

ANTÓNIO MANUEL DE SOUSA BALTAZAR MORTAL

**A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE COGERAÇÃO E DE
SISTEMAS FRIGORÍFICOS DE ABSORÇÃO
NOS HOSPITAIS PORTUGUESES**

MESTRADO EM CIÊNCIAS ECONÓMICAS E EMPRESARIAIS

UNIDADE DE ECONOMIA
E ADMINISTRAÇÃO
DA
UNIVERSIDADE
DO ALGARVE

INSTITUTO SUPERIOR DE
ECONOMIA E GESTÃO
DA
UNIVERSIDADE TÉCNICA
DE LISBOA

FARO
1995



ANTÓNIO MANUEL DE SOUSA BALTAZAR MORTAL

**A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE COGERAÇÃO E DE
SISTEMAS FRIGORÍFICOS DE ABSORÇÃO
NOS HOSPITAIS PORTUGUESES**

MESTRADO EM CIÊNCIAS ECONÓMICAS E EMPRESARIAIS

Dissertação para a obtenção do grau de mestre
em Ciências Económicas e Empresariais

Trabalho orientado pelo Professor Doutor Luís Roriz

UNIDADE DE ECONOMIA
E ADMINISTRAÇÃO
DA
UNIVERSIDADE
DO ALGARVE

INSTITUTO SUPERIOR DE
ECONOMIA E GESTÃO
DA
UNIVERSIDADE TÉCNICA
DE LISBOA

FARO
1995

UNIVERSIDADE DO ALGARVE	
SERVIÇO DE DOCUMENTAÇÃO	
01/07/00	31255
658	
MOR = 01	

25197.

À Márcia e Joana

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi supervisionado pelo Professor Doutor Luís Roriz, a quem me cumpre agradecer os dados disponibilizados durante a realização deste trabalho, bem como o apoio científico e humano prestado.

Desejo igualmente agradecer à minha família, em especial ao meu pai, por todo o apoio e constante incentivo para a realização do curso de Mestrado

Pela informação relevante prestada sobre os hospitais portugueses, cabe-me também agradecer ao Eng. Nelson Baltazar da Associação dos Técnicos de Engenharia dos Hospitais Portugueses (ATEHP).

Tenho igualmente que agradecer à Eng. Iolanda Sousa, da TURBOMAR, pela informação técnica disponibilizada.

A todos os colegas e amigos que de alguma forma me ajudaram durante o período em que decorreu a elaboração deste trabalho e, em particular, ao Eng. Celestino Ruivo.

RESUMO

O presente trabalho efectua a análise da situação energética dos hospitais distritais portugueses e estuda as vantagens da implementação dos sistemas de cogeração e dos sistemas frigoríficos de absorção.

São analisados diferentes hospitais portugueses e é efectuada a caracterização de um hospital distrital tipo.

As tecnologias de cogeração e de absorção são analisadas e indicadas as mais adequados para o efeito.

No trabalho é desenvolvido um programa para verificar se estes sistemas podem ou não ser vantajosos em relação aos sistemas actualmente existentes nos hospitais.

As principais conclusões do presente trabalho são:

- Os sistemas de cogeração são uma boa alternativa aos sistemas tradicionais, no caso da utilização de nafta;
- O preço limite de venda do gás natural deverá ser de 48 escudos por kg de forma a tornar competitivo este tipo de sistema energético;
- No caso da utilização do propano, estes sistemas não têm qualquer viabilidade económica;
- O sistema de cogeração aliado a um sistema de absorção tornar-se-á um sistema mais rendível que o sistema tradicional, caso os hospitais venham a satisfazer as condições de conforto térmico no Verão, o que não acontece actualmente.

Palavras Chave: Absorção; Cogeração; Custos; Energia; Hospitais; Investimentos.

ABSTRACT

The present thesis contains the analyse of the energetic situation for the portuguese hospitals and studies the advantages of the implementation to the cogeneration systems and absorption systems in this type of buildings.

An analysis of some portuguese hospitals is presented and the standard parameters for a district hospital are put forward.

The thesis contains an analysis of the cogeneration and absorption technologies, and the most suitable for this propose are indicated.

A computer program was developed in this work, to verify the advantages of this technology to the actual energetic system in hospitals.

The main conclusions of the present work are as follows:

- The cogeneration systems are a good alternative to the traditional systems, if fuel oil is used as the energy source;
- The maximum retail price for natural gás is presented in 48 escudos /kg if the cogeneration system is to be considered as an attractive solution;
- The cogeneration system is not an economical solution if LPG are used;
- The cogeneration system linked to an absorption system will become most profitable to traditional systems, if hospitals will satisfy the thermal comfort standards in summer.

Key Words: Absorption, Cogeneration, Cost, Energy, Hospitals, Investments

INDICE

	Pag
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO DE UM HOSPITAL DISTRITAL TIPO	5
2.1 - Os Sistemas Energéticos dos Hospitais Distritais	9
2.2 - Caracterização energética do Hospital Distrital de Abrantes	11
2.2.1 - Água	12
2.2.2 - Electricidade	
2.2.3 - Calor	14
2.3 - Caracterização energética do Hospital Cruz de Carvalho	15
2.3.1 - Água	16
2.3.2 - Electricidade	
2.3.3 - Calor	17
2.4 - Caracterização energética do Hospital de Santa Maria	18
2.4.1 - Água	
2.4.2 - Electricidade	19
2.4.3 - Calor	
2.5 - Caracterização energética do Hospital Distrital Tipo	20
2.5.1 - Água	
2.5.2 - Electricidade	
2.5.3 - Calor	21
2.5.4 - Arrefecimento ambiente	23

CAPÍTULO 3 - OS SISTEMAS DE COGERAÇÃO E OS SISTEMAS DE ABSORÇÃO	34
3.1 - Descrição dos sistemas de cogeração	35
3.1.1 - Ciclo de Rankine	38
3.1.2 - Ciclo de Brayton	40
3.1.3 - Ciclo Combinado	41
3.1.4 - Motores endotérmicos	
3.1.5 - Alternador	45
3.1.6 - Ligação à rede	46
3.2 - Descrição dos sistemas de absorção	47
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DE INVESTIMENTOS NA ÁREA DA COGERAÇÃO	50
4.1 - Utilização do "cash-flow" na avaliação dos investimentos	52
4.2 - Critérios de Avaliação	55
4.2.1 - Período de recuperação (Pay-Back)	56
4.2.2 - Valor líquido actual (VLA)	57
4.2.3 - Taxa interna de rentabilidade (TIR)	58
4.3 - Modalidades de Financiamento	59
4.3.1 - Financiamento por terceiros	
4.4 - Preços da energia	62
4.4.1 - Preços dos combustíveis	
4.4.2 - Preços de compra da electricidade	66
4.4.3 - Preços de venda da electricidade	67
4.5 - Custos de investimento e custos de exploração	68
4.5.1 - Custos de investimento nos sistemas de cogeração	69
4.5.2 - Custos de investimento nos sistemas de absorção	72
4.5.3 - Custos de investimento nos sistemas de compressão de vapor	73
4.5.4 - Custos de exploração nos sistemas de cogeração	75

4.5.5 - Custos de exploração nos sistemas de absorção e de compressão de vapor	79
CAPÍTULO 5 - DESCRIÇÃO DO PROGRAMA PARA A ANÁLISE ECONÓMICA DOS SISTEMAS DE COGERAÇÃO E DE ABSORÇÃO	82
5.1 - Cálculo do consumo e do custo energético no sistema actual	83
5.2 - Selecção do sistema energético proposto	85
5.2.1 - Dimensionamento do sistema de cogeração	
5.2.2 - Selecção do motor	88
5.2.3 - Selecção do sistema de absorção	89
5.3 - Cálculo do consumo e do custo energético no sistema proposto	91
5.4 - Análise económica	93
CAPÍTULO 6 - ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PROGRAMA	100
6.1 - Hospital Distrital Tipo	
6.1.1 - Sistemas de cogeração a gás natural	101
6.1.2 - Sistemas de cogeração a propano	107
6.1.3 - Importância do custo da energia	108
6.2 - Hospital Distrital de Aveiro	109
6.2.1 - Sistemas de cogeração a nafta	110
6.2.2 - Sistemas de cogeração a gás natural	111
6.3 - Hospital Distrital de Portimão	112
6.3.1 - Sistemas de cogeração a gás natural	113
CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES	145
ANEXO 1	149
BIBLIOGRAFIA	157

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Portugal é de entre os países da União Europeia (UE), um dos que apresenta uma maior dependência energética, em particular no que se refere aos produtos derivados do petróleo.

Normalmente as fontes de energia primária que dependem de combustíveis fósseis são caras, finitas e poluem o ambiente. A alternativa nuclear, como se sabe, também não é isenta de sérios problemas.

Nestas circunstâncias não é de estranhar que, para além do esforço desenvolvido na procura de fontes alternativas, muitos países venham fixando metas e objectivos que conduzam a um acréscimo da eficiência em matéria de energia ou a uma maior rendibilidade da energia primária face as necessidades de energia final, prestando cada vez mais atenção às tecnologias que permitam um melhor aproveitamento dos recursos, designadamente os sistemas de cogeração.

De facto, os sistemas de cogeração contribuem para a realização destes objectivos, produzindo conjuntamente electricidade e calor e permitindo um melhor aproveitamento das fontes de energia primária.

Em Portugal constata-se que os sistemas tradicionais, têm sido orientados ou para a produção de electricidade, ou para a produção de calor, separadamente:

- Quando orientados para a produção de electricidade as vantagens de escala implicam que a produção se faça em unidades de grande potência, ainda que os rendimentos térmicos sejam baixos, normalmente inferiores a 40 por cento. Sessenta ou mais por cento são pura perda de energia e simultaneamente poluição térmica.

- Quando orientados para a produção de calor, as economias de escala são praticamente inexistentes, e talvez por isso, as unidades de produção são geralmente de menor potência, sendo o sector muito mais fragmentado. Os rendimentos são no entanto satisfatórios sendo a percentagem de aproveitamento da ordem dos 80%.

Mas a grande vantagem dos sistemas de cogeração é que permitem a produção combinada de electricidade e calor (formas de energia de maior consumo) obtendo-se, desta maneira, rendimentos bastante acima da média, com percentagens de aproveitamento na pratica superiores a 70%. São, pois mais eficientes. Por isso, a cogeração é já muito utilizada na indústria dentro da comunidade Europeia. No caso particular de

Portugal não se tem feito grande aproveitamento destes sistemas, apesar de ser já utilizada nas indústrias grandes consumidoras de energia, designadamente celuloses e cimenteiras.

