanto a perda superior chega a 459,485 W. Sendo assim, a perda total de carga térmica nos dois tanques é de 1.839,128 W.

Calcula-se então que o tanque deveria ter um volume de 230,1 m<sup>3</sup>. Será necessário redimensionar o tanque, já que o volume proposto inicialmente suportaria esse acréscimo, sendo assim têm-se os tanques com 17,1 m de altura externa cada e com capacidade total de 233,26 m<sup>3</sup> de água gelada.

Já para o regime de funcionamento apenas fora do horário de ponta tem-se a energia requerida de 9.837.187,2 KJ e o volume interno necessário será de 262 m<sup>3</sup>.

Nesse caso, inicialmente, têm-se dois tanques de 18,5 m de altura interna e uma perda total de 2.035,54 W através de suas paredes em contato com o ambiente.

Recalcula-se então que o tanque deveria ter um volume de 263 m<sup>3</sup>. Aumenta-se em 0,2 m a altura da metade inferior, sendo assim têm-se os tanques com 19,3 m de altura externa cada e com capacidade total de 264,37 m<sup>3</sup> de água gelada.

## 5.6 VAZÃO DE ÁGUA NOS EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS

Para dimensionar o fluxo de água no tanque, calcula-se o volume de água a ser refrigerada em 24hrs, que é equivalente a 343.203,06 kg.

Para o sistema de termoacumulação que funcione de maneira contínua, tem-se uma bomba circulando essa água durante as 24hrs diárias e com uma vazão de 14.300 litros por hora.

Já no caso da termoacumulação que funcione apenas no horário fora de ponta, tem-se uma bomba para circular esse mesmo volume de água durante 21hrs diárias com sua vazão de 16.343 litros por hora.

Para resfriar o ar, deve-se circular a mesma quantidade de água pelos fancoletes durante as 8hrs em que o sistema terá que climatizar o ar. Dimensiona-se então, a vazão da bomba, que é de 42.900 litros por hora.

## 6 CUSTOS E ANÁLISE DE VIABILIDADE

Inicialmente consideram-se os investimentos iniciais de todos os sistemas, levando em conta o custo dos principais equipamentos (não considerando a montagem e o transporte), cotados e calculados segundo Anexo A:

- Chillers;
- Tanque de água gelada;
- Moto bombas hidráulicas;
- Fancoil;
- Torre de resfriamento.

Em seguida calcula-se o consumo de energia elétrica de cada equipamento em cada caso específico e o custo dessa energia consumida no seu determinado horário, segundo o modelo tarifário respectivo. Os cálculos estão no Apêndice B.

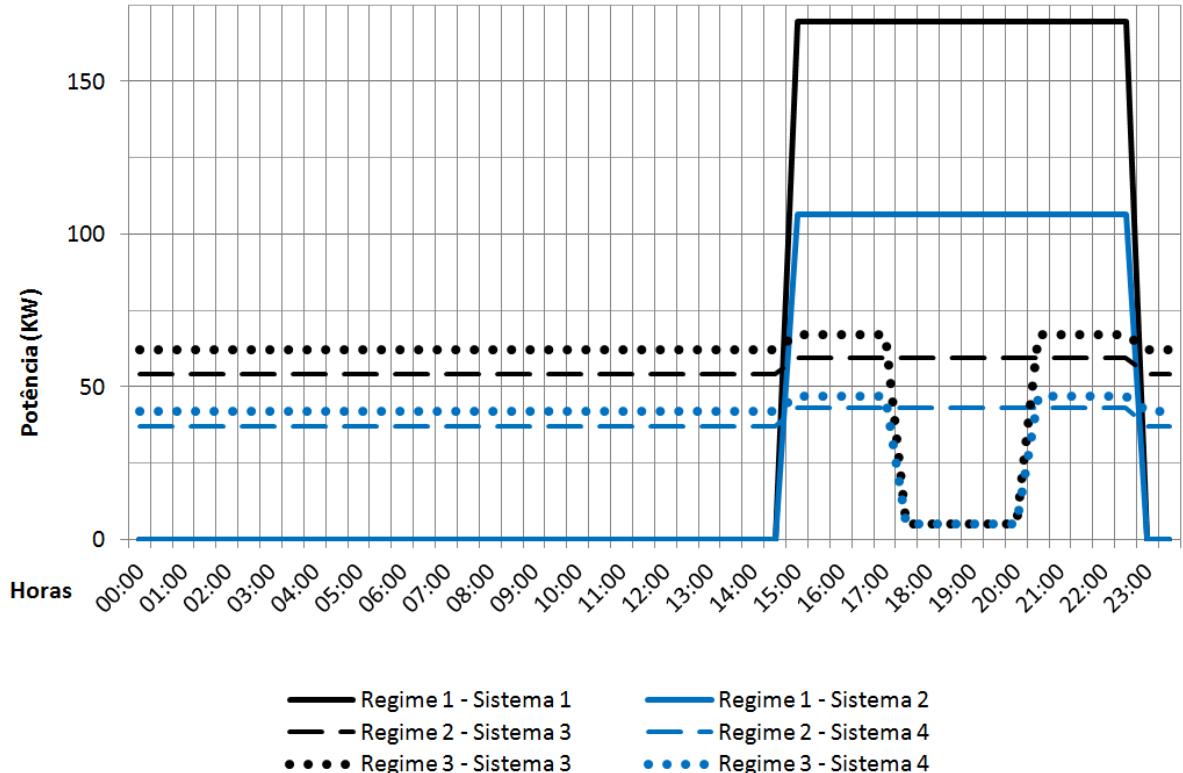


Figura 8: Consumo energético diário.

Obtendo o custo do investimento inicial do sistema e o custo anual com energia elétrica dos equipamentos criam-se então dois comparativos, um entre os

casos que possuem o sistema de condensação em comum, outro em que os regimes de funcionamento são os mesmos.

Para a primeira comparação monta-se um fluxo de caixa (Apêndice C) com a diferença entre os sistemas de termoacumulação e os sistemas de ar condicionado padrão:

1º FC: Diferença entre o 1º caso e o 3º caso.

2º FC: Diferença entre o 1º caso e o 5º caso.

3º FC: Diferença entre o 2º caso e o 4º caso.

4º FC: Diferença entre o 2º caso e o 6º caso.

Em seguida analisam-se os investimentos calculando a taxa interna de retorno (TIR) avaliada em 20 anos, tempo mínimo da vida útil de um chiller, o valor presente líquido (VPL) entre os investimentos com uma projeção também de 20 anos e por fim o Payback para saber em quanto tempo terá retorno o investimento em termoacumulação, de acordo com as tabelas 8 e 9:

**Tabela 8:** Análise econômica dos investimentos de condensação a ar.

Regime \ Custo	Inicial	Anual	
Sistema convencional	R\$ 247.280,00	R\$ 201.973,61	
Terмоacumulação (24h)	R\$ 298.855,58	R\$ 182.557,51	
Terмоacumulação (21h)	R\$ 317.707,06	R\$ 108.168,56	
Análise de investimento em relação ao sistema convencional	TIR (20 anos)	VPL (10% a.a.)	Payback Descontado
Terмоacumulação (24h)	38%	R\$ 113.724,62	3,20 anos
Terмоacumulação (21h)	133%	R\$ 728.188,23	0,83 anos

**Tabela 9:** Análise econômica dos investimentos de condensação a água.

Regime \ Custo	Inicial	Anual	
Sistema convencional	R\$ 214.351,00	R\$ 127.007,51	
Terмоacumulação (24h)	R\$ 275.455,58	R\$ 128.465,28	
Terмоакумулация (21h)	R\$ 294.307,06	R\$ 76.799,87	
Análise de investimento em relação ao sistema convencional	TIR (20 anos)	VPL (10% a.a.)	Payback Descontado
Terмоакумулация (24h)	Sem retorno	Sem retorno	Sem retorno
Terмоакумулация (21h)	63%	R\$ 347.489,95	1,83 anos

Já para a segunda comparação o fluxo de caixa (Apêndice C) é feito com a diferença entre os sistemas de mesmo regime de funcionamento:

5º FC: Diferença entre o 1º caso e o 2º caso.

6º FC: Diferença entre o 3º caso e o 4º caso.

7º FC: Diferença entre o 5º caso e o 6º caso.

Como os casos de condensação a água têm investimentos iniciais mais baratos e os custos anuais com energia elétrica menores, só será possível dimensionar essa diferença através do VPL, mostrado nas tabelas 10, 11 e 12:

**Tabela 10:** Análise econômica dos investimentos no regime 1 – Sistema Convencional.

Custos Casos	Inicial	Anual
Condensação a ar	R\$ 247.280,00	R\$ 201.973,61
Condensação a água	R\$ 214.351,00	R\$ 127.007,51
Análise de investimento entre os casos		VPL (10% a.a.) R\$ 671.157,63

**Tabela 11:** Análise econômica dos investimentos no regime 2 – Termoacumulação 24 h.

Custos Casos	Inicial	Anual
Condensação a ar	R\$ 298.855,58	R\$ 182.557,51
Condensação a água	R\$ 275.455,58	R\$ 128.465,28
Análise de investimento entre os casos		VPL (10% a.a.) R\$ 483.917,60

**Tabela 12:** Análise econômica dos investimentos no regime 3 – Termoacumulação 21 h.

Custos Casos	Inicial	Anual
Condensação a ar	R\$ 317.707,06	R\$ 108.168,56
Condensação a água	R\$ 294.307,06	R\$ 76.799,87
Análise de investimento entre os casos		VPL (10% a.a.) R\$ 290.459,35

## 7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Todos os sistemas de termoacumulação de água gelada propostos para o complexo de cinemas proporcionam um maior consumo energético diário, como também necessitam de um maior investimento inicial e de maior espaço físico.

Porém, no caso da condensação a ar ele se demonstrou viável economicamente quando a energia for consumida ao longo de todo o dia e ainda mais rentável quando os principais equipamentos atuaram apenas no momento em que a tarifa cobrada é menor.

Já no estudo envolvendo a condensação a água, seria viável a utilização de termoacumulação somente no caso em que o sistema de ar condicionado é interrompido durante as três horas em que a tarifa cobrada é maior. Se o equipamento funcionar durante todo o dia, o sistema termoacumulador demonstrou ser ineficiente, pois a tarifa de energia elétrica será maior do que um sistema comum no qual se adota uma estrutura tarifária que não se modifica conforme o horário, chamada convencional.

Utilizando como base as especificações modeladas nesse trabalho, o regime das instalações de termoacumulação que funcionam apenas fora do horário de pico é a mais acessível, em que os investimentos em ar condicionado são mais econômicos.

A instalação de termoacumulação demonstra-se mais rentável em relação à instalação convencional de ar condicionado considerando a condensação a ar, já que o consumo de energia elétrica dos equipamentos nesse caso é maior. Isso evidencia ainda mais a principal vantagem do sistema termoacumulador.