Os sistemas frigoríficos de Absorção permitem a produção de frio a partir duma fonte de calor. A possibilidade de usar como fonte de calor parte da energia térmica produzida pelos sistemas de cogeração, torna a utilização destas duas tecnologias bastante atractivas quer do ponto de vista Termodinâmico, quer do ponto de vista Económico. Os sistemas de Absorção podem apresentar ainda outras vantagens, designadamente: a inexistência de partes moveis, baixo ruído em funcionamento e o facto de não utilizar fluorcarbonetos como fluído frigorífico evitando assim uma importante fonte de poluição ambiental.

Os edifícios são grandes consumidores, sendo responsáveis por cerca de 20% do consumo energético nacional. Os Hospitais são os edifícios que têm uma maior necessidade energética. E, o tipo de energia que necessitam aliado ao seu funcionamento continuo tornam a utilização dos sistemas de cogeração e dos sistemas de absorção potencialmente vantajosa.

O objectivo do presente trabalho consiste em analisar a situação energética dos hospitais distritais portugueses e estudar as vantagens da implementação dos sistemas de cogeração e dos sistemas frigoríficos de absorção, o que se desenvolve ao longo dos capítulos seguintes:

- O capítulo 2 compreende uma descrição dos hospitais portugueses, que foram submetidos a auditorias completas e a caracterização geral dum hospital distrital tipo.
- O capítulo 3, descreve as tecnologias de cogeração e de absorção existentes. Nele são referidas as mais indicadas para eventual aplicação nos hospitais distritais portugueses.
- O capítulo 4 trata dos aspectos ligados à análise financeira de projectos de investimento destes sistemas. Descrevem-se os custos de investimento e operacionais dos sistemas de cogeração e absorção para comparar com as economias que se conseguem em relação aos sistemas actuais.
- O capítulo 5 descreve o método que foi seguido para construir um programa de calculo recorrendo à utilização de MACROS para EXCEL e que permite simular a utilização dos sistemas de cogeração e de absorção nos hospitais distritais portugueses.
- O capítulo 6 apresenta os resultados do programa simulando diversas soluções de dimensionamento com a utilização de três diferentes combustíveis, a preços reais e simulados.
- As conclusões deste trabalho são apresentadas no capítulo 7 tendo particularmente em conta os resultados apresentados no capítulo anterior.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DE UM HOSPITAL DISTRITAL TIPO

Os hospitais podem classificar-se de diferentes formas. De acordo com o Instituto Nacional de Estatística /19/, temos as seguintes classificações para os hospitais portugueses:

- Segundo a área geográfica que servem: Hospitais centrais e Hospitais distritais;
- Segundo o esquema de serviços médicos que oferecem: Hospitais gerais e Hospitais especializados;
- Segundo a entidade responsável pela sua administração: Hospitais oficiais e particulares.

Hospitais centrais - Situam-se na principal cidade de uma região e trabalham eventualmente em colaboração com uma escola de medicina. Estão preparados para responder a todas as necessidades dos habitantes, aos quais prestam serviços de alta qualidade em medicina

geral, em cirurgia geral e em obstetrícia; estão perfeitamente equipados e dispõem de serviços altamente especializados - neurocirurgia, cirurgia plástica, radioterapia, etc - capazes de satisfazer todas as exigências no contexto da região.

Hospitais distritais - Cobrem um distrito ou parte. Para além dos serviços de medicina geral, de pediatria, cirurgia e obstetrícia, possuem serviços das especialidades mais correntes, por exemplo, otorrinolaringologia e a oftalmologia. É indispensável que disponham igualmente de um serviço de radiologia dirigida por um especialista qualificado.

Hospitais gerais - São os que asseguram uma série de serviços a doentes de diversas idades e sofrendo de afecções diversas.

Hospitais especializados - Recebem essencialmente pessoas que sofrem de determinada doença ou de uma afecção de um aparelho ou sistema orgânico, ou doentes de um determinado grupo de idade. São discriminados os seguintes: Psiquiátricos, Maternidades, Pediátricos, Ortopédicos e outros.

Os hospitais centrais e especializados têm uma lotação de 11 697 camas. O princípio de funcionamento destes hospitais varia muito de caso para caso, sendo difícil agregar em termos de perfis de consumo energético. Mesmo os hospitais especializados têm necessidades energéticas diferentes, caso de uma Maternidade ou de um hospital Psiquiátrico. Por outro lado os sistemas de conversão de energia também diferem entre si.

Por exemplo o hospital de Santa Maria em Lisboa e o Hospital de São João no Porto, sendo hospitais centrais, com uma escola de medicina, com lotações semelhantes, 1313 e 1320 camas respectivamente, dispõem de sistemas de conversão de energia diferentes.

Com sistemas de conversão energética semelhantes, e de acordo com a classificação do INE, aparecem os hospitais distritais gerais (HD), razão porque restringimos o nosso estudo a esta classe.

Existem 39 hospitais nestas condições com uma lotação total de 9 017 camas. Estes hospitais têm o mesmo princípio de funcionamento e praticamente os mesmos serviços.

As duas variáveis normalmente utilizadas para medir a dimensão de um hospital são: a área útil e o número de camas. A que se vai utilizar neste trabalho é o número de camas, pelo que os dados energéticos se referem à energia consumida por cama.

Por diversas razões também não é fácil caracterizar energeticamente os HD. Os dados que estão publicados relativos ao consumo de energia referem-se aos hospitais em geral, não distinguindo nem os diferentes sistemas energéticos, nem os diferentes tipos de hospital. Acresce que os consumos de energia dependem de muitas variáveis tais como o clima, o tipo de envolvente, o regime de funcionamento, etc.. Por outro lado para este estudo é necessário conhecer os perfis horários das diferentes formas de energia consumida nos HD. No entanto, apesar das

dificuldades, caracterizaremos energeticamente um hospital distrital tipo, cujo funcionamento e consumo energético seja representativo de todos os HD.

Para o efeito vamos utilizar os dados resultantes de auditorias energéticas completas feitas aos hospitais portugueses. Vão ser consideradas as auditorias feitas ao hospital distrital de Abrantes (HDA) /1/, ao hospital Cruz de Carvalho (HCC) /25,26/, ao hospital de Santa Maria (HSM) /21/ e aos resultados das auditorias publicadas pela Direcção Geral da Energia /10/. Destas auditorias a mais representativa será a do HDA, porque é um HD situado no continente e a auditoria foi realizada pormenorizadamente.

Os consumos de energia apresentam sazonalidade. Sazonalidade semanal, devido ao fim de semana, pois muitos dos serviços que consomem energia estão fechados durante este período. Tal facto não será considerado neste estudo, pois para além de não existirem valores fiáveis disponíveis, a complexidade introduzida aumentaria os erros de previsão deste estudo. Quando existem valores desagregados semanalmente trabalhar-se-á com valores médios. Para além de sazonalidade semanal, apresentam também sazonalidade devido ao clima. Esta será considerada dividindo o ano em três épocas: Inverno, que inclui os meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Dezembro; meia estação, que inclui os meses de Abril, Maio, Outubro e Novembro; e o Verão, que inclui os meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro.

Fazemos notar que para este estudo nos interessa obter o perfil diário de consumo de electricidade, os perfis diários de consumo de energia térmica, desagregados do consumo da lavandaria e o perfil diário do consumo de energia térmica na lavandaria.

2.1 Os sistemas energéticos dos hospitais distritais

Como todos os sistemas, as unidades hospitalares também dependem da energia para o seu funcionamento. Os tipos de energia consumidos são os combustíveis líquidos, como nafta e o gasoleo; os combustíveis gasosos como o propano; e a electricidade. A nafta é utilizada em caldeiras que produzem vapor. O gasoleo é utilizado no gerador de emergência e o propano é utilizado nas cozinhas. Em termos percentuais o consumo energético da nafta ronda os 81%, o consumo de electricidade ronda os 16% e o propano mais o gasoleo rondam os 3% /8/. Dado o seu peso consideraremos apenas a nafta e a electricidade desprezando portanto o consumo de gasoleo e o de propano. Fazemos notar que em termos de custos monetários as percentagens não seriam as mesmas porque 1 kWh eléctrico custa mais de 5 vezes 1 kWh de nafta.

Esta energia vai ser transformada e utilizada no aquecimento ambiente, águas quentes sanitárias (AQS), lavandaria, esterilização, arrefecimento ambiente, iluminação e equipamento.

Aquecimento ambiente: grande parte da área útil dos HD dispõe de um sistema central de aquecimento. A energia necessária para o aquecimento é sob forma de água aquecida a uma temperatura que varia entre 40 e 80 °C. Esta energia é fornecida por geradores de vapor através de permutadores vapor/água e é distribuída a unidades de tratamento de ar, e/ou a ventiloconvectores, e/ou radiadores convectores.

Águas quentes sanitárias: normalmente existe um sistema centralizado de águas quentes que é utilizado nas casas de banho, lavandaria e cozinha. Esta energia é fornecida por geradores de vapor através de permutadores vapor/água. A água é distribuída a uma temperatura de 45°C, aproximadamente.

Lavandaria: alguns equipamentos como as calandras e os secadores utilizam vapor a 180°C. Também utilizam AQS e electricidade.

Esterilização: Para esterilizar utiliza-se vapor a cerca de 180°C, fornecido pelo gerador de vapor. O consumo de vapor é baixo quando comparado com os outros sectores.

Cozinha: Nos fogões e fornos utiliza-se gás propano. O restante equipamento é eléctrico, salvo alguns que utilizam vapor a 100°C.

Arrefecimento ambiente: Os HD só possuem arrefecimento ambiente nas salas de operações, nas zonas de cuidados intensivos, nas zonas de laboratórios e eventualmente nalguns gabinetes médicos. O

arrefecimento das salas de operações, da zona de cuidados intensivos e do laboratórios é obtido a partir de água refrigerada a 7 °C, que é fornecida por "chillers" que funcionam através de um ciclo de compressão de vapor. Este ciclo por sua vez utiliza a electricidade para obter a água fria. A climatização de outras zonas do hospital faz-se a partir de unidades autónomas ou de expansão directa, mas também utilizam electricidade para realizar o ciclo de compressão de vapor.

Iluminação: A grande maioria dos HD utiliza lâmpadas fluorescentes na iluminação geral.

Equipamento: Diverso equipamento clínico assim como alguns equipamentos de apoio ao hospital consomem energia eléctrica.

2.2 - Caracterização energética do hospital distrital de Abrantes

O HDA é um hospital com cerca de 200 camas. Os dados foram obtidos numa auditoria energética realizada durante o ano de 1991/1992 /1/. Complementando a auditoria realizada foram analisados os consumos referentes ao ano de 1993 de forma a poder ser estudada a evolução geral dos consumos. O seu funcionamento em termos energéticos é semelhante ao que acima descrevemos. Em termos percentuais este hospital consumiu 76% de nafta, 18% de electricidade e 6% de propano mais gasoleo. Relativamente aos custos totais com a energia e considerando apenas a nafta e a electricidade, as percentagens alteram-se para 49% e 61% respectivamente.

2.2.1- Água

Além do registo geral de água, que contabiliza toda a água que entra no hospital, existem diversos contadores que permaneceram após a auditoria pelo que neste hospital é possível obter os consumos parciais de água para rega, internamentos, cozinha, lavanderia e para a central térmica. Para este trabalho interessa-nos conhecer o perfil mensal do consumo diário de água por cama. Assim, retirou-se ao registo geral, o consumo de água das regas, pois este depende da área do jardim de cada hospital e da época do ano, não existindo qualquer correlação com o numero de camas.

Na figura 2.1 pode-se ver o perfil do consumo mensal de água deste hospital. Constata-se que o segundo semestre apresenta um consumo ligeiramente superior ao primeiro semestre, o que não é de estranhar, visto que, naquele ano, a taxa de internamento foi também superior no segundo semestre. A variação entre o consumo máximo e mínimo é de 26%, sendo o máximo obtido no mês de Agosto e o mínimo em Abril. O consumo diário médio por cama é de 0.87 metros cúbicos.

2.2.2 Electricidade

A potência eléctrica instalada é de 1 600 KW (cerca de 8 kW/cama) e a potência contratada é de 396 kW (cerca de 2 kW/cama). Este hospital recebe electricidade em média tensão, e para efeitos de pagamento

escolheu as tarifas de longa utilização do tarifário de venda de energia eléctrica da EDP, que são as mais favoráveis para este tipo de consumo.

Na figura 2.2 está representado o perfil mensal do consumo por cama de electricidade, obtido a partir da media dos valores dos anos 1991, 1992 e 1993. Em termos médios o consumo é relativamente constante ao longo dos meses. A maior variação é de 19%, correspondendo aos meses de Maio e Dezembro. O consumo médio diário é de 18,5 kWh/cama, valor relativamente elevado quando comparado com outros hospitais.

O perfil horário obtido durante um dia de semana em Junho de 1991, pode ser visto na figura 2.3. Observa-se a existência de dois picos, um por volta das 10 horas e outro por volta das 13 horas. O primeiro corresponde às horas de entrada quando há uma maior utilização de elevadores e se faz a ligação de diverso equipamento eléctrico. O segundo pico corresponde à hora de almoço e também é devido a uma maior utilização dos elevadores, resultante do maior movimento dentro do edifício que se verifica a essa hora do dia.

O consumo total diário obtido através do perfil horário é de 19,56 kWh/cama e é praticamente idêntico ao valor obtido através da média do consumo anual, diferindo apenas 5,4%. Esta diferença poderá ser atribuída à sazonalidade semanal que, como dissemos não foi considerada no estudo.

2.2.3 Calor

Este hospital dispõe de 3 geradores de vapor com capacidade unitária para fornecer 3 000 kg de vapor por hora a uma pressão de 10 bar. Normalmente apenas funciona uma caldeira a uma pressão de 7 bar e com um rendimento térmico de 80%, mas quando é necessário podem funcionar duas caldeiras em simultâneo. O combustível utilizado por este equipamento é a nafta.

Na figura 2.4 observa-se o perfil médio de consumo mensal de energia térmica isto é a energia produzida pela caldeira. Estes valores foram obtidos a partir do consumo de nafta da caldeira para os anos de 1988, 1989, 1990 e 1993. Este consumo é bastante sazonal devido á energia gasta no aquecimento ambiente.

Os valores médios de consumo de energia obtidos para as três épocas do ano atrás definidas foram de 37.91 kWh para o Verão, 71.04 kWh para a meia estação e 100.57 kWh para o Inverno. No verão a energia térmica é utilizada apenas para produzir AQS e para a lavandaria.

A caldeira costuma funcionar 24 horas por dia durante o inverno e na meia estação, funcionando no verão apenas 15 horas das 6 ás 21.

Na figura 2.5 mostra-se os perfis horários de consumo de energia térmica para a época de Inverno e Verão. Para a época de Inverno o perfil foi obtido a partir do consumo horário de nafta das caldeiras que foi

contabilizado durante uma semana para o mês de Janeiro. O consumo médio total diário é de 101.42 kWh, valor muito próximo do obtido a partir dos consumos mensais.

O perfil horário de consumo para a época de Verão foi construído a partir dos registos horários de consumo de nafta das caldeiras durante uma semana de Julho. O seu valor é de 34.21 kWh/cama.dia e difere apenas 8% do valor obtido a partir dos consumos mensais. Esta diferença deve-se ao facto de neste caso se estar a medir o consumo para um dia típico de Verão e o outro valor foi obtido pela média dos meses de Verão.

2.3 Caracterização energética do hospital Cruz de Carvalho

O HCC é um hospital com 500 camas, situado na ilha da Madeira, Funchal. Os dados aqui apresentados foram obtidos durante uma auditoria energética feita pela PERFORM durante o ano de 1990 /25,26/.

O sistema energético é semelhante ao HDA isto é utiliza-se a electricidade para o arrefecimento, equipamento e iluminação e a restante energia é fornecida por um gerador de vapor que fornece vapor para AQS, lavandaria e outros. Este hospital devido á sua localização não necessita de aquecimento, excepto pontualmente e num período não superior a um mês.

Em termos energéticos consumiu 65% de electricidade, 23% de nafta e 3% de gasoleo mais propano. A distribuição de custos associados ao

consumo de energia é a seguinte: electricidade 65%, nafta 31% gasoleo mais propano 4%.

2.3.1 Água

Os consumos mensais durante os anos de 1989 e 1990 para fins de facturação foram obtidos por estimativa não existindo registo de dados reais por parte do hospital. O consumo médio diário é de 1.96 metros cúbicos por cama. Este valor, apesar de ter incluído a água gasta nas regas é bastante elevado quando comparado com o consumo do HDA.

Não será considerado para efeitos de ponderação na caracterização do HD Tipo, para não agravar as distorções.

2.3.2 Electricidade

Na figura 2.6 mostra-se o perfil mensal do consumo de electricidade obtido a partir da media dos consumos dos anos 1989 e 1990. Há uma diferença de 34% entre os valores dos meses de Dezembro e Janeiro para a qual não encontramos qualquer justificação. O consumo médio diário é de 10,3 kWh/cama, cerca de metade do HDA.

Na figura 2.7 expõe-se o perfil horário de electricidade obtido através da média do consumo horário semanal. Este consumo foi determinado durante a auditoria e medido de 4 em 4 horas. Por isso este perfil não apresenta grandes picos, evidenciando apenas que o maior consumo se

situa na parte da manhã entre as 8 e as 11 horas. O consumo diário é de 10,77 kWh/cama, valor bastante próximo do obtido através das médias mensais.

2.3.3 Calor

Na figura 2. 8 pode-se observar o consumo mensal energia térmica obtido a partir dos dados mensais de consumo de nafta dos anos 1989 e 1990. Apesar de existirem ligeiras variações de consumo entre os meses, estas são explicadas pelo funcionamento do hospital, e não pela sazonalidade decorrente do clima.

O clima da Ilha da Madeira é ameno, não necessitando de aquecimento ambiente. No entanto, necessita de arrefecimento, desumidificação e reaquecimento. Este ultimo recorre à utilização de águas quentes o que no caso deste hospital implica o consumo de algum vapor. Assim a central de vapor apenas produz energia para ser utilizada na lavandaria, cozinha, AQS e ar condicionado. O consumo médio diário é de 38 kWh/cama.

Na figura 2.9 assinala-se o perfil horário do consumo total de energia térmica e o perfil de consumo da lavandaria. O consumo total diário de energia térmica é de 32,84 kWh/cama.dia e o consumo diário da lavandaria de 13,66 kWh/cama.dia. O valor do consumo diário de energia térmica é semelhante ao do HDA para a época de Verão.

2.4 Caracterização energética do hospital de Santa Maria

O HSM é um hospital central, com uma escola de medicina, que está localizado em Lisboa. O facto de ao seu funcionamento estar associado uma escola de medicina faz com que o consumo energético seja ligeiramente diferente de outros hospitais. Os sistemas de conversão de energia também são diferentes. Este hospital utiliza energia eléctrica para produzir a energia térmica necessária para o aquecimento ambiente e para AQS. Apesar da sua especificidade, porque temos dados energéticos desagregados e fiáveis acerca do seu funcionamento, pode ser útil na caracterização energética de um HD Tipo. Os dados apresentados foram retirados de uma auditoria energética feita a este hospital pelo IST em 1986-89 /21/.

A contribuição dos diferentes tipos de energia no consumo global de energia está repartida da seguinte forma: Electricidade 66,4%, nafta 31,3%, "burneroleo" mais gasoleo 2,3%. Em termos de custos a electricidade representa 90,8 %, a nafta 7,8% e o "burneroleo" mais o gasoleo representa 1,4%.

2.4.1 Água

Na figura 2.10 mostra-se o perfil mensal do consumo médio diário de água por cama. Nos meses de verão existe um ligeiro aumento do consumo de água, que deve ser atribuído às regas. Durante o resto do ano o consumo mantém-se sem grandes alterações. O consumo médio

diário é de 2,7 metros cúbico, valor bastante elevado quando comparado com os hospitais anteriores. Este valor inclui água gasta nas regas que é cerca de 6% do consumo total. O excedente pode ser justificado pelo diferente funcionamento do hospital, em particular no serviço ambulatório e de consultas.