Porém todos os casos em que se utiliza a condensação a água têm, tanto o seu investimento inicial quanto seu custo anual com energia elétrica menores do que os respectivos casos que empregam a condensação a ar. Nesses casos deve-se destacar a presença de uma torre de resfriamento e a adição de um circuito de água, o que necessita de um maior espaço físico de instalação.

Portanto conclui-se que o caso mais viável economicamente, é aquele em que se utiliza a condensação a água e que termoacumulação durante as 21 horas em que não é cobrada uma taxa extra de consumo energético.

Seria interessante realizar uma análise mais completa dos sistemas utilizando softwares adequados para o cálculo da carga térmica, variando em função do horário do dia e dos meses do ano e considerando outros componentes como dispositivos de controle, o custo de manutenção dos equipamentos, instalações de dutos e redes hidráulicas.

Pode-se avaliar também a instalação do sistema de termoacumulação em outros meios comerciais, em que são cobradas tarifas mais caras em horário de ponta, tais como: templos religiosos, shoppings, teatros, bares, casas noturnas, entre outros.

Nesses estabelecimentos comerciais, é importante destacar possibilidade da utilização da água dos tanques de termoacumulação no sistema de combate a incêndios, como a utilização de chuveiros automáticos do tipo sprinkler, por exemplo. As leis e normas de combate a incêndio são regionais, cada Estado tem sua regulamentação própria a respeito de incêndio. Após o acidente na boate do Rio Grande do Sul, será bem provável a criação de uma legislação nacional para combate a incêndio e esse tipo de sistema poderá ser obrigatório no Brasil, como já é nos estados de São Paulo e Brasília e em países, como nos Estados Unidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 QUEIROZ, Patrícia Valéria Sathler de. Dissertação de mestrado, PUC-Rio. **Mensuração do consumo de energia elétrica: algoritmo para detecção de potenciais usuários de termoacumulação como alternativa para deslocamento de carga**, cap. 4, Termoacumulação: alternativa tecnológica para eficiência energética. Rio de Janeiro, 2011.
- 2 CHUMIOQUE, José Jaime Ravelo. Dissertação de mestrado, PUC-Rio. **Simulação de um sistema de refrigeração com termoacumulação operando em regime transiente**. Rio de Janeiro, 2004.
- 3 FEDALTO, André Luis. Monografia, UFRGS. **Dimensionamento de um termoacumulador de água gelada para um sistema de refrigeração visando à diminuição dos gastos com energia elétrica**. Porto Alegre, 2010.
- 4 BIAZIN, Juliana e FORTES, Adriano. Monografia, UCSal. **Estudo comparativo entre reservatórios de concreto armado, fibra de vidro e polietileno**. Salvador, 2010.
- 5 AZEREDO, Jelbener Vinícius dos Santos. Projeto de Graduação. **Requisitos e Possibilidades de Sistemas de Emergência de Alta Potência**. Vitória, 2006
- 6 ABNT NBR 16401-1, 2008. **Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários**.
- 7 EDP ESCELSA - ESPÍRITO SANTO CENTRAIS ELÉTRICAS SA. **Serviço de utilidade e pesquisa**. 2013. Disponível em: [www.escelsa.com.br/energia](http://www.escelsa.com.br/energia)

## APÊNDICE A - [MEMÓRIA DE CÁLCULOS]

### Vazão de ar

Capacidade: 1500 pessoas

Área: 4000 m<sup>2</sup>

Vazão de cada fancoil: 530 l/s

Vazão mínima (l/s):

$$(4000 * 0,3) + (1500 * 2,5) = 4950$$

Vazão intermediária (l/s):

$$(4000 * 0,4) + (1500 * 3,5) = 6850$$

Adota-se uma vazão de 6000 l/s.

Número de fancoils:

$$\frac{6000}{530} = 11,32$$

Adotam-se 12 fancoils, 2 para cada ambiente.

### Carga térmica

Capacidade: 1500 pessoas

Condição do ar externo: u.r. = 70%; TBS = 33°C; H = 90 kJ/kg; ρ = 1,154 kg/m<sup>3</sup>

Condição de conforto térmico: u.r. = 50%; TBS = 24°C; h = 48 kJ/kg

Vazão de ar: 21600m<sup>3</sup>/h

Carga produzida pelas pessoas sentadas (W):

$$105 * 1500 = 157500 \quad (a)$$

Vazão mássica (kg/h):

$$1,154 * 21600 = 24926,4$$

Carga produzida pela renovação do ar externo (kj/h):

$$24926,4 * (90 - 48) = 1046908,8$$

Carga produzida pela renovação do ar externo (W):

$$\frac{1046908,8}{3,6} = 290809 \quad (\text{b})$$

Carga térmica total (W):

$$(\text{a}) + (\text{b}) = 157500 + 290809 = 448309 \quad (\text{c})$$

Carga térmica total (TR):

$$\frac{(\text{c})}{3522,5} = \frac{448309}{3522,5} = 127,27 \quad (\text{d})$$

### Potência dos sistemas de ar condicionado

Funcionamento do complexo de cinema: 8 horas

Potência do sistema de ar condicionado no 2º regime - 24 horas (W):

$$(\text{c}) * \left(\frac{8}{24}\right) = 448309 * \left(\frac{8}{24}\right) = 149436,33 \quad (\text{e})$$

Potência do sistema de ar condicionado no 2º regime - 24 horas (TR):

$$(\text{d}) * \left(\frac{8}{24}\right) = 127,27 * \left(\frac{8}{24}\right) = 42,49$$

Potência do sistema de ar condicionado no 3º regime - 21 horas (W):

$$(\text{c}) * \left(\frac{8}{21}\right) = 448309 * \left(\frac{8}{21}\right) = 170784,38 \quad (\text{f})$$

Potência do sistema de ar condicionado no 3º regime - 21 horas (TR):

$$(\text{d}) * \left(\frac{8}{21}\right) = 127,27 * \left(\frac{8}{21}\right) = 48,56$$

### Dimensionamento do tanque

Variação de temperatura da água na entrada e na saída do tanque:  $\Delta T = 9^\circ\text{C}$

Espessura do concreto:  $ec = 0,15 \text{ m}$  na parte superior;  $EC = 0,25 \text{ m}$  na parte inferior.