2.4.2 Electricidade

Como referimos anteriormente, a electricidade neste hospital além das utilizações normais dos outros hospitais é também usada para fornecer energia para o aquecimento ambiente e para as AQS. Por este motivo, o perfil mensal do consumo de electricidade apresenta uma grande sazonalidade, sendo menor no verão e maior no inverno conforme mostra a figura 2.11. O valor médio diário é de 29,45 kWh/cama três vezes superior ao HCC e duas vezes superior ao HDA. Devido à sazonalidade não se apresenta o perfil do consumo diário.

2.4.3 Calor

O consumo de nafta serve a central de vapor, que fornece energia apenas à lavandaria e à cozinha, sendo o seu consumo relativamente constante ao longo do ano. Na figura 2.12 mostra-se o perfil horário do consumo de energia térmica para um dia típico. O consumo diário é de 9,46 kWh/cama, sendo a lavandaria o serviço que consome a maior parte desta energia.

2.5 Caracterização energética do Hospital Distrital Tipo

Recorrendo aos dados expostos vamos caracterizar energeticamente o HD Tipo, cujo consumo de energia pretende representar todos os hospitais distritais portugueses.

2.5.1 Água

Da análise dos perfis de consumo de água do HDA e do HSM podemos observar que o consumo se mantém relativamente constante ao longo do ano. Conforme já referido anteriormente, para esta análise excluiu-se o HCC porque o perfil apresentado serviu apenas para facturação da companhia fornecedora, não revelando qual o verdadeiro perfil de consumo. Exclui-se também o consumo de água de regas do HSM.

Quanto ao consumo diário médio por cama consideramos que o valor mais representativo da realidade dos HD é o do HDA e por isso apenas se vai considerar o consumo deste hospital.

Assim para o HD Tipo o consumo diário de água é de 0.87 metros cúbicos por cama, sendo o perfil de consumo constante ao longo do ano.

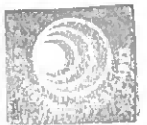
2.5.2 Electricidade

Não vamos utilizar os dados do HSM porque funciona também como escola de medicina alterando o consumo do hospital. Dos perfis mensais

de electricidade do HDA e de HCC pode-se concluir que não existe sazonalidade mensal, existindo apenas ligeiras variações de consumo por motivos de funcionamento. Por esta razão, o consumo de electricidade no HD Tipo é constante ao longo do ano.

Quanto ao perfil do consumo horário, vai-se atribuir uma média ponderada de 75% para o HDA e 25% para o HCC. Estes valores justificam-se, em nosso entender pelo maior rigor na obtenção dos dados referentes ao HDA. Devido às variações bruscas de consumo entre as 10 horas e as 15 horas, os picos de consumo serão atenuados. O perfil assim obtido pode ser visto na figura 2.13. O valor médio diário é de 17,37 kWh/cama, para qualquer dia do ano.

2.5.3 Calor



O consumo de energia térmica no Verão no HDA é de 37,91 kWh/cama dia e no HCC de 32,89 kWh/cama.dia. O seu funcionamento nesta época do ano é muito semelhante, mas já não se pode comparar nas outras épocas devido às diferenças climatéricas existentes. Como o valor do HDA foi obtido de forma mais rigorosa considera-se que os consumos nas diferentes épocas do HD Tipo serão iguais ao consumo do HDA, isto é 37,9 kWh/cama.dia no Verão, 71,04 kWh/cama.dia para a meia estação e 100,57 kWh/cama.dia para o Inverno.

É importante desagregar estes consumos para se saber qual a energia que é gasta na lavandaria. O consumo da lavandaria é relativamente

constante ao longo do ano. O HSM gastou 9,46 kWh/cama.dia na lavanderia e cozinha e o HCC 13,66 kWh/cama.dia na lavanderia. Da publicação da Thermie /31/ sabe-se que em média um hospital lava 3 kg/cama.dia e gasta entre 2,5 e 4 kWh para lavar 1 kg de roupa. Em 1993 os HD lavaram uma média de 3,5 kg/cama.dia de roupa. Atendendo a estes valores considera-se um consumo de 10,5 kWh/cama.dia para o HD Tipo.

O perfil de consumo na lavanderia para o HD Tipo pode observar-se na figura 2.14 e obteve-se através da média do perfil de consumo na lavanderia no HCC e o consumo de energia térmica do HSM.

Na figura 2.15 apresenta-se o perfil de consumo de energia térmica no Inverno desagregado do consumo da lavanderia. Este perfil obteve-se a partir do perfil do consumo de energia térmica para o HDA no Inverno e subtraindo-se o perfil de consumo da lavanderia para o HD Tipo. Posteriormente aproximou-se o perfil assim obtido a um polinómio do terceiro grau.

Para a meia estação considera-se que o perfil é igual ao anterior, apenas varia a quantidade de energia térmica consumida que é de 60,54 kWh/cama.dia. Este perfil está representado na figura 2.16.

No Verão, para definirmos o perfil de consumo utiliza-se o do HDA, subtraindo-lhe o consumo da lavanderia do HD Tipo. Posteriormente

aproximamos este perfil a um polinómio do terceiro grau. Este perfil pode ser observado na figura 2.17.

2.5.4 Arrefecimento ambiente

A energia gasta no arrefecimento ambiente nos hospitais, actualmente é pequena. Como referido anteriormente apenas existe arrefecimento em zonas como salas de operações, cuidados intensivos e laboratórios. O consumo de energia varia entre 1% e os 4% do total da energia gasta no hospital /31/, o que bate certo com os valores das auditorias dos hospitais indicados. Quase todos os hospitais portugueses situam-se dentro desta gama, segundo o Centro de Conservação para a Energia /8/.

Em casos particulares a percentagem devida ao arrefecimento pode atingir valores superiores, situando-se no caso Português o valor máximo em 16% /8/.

Pelo exposto considera-se que a energia gasta no arrefecimento para o HD Tipo é de 2% do total, o que dá 5,2 kWh/cama.dia apenas na época de Verão.

Atendendo á fraca climatização destes hospitais, no Verão as condições térmicas interiores estão longe das condições de conforto térmico, sendo certo que nos hospitais permanecem pessoas debilitadas e mais susceptíveis ás condições ambientais. Neste estudo consideramos a

hipótese de existir climatização em toda a área útil dos HD, com vista a satisfazer as condições de conforto térmico /27/.

Para calcular qual seria a energia gasta no arrefecimento, vai-se admitir um HD com 200 camas, situado na zona climática V2 /14/ e instalado num edifício com seis pisos e um volume de ocupação de 50x50x20 metros. Considera-se que a envolvente opaca representa 80% da fachada e a envolvente transparente 20%. Os cálculos e as demais hipóteses consideradas para estimar a energia gasta no arrefecimento podem ser observados no anexo 1, e conduzem a um valor de 47 kWh/cama.dia.

Consideramos para efeitos deste estudo, que se os HD tivessem climatização em grande parte da sua área útil, a energia gasta no arrefecimento seria de 37 kWh/cama.dia.

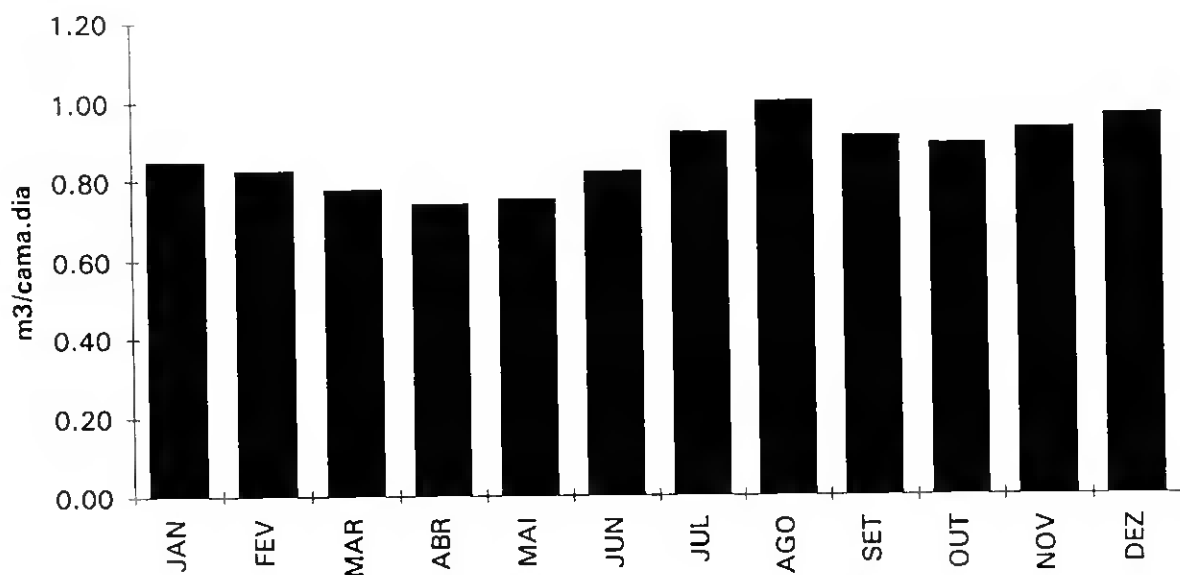


Figura 2.1 - Perfil médio mensal (91/92/93) do consumo de água, HDA

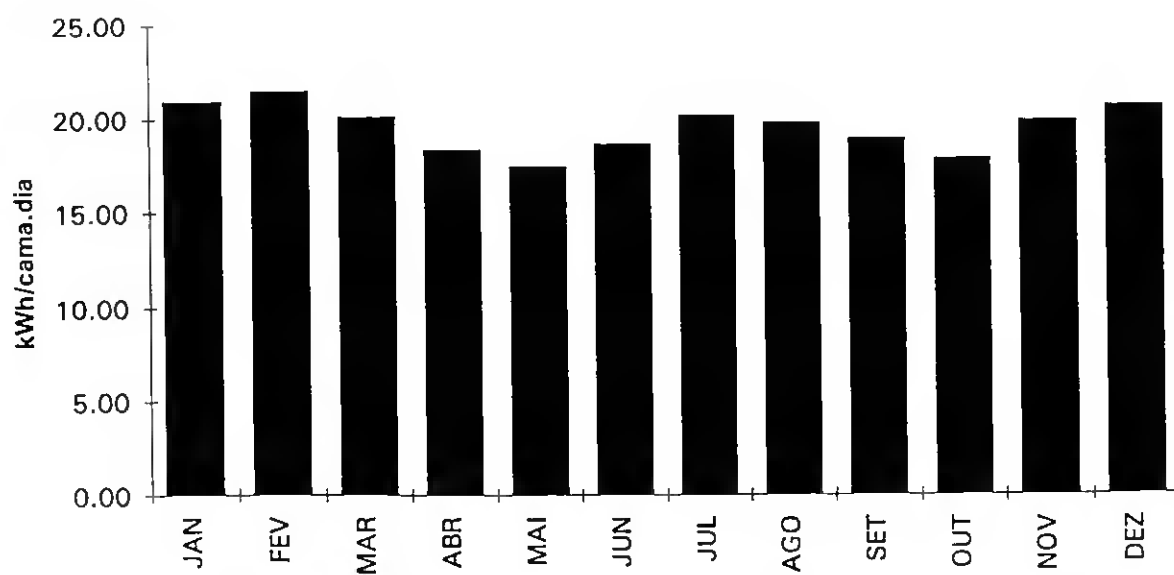


Figura 2.2 - Perfil médio mensal (88/ 89/ 93) do consumo de electricidade, HDA

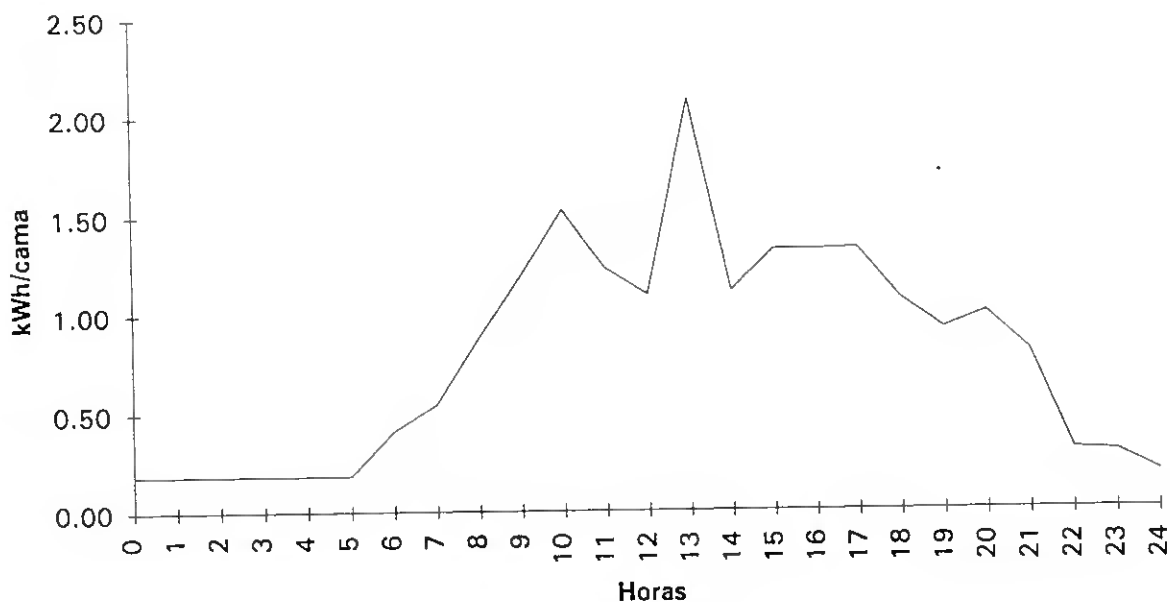


Figura 2.3 - Perfil horário do consumo de electricidade obtido para um dia de semana (Junho 1991), HDA

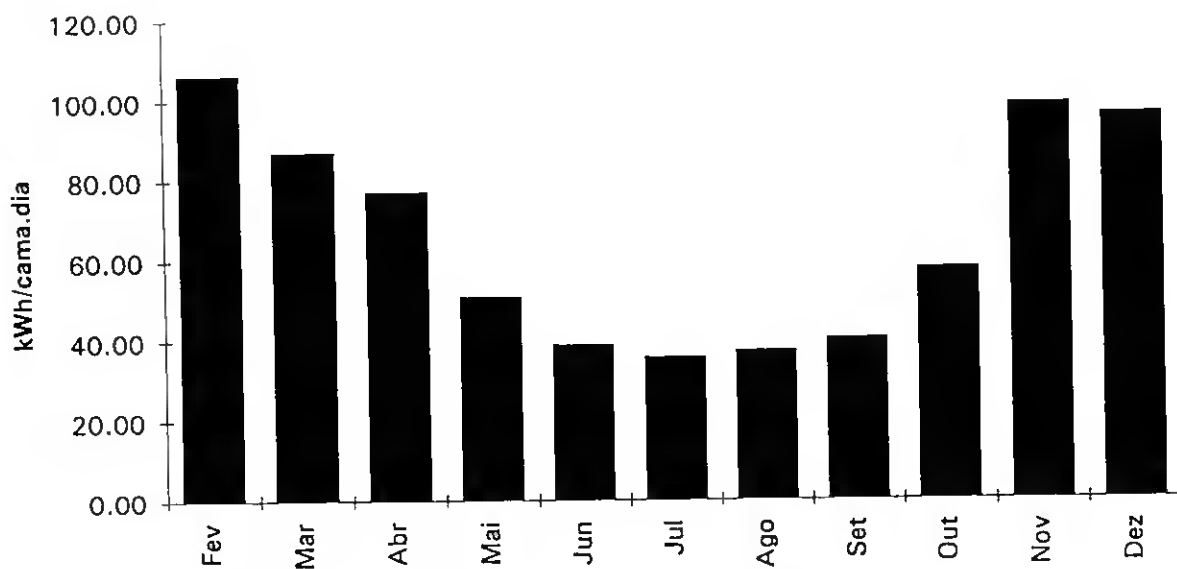


Figura 2.4 - Perfil médio mensal (88/89/90/93) do consumo de energia térmica, HDA

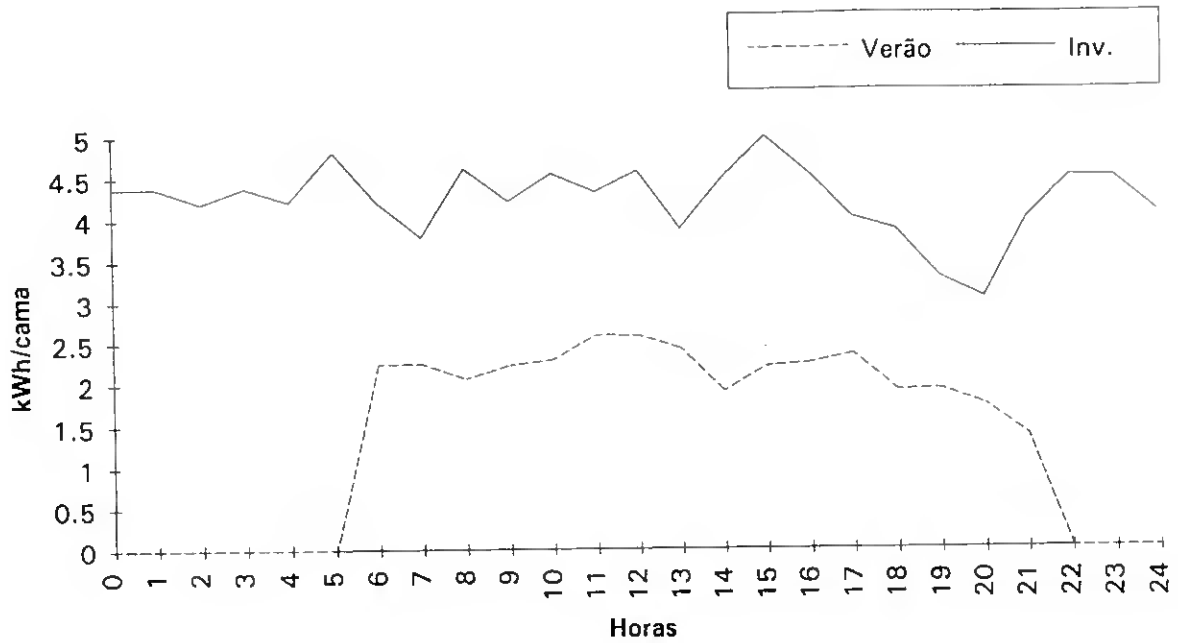


Figura 2.5 - Perfil horário do consumo de energia térmica obtido para um dia de Verão e para um dia de Inverno, HDA