Espessura da camada externa de poliestireno expandido:  $ep = EP = 0,1 \text{ m}$

Condição da água:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $c = 4,18 \text{ J/g°C}$ ;  $T = 8,5^\circ\text{C}$ ;  $hw = 1.000 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Condição do ar ao redor do tanque:  $T = 25^\circ\text{C}$ ;  $ha = 8,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Coeficiente de condução da parede de concreto com vedação:  $Kc = 1,75 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Coeficiente de condução do poliestireno expandido:  $Kp = 0,029 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Energia térmica diária (kWh):

$$\left( \frac{(c)}{1000} \right) * 8 = 448,309 * 8 = 3586,472 \quad (g)$$

Diferencial entre a energia térmica diária e a produção de energia térmica do sistema de termoacumulação proposto no 2º regime (kJ):

$$\left( (g) - \left[ \frac{(e)}{1000} * 8 \right] \right) * 3600 = [3586,472 - (149,436 * 8)] * 3600 = 8607542,4 \quad (h)$$

Volume de água necessária para o 2º regime (m³):

$$\frac{(h)}{(1000 * 4,18 * 9)} = \frac{8607542,4}{(1000 * 4,18 * 9)} = 228,8$$

Inicialmente, têm-se dois tanques cilíndricos de 3 m de diâmetro de base interna e 16,5 m de altura interna.

Áreas das camadas da parte inferior dos tanques para o 2º regime (m²):

$$A1 = 82,47; A2 = 91,25; A3 = 104,05; A4 = 107,81$$

Cálculo das temperaturas e da perda inferiores (2º regime):

$$\begin{cases} w = 1000 * 82.47 * (t1 - 8.5) \\ w = (1.75 * 91.25 * (t2 - t1)) / 0.25 \\ w = (0.029 * 104.05 * (t3 - t2)) / 0.1 \\ w = 8.1 * 107.81 * (25 - t3) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} t1 &= 8,51^\circ\text{C} \\ t2 &= 9,23^\circ\text{C} \\ t3 &= 24,47^\circ\text{C} \\ w &= 460,079 \text{ W} \quad (i) \end{aligned}$$

Áreas das camadas da parte superior dos tanques para o 2º regime (m²):

$$A1 = 87,18; A2 = 92,65; A3 = 102,00; A4 = 105,83$$

Cálculo das temperaturas e da perda superiores (2º regime):

$$\begin{cases} w = 1000 * 87.18 * (t_1 - 8.5) \\ w = (1.75 * 92.65 * (t_2 - t_1)) / 0.15 \\ w = (0.029 * 102.00 * (t_3 - t_2)) / 0.1 \\ w = 8.1 * 105.83 * (25 - t_3) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} t_1 &= 8,51^\circ\text{C} \\ t_2 &= 8,93^\circ\text{C} \\ t_3 &= 24,46^\circ\text{C} \\ w &= 459,485 \text{ W} \quad (\text{j}) \end{aligned}$$

Perda total dos tanques para o 2º regime (W):

$$[(\text{i}) + (\text{j})] * 2 = (460,079 + 459,485) * 2 = 1839,128 \quad (\text{k})$$

Energia térmica diária redimensionada para o 2º regime (kWh):

$$\left( (\text{c}) + (\text{k}) / 1000 \right) * 8 = 450,148 * 8 = 3600,12 \quad (\text{l})$$