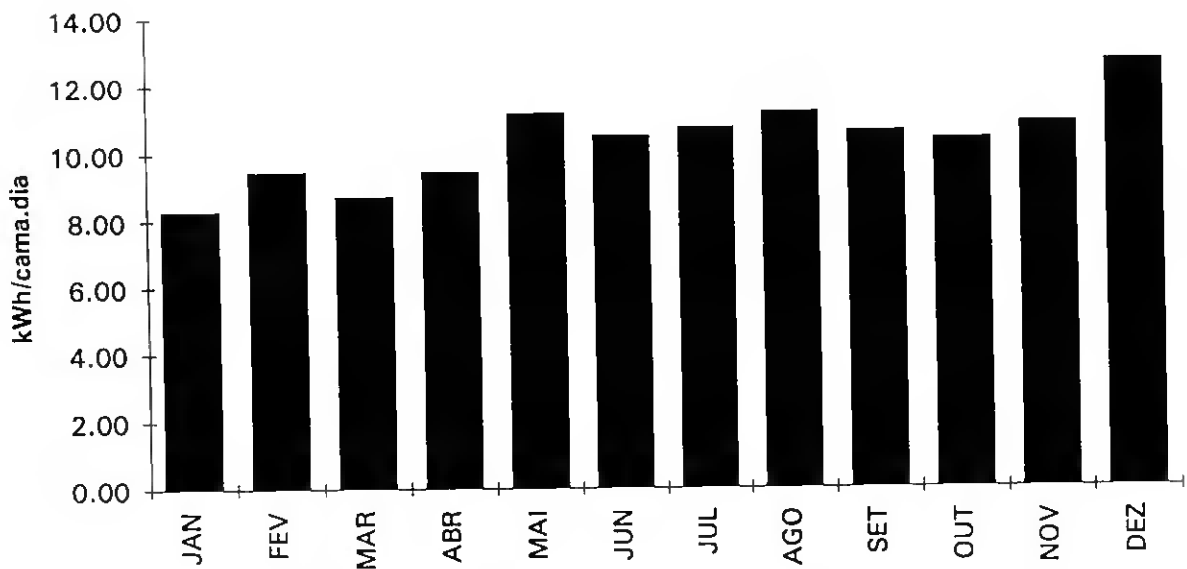


Figura 2.6 - Perfil médio mensal (89/90) do consumo de electricidade, HCC

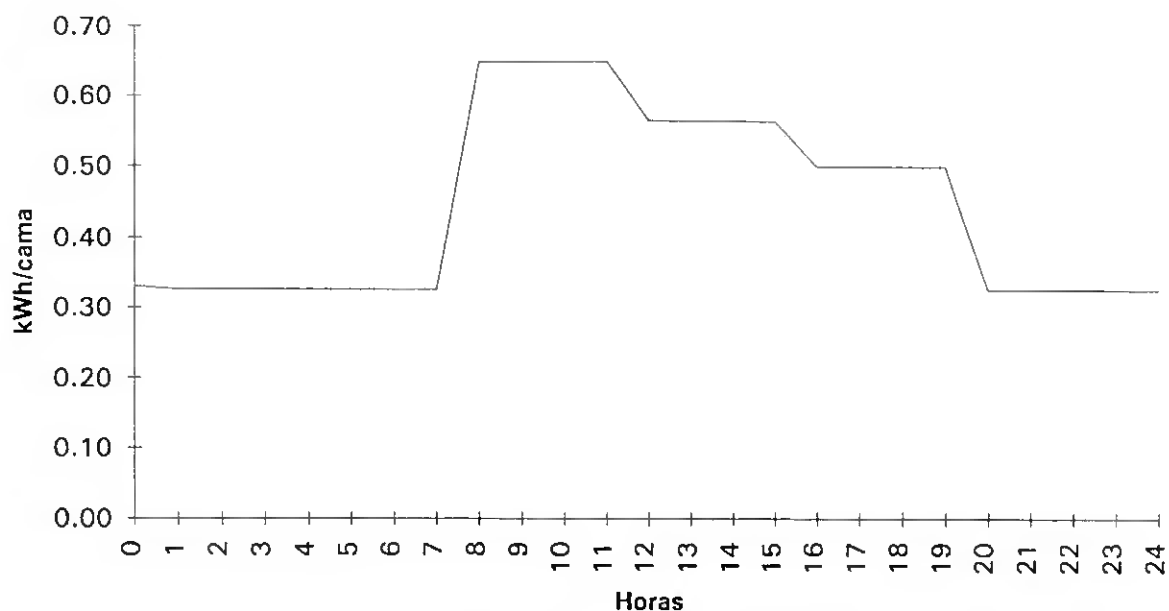


Figura 2.7 - Perfil horário do consumo de electricidade, HCC

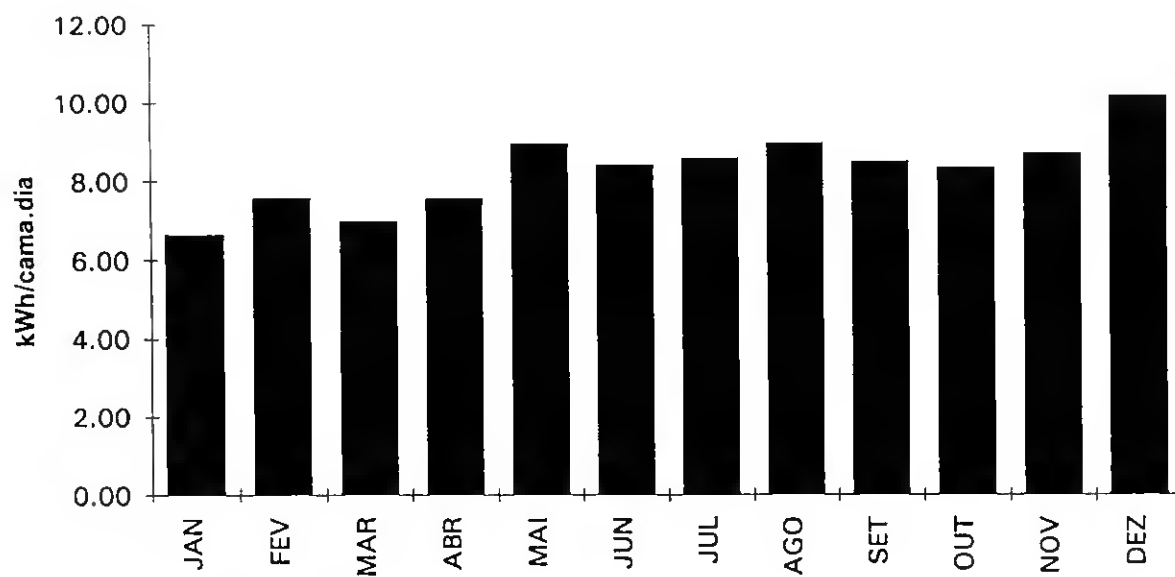


Figura 2. 8 - Perfil médio mensal (89/90) do consumo de energia térmica, HCC

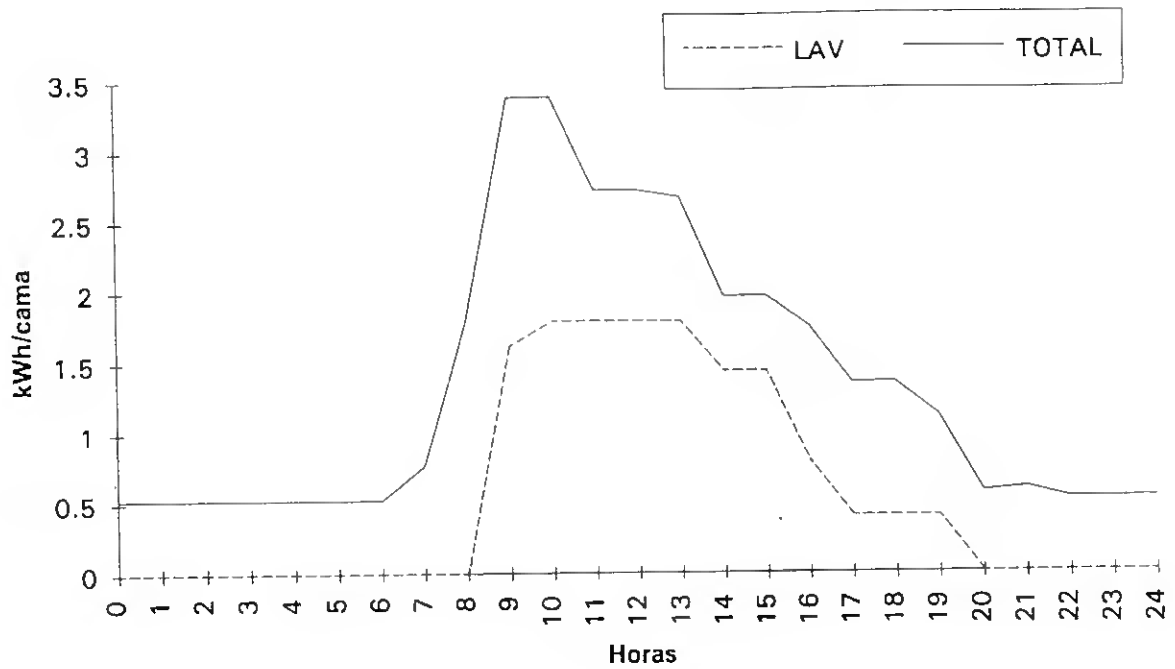


Figura 2.9 - Perfil horário do consumo de energia térmica, Lavandaria e o Total, HCC