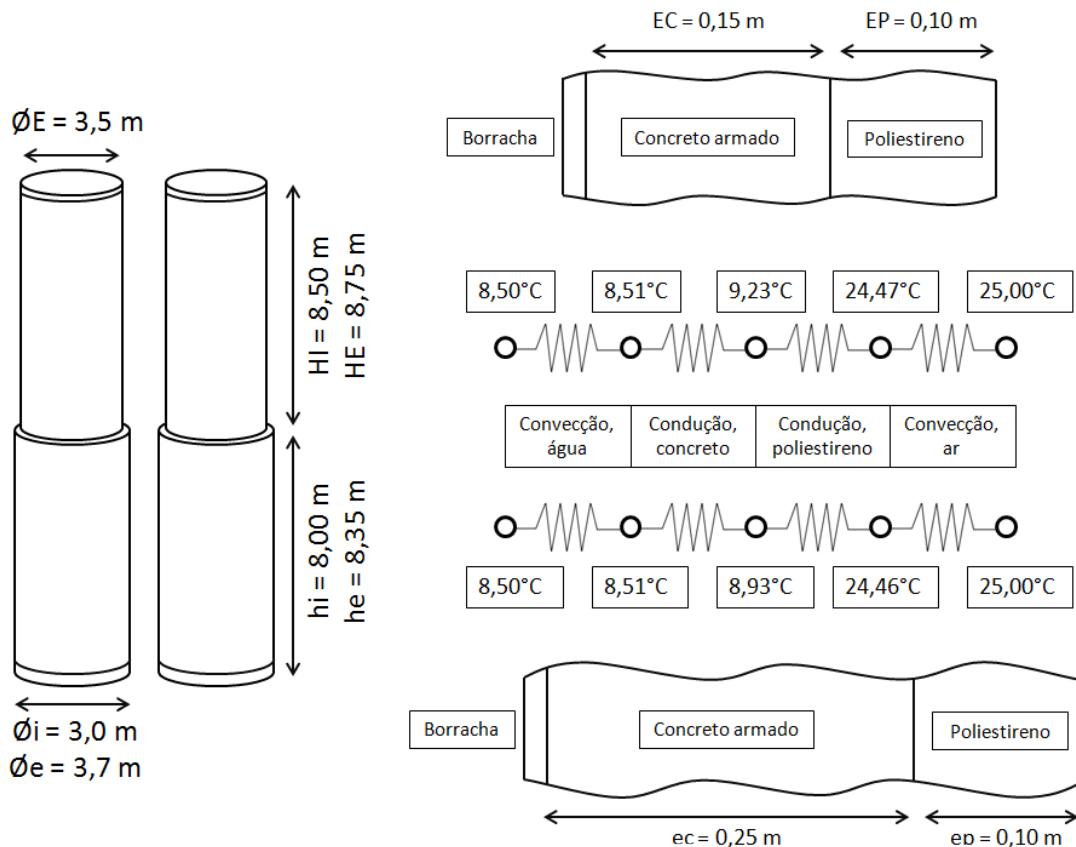
Diferencial redimensionado entre a energia térmica diária e a produção de energia térmica do sistema de termoacumulação proposto no 2º regime (kJ):

$$\left( (\text{l}) - \left[ (\text{f}) / 1000 * 8 \right] \right) * 3600 = [3600,12 - (149,436 * 8)] * 3600 = 8656675,2 \quad (\text{m})$$

Volume de água necessária redimensionado para o 2º regime (m³):

$$(\text{m}) / (1000 * 4,18 * 9) = 8656675,2 / (1000 * 4,18 * 9) = 230,1$$

Não será necessário redimensionar os tanques, já que o volume proposto inicialmente suportaria esse acréscimo, sendo assim têm-se os tanques com 17,1 m de altura externa cada e com capacidade total de 233,26 m³ de água gelada.



Diferencial entre a energia térmica diária e a produção de energia térmica do sistema de termoacumulação proposto no 3º regime (kJ):

$$\left( (g) - \left[ \frac{(e)}{1000} * 5 \right] \right) * 3600 = [3586,472 - (170,784 * 5)] * 3600 = 9837187,2 \quad (n)$$

Volume de água necessário para o 3º regime ( $\text{m}^3$ ):

$$(n) / (1000 * 4,18 * 9) = 9837187,2 / (1000 * 4,18 * 9) = 262$$

Inicialmente, têm-se dois tanques cilíndricos de 3 m de diâmetro de base interna e 18,5 m de altura interna.

Áreas das camadas da parte inferior dos tanques para o 3º regime ( $\text{m}^2$ ):

$$A1 = 91,89; A2 = 101,46; A3 = 115,36; A4 = 119,44$$

Cálculo das temperaturas e da perda inferiores (3º regime):

$$\begin{cases} w = 1000 * 91,89 * (t_1 - 8,5) \\ w = (1,75 * 101,46 * (t_2 - t_1)) / 0,25 \\ w = (0,029 * 115,36 * (t_3 - t_2)) / 0,1 \\ w = 8,1 * 119,44 * (25 - t_3) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} t_1 &= 8,51^\circ\text{C} \\ t_2 &= 9,22^\circ\text{C} \\ t_3 &= 24,47^\circ\text{C} \\ w &= 510,12 \text{ W} \quad (\text{o}) \end{aligned}$$

Áreas das camadas da parte superior dos tanques para o 3º regime (m²):

$$A_1 = 96,60; A_2 = 102,55; A_3 = 112,69; A_4 = 116,83$$

Cálculo das temperaturas e da perda superiores (3º regime):

$$\begin{cases} w = 1000 * 96,60 * (t_1 - 8,5) \\ w = (1,75 * 102,55 * (t_2 - t_1)) / 0,15 \\ w = (0,029 * 112,69 * (t_3 - t_2)) / 0,1 \\ w = 8,1 * 116,83 * (25 - t_3) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} t_1 &= 8,51^\circ\text{C} \\ t_2 &= 8,93^\circ\text{C} \\ t_3 &= 24,46^\circ\text{C} \\ w &= 507,65 \text{ W} \quad (\text{p}) \end{aligned}$$

Perda total dos tanques para o 3º regime (W):

$$[(\text{o}) + (\text{p})] * 2 = (510,12 + 507,65) * 2 = 2035,54 \quad (\text{q})$$

Energia térmica diária redimensionada para o 3º regime (kWh):

$$\left( (\text{c}) + (\text{q}) / 1000 \right) * 8 = 450,345 * 8 = 3602,76 \quad (\text{r})$$

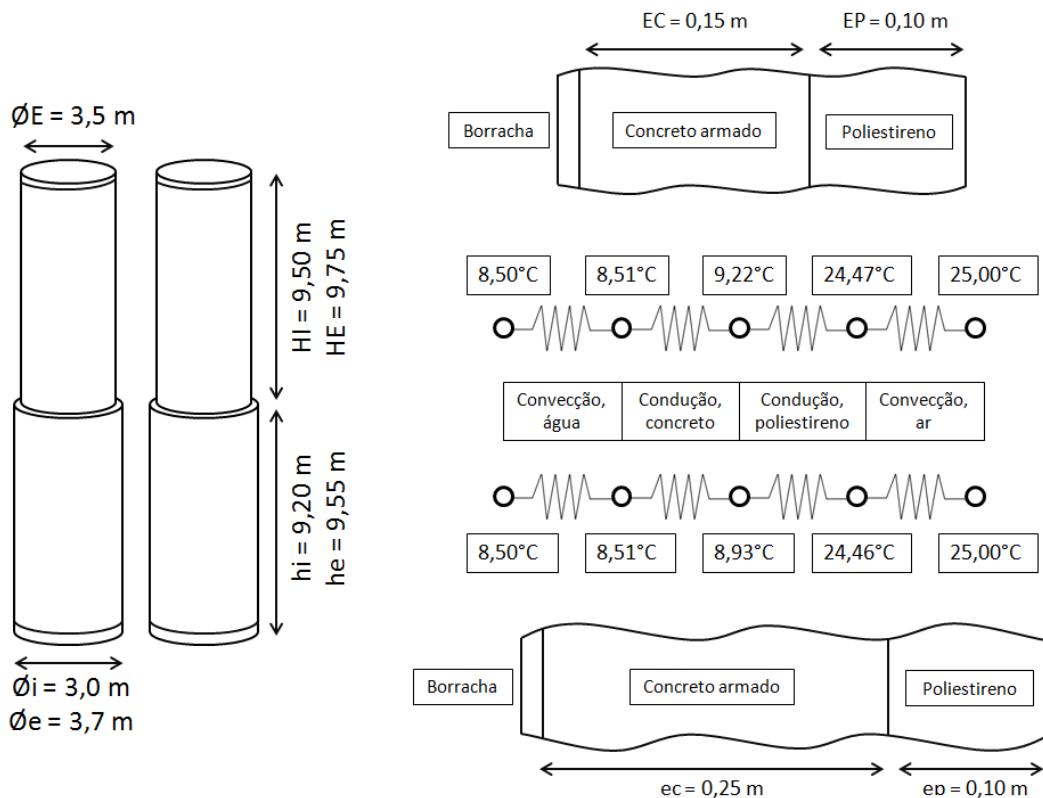
Diferencial redimensionado entre a energia térmica diária e a produção de energia térmica do sistema de termoacumulação proposto no 3º regime (kJ):

$$\left( (\text{r}) - \left[ (\text{f}) / 1000 * 5 \right] \right) * 3600 = [3602,76 - (170,784 * 5)] * 3600 = 9895810,75 \quad (\text{s})$$

Volume de água necessária redimensionado para o 3º regime (m³):

$$(\text{s}) / (1000 * 4,18 * 9) = 9895810,75 / (1000 * 4,18 * 9) = 263$$

Aumenta-se em 0,2 m a altura da metade inferior, sendo assim têm-se os tanques com 19,3 m de altura externa cada e com capacidade total de 264,37 m<sup>3</sup> de água gelada.



### Vazão nas bombas

Energia térmica diária (kJ):

$$(c) * 8 * 3600 = 448309 * 8 * 3600 = 12911299,2 \quad (t)$$

Volume de água a ser refrigerada em um dia (l):

$$\frac{(t)}{(1 * 4,18 * 9)} = \frac{12911299,2}{(1 * 4,18 * 9)} = 343203,06 \quad (u)$$

Vazão da bomba de recirculação do sistema de termoacumulação no 2º regime (l/h):

$$\frac{(u)}{24} = \frac{343203,06}{24} = 14300$$

Vazão da bomba de recirculação do sistema de termoacumulação no 3º regime (l/h):

$$(u)_{21} = 343203,06 / 21 = 16343$$

Vazão da bomba de recirculação do sistema de distribuição de água para os fancoils (l/h):

$$(u)_8 = 343203,06 / 8 = 42900$$

## APÊNDICE B - [CÁLCULOS DAS DESPESAS COM ENERGIA ELÉTRICA]

**Considera-se para o 1º e 2º casos a tarifa abaixo:**

Custo tarifário - Consumo de energia (R\$/MWh)*
191,91

Custo tarifário - Demanda de potência (R\$/kW)*
52,61

\*Considerando a tarifa convencional do subgrupo A4.

### **1º caso (regime 1 e sistema 1)**

#### **Chiller**

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5

Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151

Potência instalada (kW)	164,264
Potência instalada (MW)	0,164264

Custo dos meses secos (R\$/mês)	7709,85
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	7616,18

Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	8641,93
--	---------

Custo anual (R\$/ano)	195752,95
-----------------------	-----------

### Bomba 3

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Potência instalada (kW)	2,94
Potência instalada (MW)	0,00294
Custo dos meses secos (R\$/mês)	137,99
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	136,31
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	154,67
Custo anual (R\$/ano)	3503,59

### 12 fancoils

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Potência instalada (kW)	2,28
Potência instalada (MW)	0,00228
Custo dos meses secos (R\$/mês)	107,01
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	105,71
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	119,95
Custo anual (R\$/ano)	2717,07

## 2º caso (regime 1 e sistema 2)

### Chiller

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Potência instalada (kW)	95,837
Potência instalada (MW)	0,095837
Custo dos meses secos (R\$/mês)	4498,18
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	4443,53
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	5041,98
Custo anual (R\$/ano)	114208,68