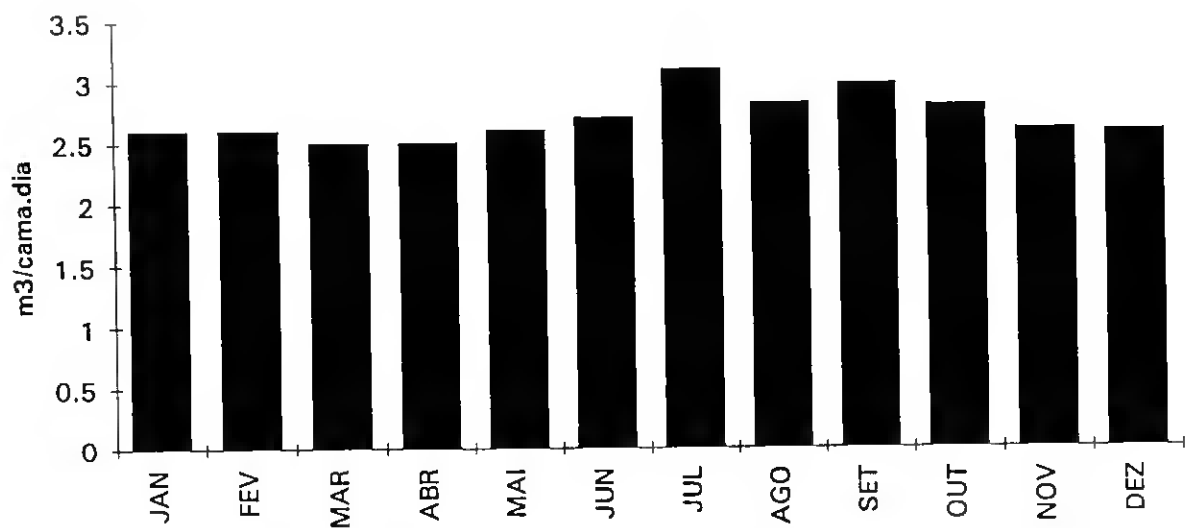


Figura 2.10 - Perfil médio mensal (84/85/86/87) do consumo de água, HSM

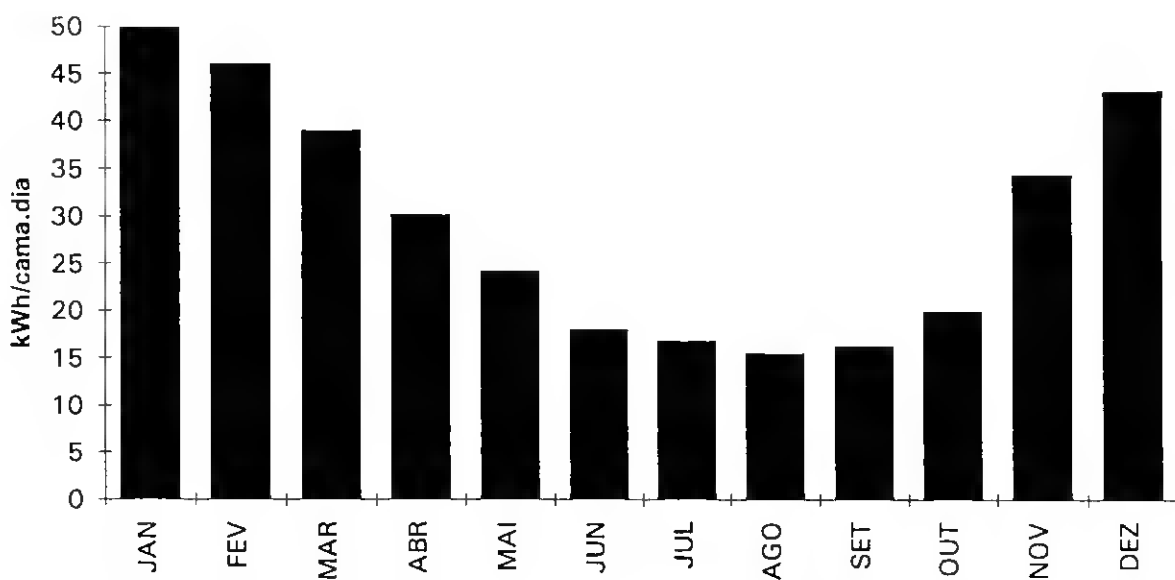


Figura 2.11 - Perfil médio mensal (84/85/86/87) do consumo de electricidade, HSM

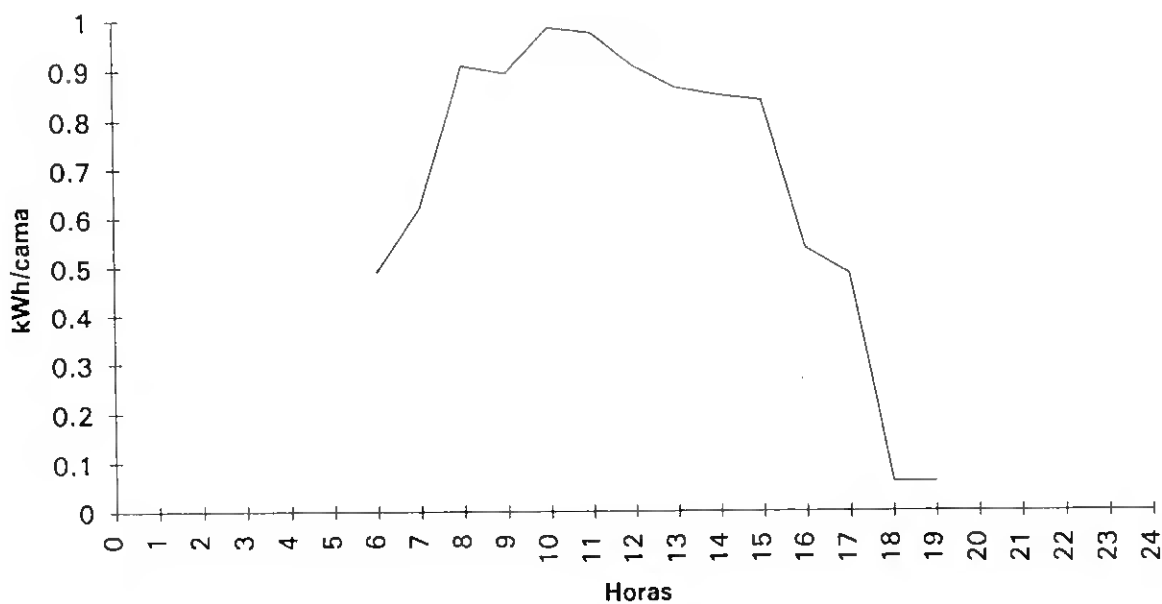


Figura 2.12 - Perfil horário do consumo de energia térmica, HSM

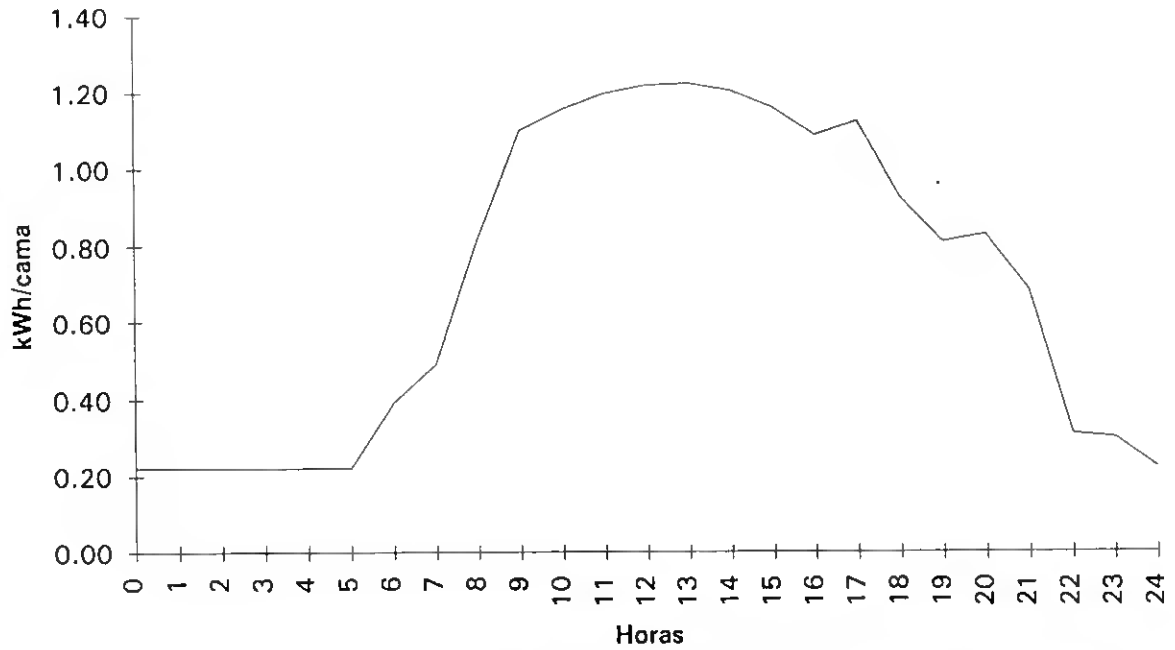


Figura 2.13 - Perfil horário do consumo de electricidade, HD Tipo

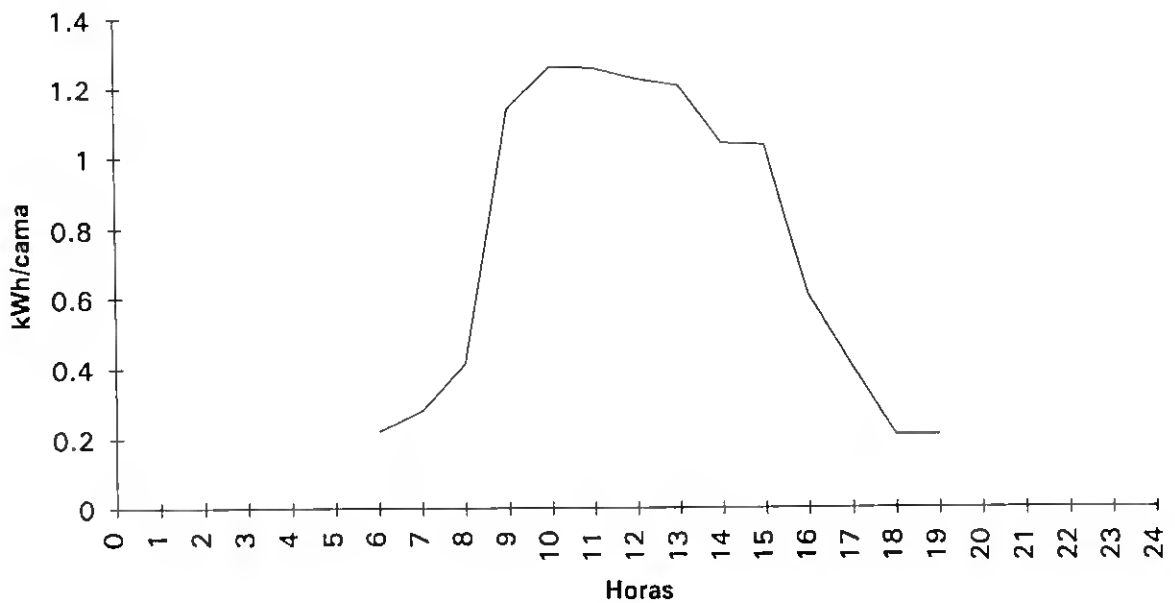


Figura 2.14 - Perfil horário do consumo de energia térmica na lavandaria, HD Tipo