### Bomba 3

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Potência instalada (kW)	2,94
Potência instalada (MW)	0,00294
Custo dos meses secos (R\$/mês)	137,99
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	136,31
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	154,67
Custo anual (R\$/ano)	3503,59

## 12 fancools

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Potência instalada (kW)	2,28
Potência instalada (MW)	0,00228
Custo dos meses secos (R\$/mês)	107,01
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	105,71
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	119,95
Custo anual (R\$/ano)	2717,07

## Torre de resfriamento

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Potência instalada (kW)	5,52
Potência instalada (MW)	0,00552
Custo dos meses secos (R\$/mês)	259,09
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	255,94
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	290,41
Custo anual (R\$/ano)	6578,17

**Considera-se para o 3º, 4º, 5º e 6º casos a tarifa abaixo:**

Custo tarifário - Consumo de energia (R\$/MWh)*			
Ponta		Fora de ponta	
Seca	Úmida	Seca	Úmida
1481,55	1452,28	189,09	172,11

Custo tarifário - Demanda de potência (R\$/kW)*
16,11

\*Considerando a tarifa horo-sazonal verde e o subgrupo A4.

### 3º caso (regime 2 e sistema 3)

#### Chiller

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	21
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	52,04
Potência instalada (MW)	0,05204
Custo dos meses secos (R\$/mês)	13434,48
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	12412,16
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	838,36
Custo anual (R\$/ano)	166162,53

**Bomba 1**

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	21
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,2
Potência instalada (MW)	0,0022
Custo dos meses secos (R\$/mês)	567,94
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	524,73
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	35,44
Custo anual (R\$/ano)	7024,55

**Bomba 3**

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,94
Potência instalada (MW)	0,00294
Custo dos meses secos (R\$/mês)	403,19
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	377,38
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	47,36
Custo anual (R\$/ano)	5277,60

## 12 fancoils

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,28
Potência instalada (MW)	0,00228
Custo dos meses secos (R\$/mês)	312,68
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	292,66
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	36,73
Custo anual (R\$/ano)	4092,83

## 4º caso (regime 2 e sistema 4)

### Chiller

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	21
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	32,159
Potência instalada (MW)	0,032159
Custo dos meses secos (R\$/mês)	8302,06
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	7670,31
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	518,08
Custo anual (R\$/ano)	102682,95

### Bomba 1

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	21
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,2
Potência instalada (MW)	0,0022
Custo dos meses secos (R\$/mês)	567,94
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	524,73
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	35,44
Custo anual (R\$/ano)	7024,55

### Bomba 3

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,94
Potência instalada (MW)	0,00294
Custo dos meses secos (R\$/mês)	403,19
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	377,38
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	47,36
Custo anual (R\$/ano)	5277,60

## 12 fancoils

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,28
Potência instalada (MW)	0,00228
Custo dos meses secos (R\$/mês)	312,68
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	292,66
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	36,73
Custo anual (R\$/ano)	4092,83

## Torre de resfriamento

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	21
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,94
Potência instalada (MW)	0,00294
Custo dos meses secos (R\$/mês)	758,98
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	701,23
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	47,36
Custo anual (R\$/ano)	9387,35

### 5º caso (regime 3 e sistema 3)

#### Chiller

Horas de ponta	0
Horas fora de ponta	21
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Potência instalada (kW)	59,374
Potência instalada (MW)	0,059374
Custo dos meses secos (R\$/mês)	7207,75
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	6480,80
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	956,52
Custo anual (R\$/ano)	94336,46

#### Bomba 2

Horas de ponta	0
Horas fora de ponta	21
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,2
Potência instalada (MW)	0,0022
Custo dos meses secos (R\$/mês)	349,44
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	318,06
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	35,44
Custo anual (R\$/ano)	4461,67

### Bomba 3

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,94
Potência instalada (MW)	0,00294
Custo dos meses secos (R\$/mês)	403,19
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	377,38
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	47,36
Custo anual (R\$/ano)	5277,60

### 12 fancoils

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,28
Potência instalada (MW)	0,00228
Custo dos meses secos (R\$/mês)	312,68
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	292,66
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	36,73
Custo anual (R\$/ano)	4092,83

## 6º caso (regime 3 e sistema 4)

### Chiller

Horas de ponta	0
Horas fora de ponta	21
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Potência instalada (kW)	36,691
Potência instalada (MW)	0,036691
Custo dos meses secos (R\$/mês)	4454,13
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	4004,90
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	591,09
Custo anual (R\$/ano)	58296,54

### Bomba 2

Horas de ponta	0
Horas fora de ponta	21
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,2
Potência instalada (MW)	0,0022
Custo dos meses secos (R\$/mês)	349,44
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	318,06
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	35,44
Custo anual (R\$/ano)	4461,67

### Bomba 3

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,94
Potência instalada (MW)	0,00294
Custo dos meses secos (R\$/mês)	403,19
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	377,38
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	47,36
Custo anual (R\$/ano)	5277,60

### 12 fancools

Horas de ponta	3
Horas fora de ponta	5
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Dias em que não são cobradas as horas de ponta (S, D e feriados)	
Dias secos (mai-nov)	66
Dias úmidos (dez-abr)	49
Potência instalada (kW)	2,28
Potência instalada (MW)	0,00228
Custo dos meses secos (R\$/mês)	312,68
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	292,66
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	36,73
Custo anual (R\$/ano)	4092,83

### Torre de resfriamento

Horas de ponta	0
Horas fora de ponta	21
Dias secos (mai-nov)	214
Dias úmidos (dez-abr)	151
Potência instalada (kW)	2,94
Potência instalada (MW)	0,00294
Custo dos meses secos (R\$/mês)	356,90
Custo dos meses úmidos (R\$/mês)	320,91
Custo pela demanda de potência (R\$/mês)	47,36
Custo anual (R\$/ano)	4671,22

## APÊNDICE C - [FLUXO DE CAIXA]

Ano	1º FC	2º FC	3º FC	4º FC	5º FC	6º FC	7º FC
0	-R\$ 51.575,58	-R\$ 70.427,06	-R\$ 61.104,58	-R\$ 79.956,06	R\$ 32.929,00	R\$ 23.400,00	R\$ 23.400,00
1	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
2	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
3	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
4	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
5	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
6	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
7	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
8	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
9	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
10	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
11	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
12	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
13	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
14	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
15	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
16	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
17	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
18	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
19	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69
20	R\$ 19.416,10	R\$ 93.805,05	-R\$ 1.457,77	R\$ 50.207,65	R\$ 74.966,10	R\$ 54.092,22	R\$ 31.368,69

## ANEXO A - [CUSTO DOS PRINCIPAIS COMPONENTES]

### BOMBAS

Item	Quant.	Descrição	Preço Unitario	Preço Total
01	01	Bomba centrifuga marca Schneider modelo BC-92S-2.1/2 de 3.0cv, 220/380volts trifasica, sucção de 2.1/2" e recalque de 2.1/2".	R\$ 815,00	R\$ 815,00
02	01	Bomba centrifuga marca Schneider modelo BC-92S-1B(143mm) de 3.0cv, 220/380volts trifasica, sucção de 1.1/2" e recalque de 1".	R\$ 725,00	R\$ 725,00
03	01	Bomba centrifuga marca Schneider modelo MSA-21R-1.1/2" de 4.0cv, 220/380volts trifásica, sucção de 2" e recalque de 2.1/2" bocais.	R\$ 1.480,00	R\$ 1.480,00

### TORRE DE RESFRIAMENTO

\*Para 43m<sup>3</sup>/h - 35/30/28°C:

Torre modelo:... R-483/6 TFG

Preço Unitário:... R\$ 17.071,00

\*Para 17m<sup>3</sup>/h - 35/30/28°C:

Q= 85.000 kcal/h

m= 17 m<sup>3</sup>/h

Δt= 5°C

Torre modelo:... R-183/9 TFG

Preço Unitário:... R\$ 6.600,00

### CHILLERS

Item	Equipamento	Qtde.	Preço Unitário	Preço Total
01	30HXF080 – condensação a água – compressor parafuso	1	R\$ 110.000,00	R\$ 110.000,00
02	30GXF082 – condensação a ar – compressor parafuso	1	R\$ 140.000,00	R\$ 140.000,00
03	30HXF190 – condensação a água – compressor parafuso	1	R\$ 170.000,00	R\$ 170.000,00
04	30GXF182 – condensação a ar – compressor parafuso	1	R\$ 220.000,00	R\$ 220.000,00

\* Frete e impostos inclusos.

## FANCOIL

Item	Equipamento	Quant.	Preço
01	Fancolete Tipo Cassete mod. 40HK32 (32.000 BTUs)	01	R\$ 2.150,00

Frete e impostos inclusos.

## TANQUES DE ÁGUA GELADA

Tanques de água gelada para os regimes 2 e 3, segundo Biazim e Fortes (2010):

### Regime 2

Impermeabilização		
Base e topo	14,1	m <sup>2</sup>
Lateral	155,5	m <sup>2</sup>
Total	169,6	m <sup>2</sup>
Valor unitário	55,5	R\$/m <sup>2</sup>
Custo total	9411,7	R\$

### Regime 3

Impermeabilização		
Base e topo	14,1	m <sup>2</sup>
Lateral	176,2	m <sup>2</sup>
Total	190,3	m <sup>2</sup>
Valor unitário	55,5	R\$/m <sup>2</sup>
Custo total	10559,7	R\$

Forma para estrutura		
Superfície superior	98,2	m <sup>2</sup>
Superfície inferior	100,3	m <sup>2</sup>
Total	198,6	m <sup>2</sup>
Valor unitário	38,8	R\$/m <sup>2</sup>
Custo total	7698,4	R\$

Forma para estrutura		
Superfície superior	100,1	m <sup>2</sup>
Superfície inferior	103,9	m <sup>2</sup>
Total	204,0	m <sup>2</sup>
Valor unitário	38,8	R\$/m <sup>2</sup>
Custo total	7909,1	R\$

Isolamento térmico		
Superfície superior	105,8	m <sup>2</sup>
Superfície inferior	107,8	m <sup>2</sup>
Total	213,6	m <sup>2</sup>
Valor unitário	54,5	R\$/m <sup>2</sup>
Custo total	11632,9	R\$

Isolamento térmico		
Superfície superior	116,8	m <sup>2</sup>
Superfície inferior	121,8	m <sup>2</sup>
Total	238,6	m <sup>2</sup>
Valor unitário	54,5	R\$/m <sup>2</sup>
Custo total	12989,6	R\$

Concreto armado		
Total	36,5	m <sup>3</sup>
Valor unitário	1006,1	R\$/m <sup>3</sup>
Custo total	36682,4	R\$

Concreto armado		
Total	43,1	m <sup>3</sup>
Valor unitário	1006,1	R\$/m <sup>3</sup>
Custo total	43349,1	R\$

CUSTO DOS DOIS TANQUES	R\$ 130.850,58
------------------------	----------------

CUSTO DOS DOIS TANQUES	R\$ 149.615,06
------------------------	----------------