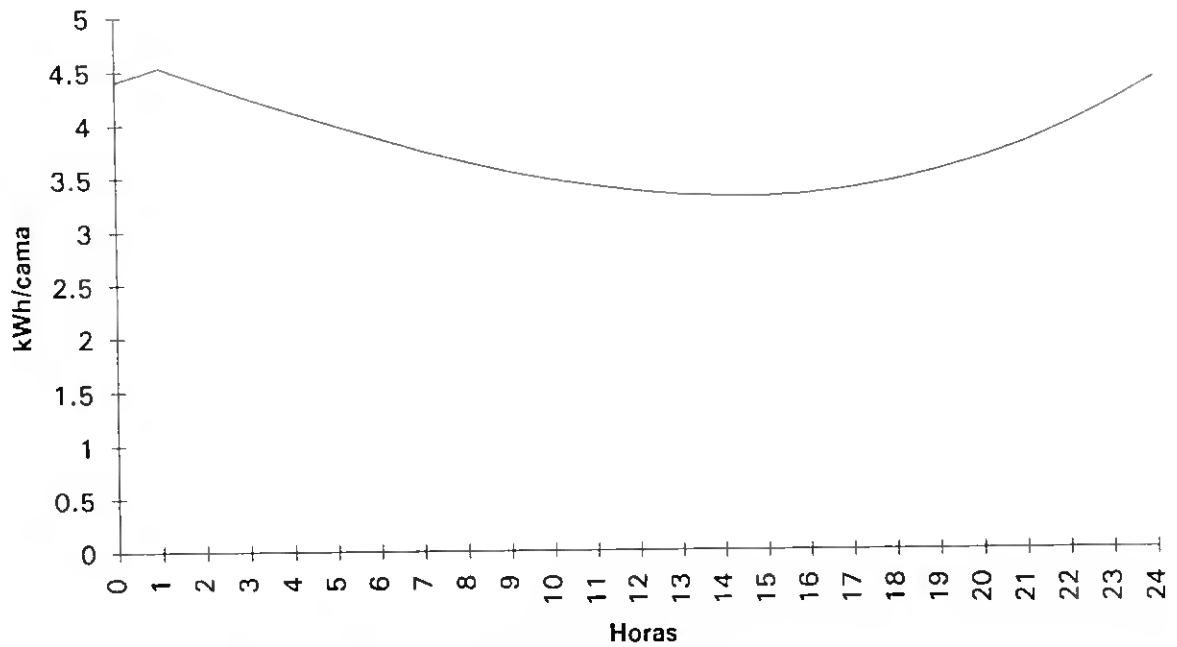


Figura 2.15 - Perfil horário do consumo de energia térmica no Inverno, HD Tipo

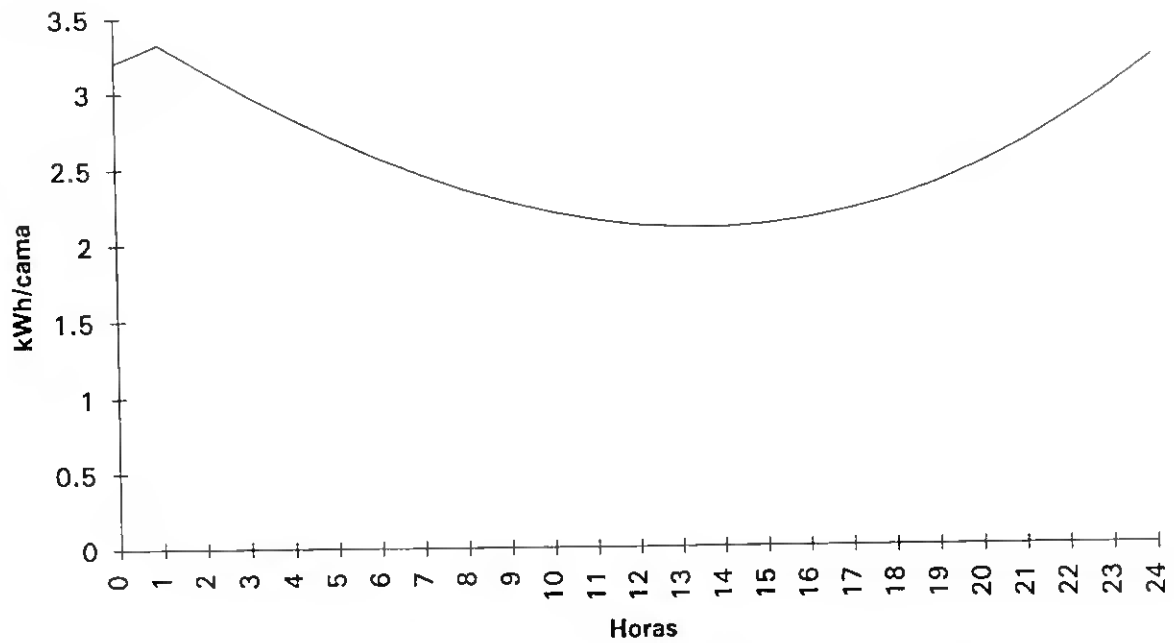


Figura 2.16 - Perfil horário do consumo de energia térmica na meia estação, HD Tipo

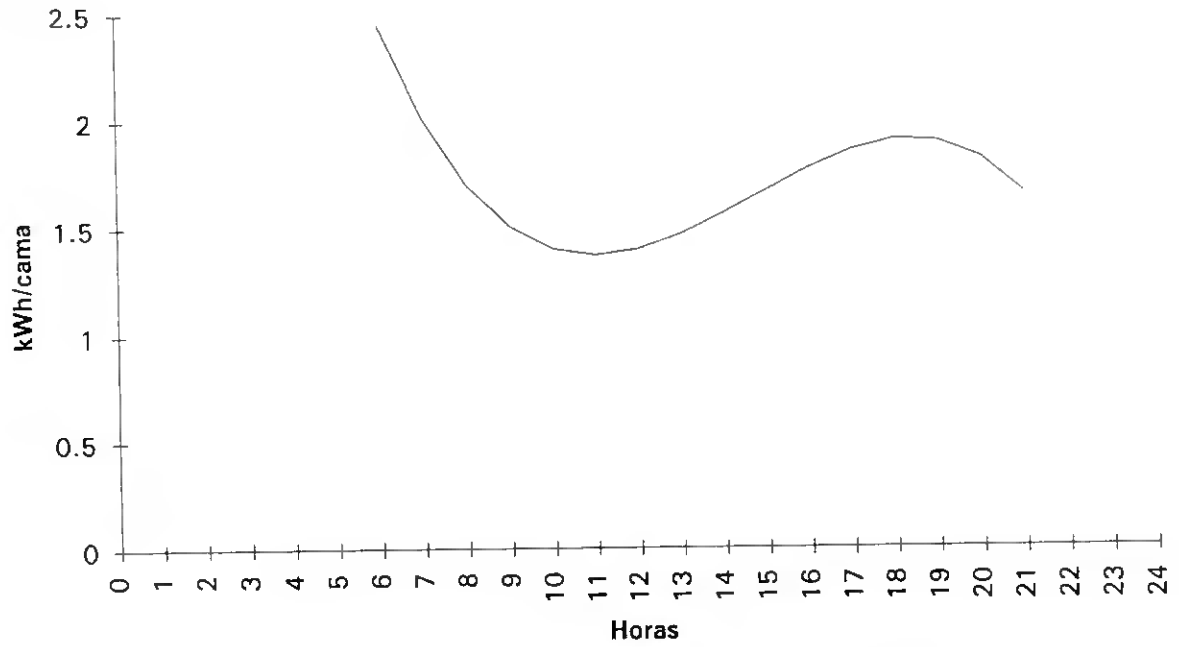


Figura 2.17 - Perfil horário do consumo de energia térmica no Verão, HD Tipo

CAPÍTULO 3

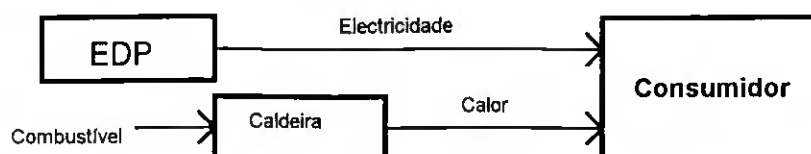
OS SISTEMAS DE COGERAÇÃO E OS SISTEMAS DE ABSORÇÃO

Como se viu no capítulo anterior, as necessidades energéticas dos HD são supridas através da rede eléctrica e por nafta que vai ser convertida em calor. O sistema tecnológico que este trabalho propõe, consiste num motor térmico que através de um combustível transforma energia química em calor e electricidade.

Esta electricidade gerada pode ser consumida pelo hospital. Se não for suficiente, poderá ser utilizada energia da rede eléctrica. Se for em excesso poderá ser introduzida na rede eléctrica, tornando-se o hospital um produtor de energia eléctrica.

Quanto ao calor produzido, se não for suficiente poderá socorrer-se do sistema existente. A figura 3.1 pretende demonstrar a diferença entre a situação actual e a nova situação que este trabalho propõe.

Sistema convencional



Sistema com cogeração

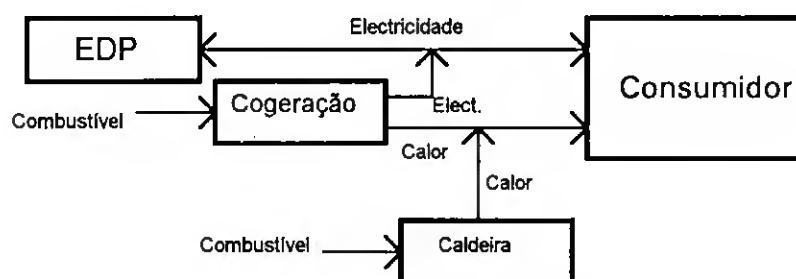


Figura 3.1 - Comparação entre o sistema energético convencional e o sistema com cogeração

3.1 Descrição dos sistemas de cogeração

A palavra cogeração significa a produção de mais do que uma forma de energia, geralmente calor e trabalho a partir de uma mesma fonte. Os equipamentos que nos permitem fazer esta conversão chamam-se motores térmicos. Se pudermos aproveitar parte do calor rejeitado nesta conversão estamos perante um sistema de cogeração. Daqui resulta uma forma mais racional de utilização da energia primária.

Segundo a Direcção Geral de Energia em 1994 a electricidade que foi introduzida na rede eléctrica nacional teve a seguinte origem : produção térmica 60,5%, produção hídrica 36,3% e saldo importador 3,2%, /11/.

Grande parte de produção térmica é feita em centrais térmicas que operam segundo o ciclo de Rankine e os combustíveis utilizados são a nafta e o carvão em proporções idênticas. Para garantir os picos de consumo recorre-se a centrais que operam segundo o ciclo de Brayton.

O rendimento destas centrais térmicas ronda os 35%. Na distribuição da energia eléctrica também existem perdas, sendo normalmente considerado o rendimento de 33%, se tivermos em conta como "input" de energia, a energia primária sob forma de um combustível que entra na central térmica e como "output" a energia eléctrica disponível no consumidor.

A produção através de centrais hídricas depende do ano hidrológico, mas em termos de emissão de poluentes é inócua. O saldo importador refere-se, naturalmente, à diferença entre importações e exportações de electricidade, não sendo o seu valor significativo. Estas trocas são feitas com países da comunidade onde a sua estrutura de produção de energia eléctrica é ligeiramente diferente.

Para produzir calor, como já referido, queima-se um combustível, geralmente a nafta numa caldeira para produzir vapor. O rendimento médio destes equipamentos andarà à volta dos 80%. No entanto, no futuro, segundo normas da comissão da energia e recursos naturais (CERN) já transpostas para a legislação nacional o rendimento destes equipamentos deverá rondar os 90%.

Com um sistema de cogeração produz-se electricidade com rendimentos que variam entre os 20% e 40% e produz-se calor com rendimentos que variam entre os 45% e os 50%. Os rendimentos globais variam entre 60% e os 90%. Esta variação de rendimentos depende da tecnologia utilizada.

Na figura 3.2 pode-se ver o balanço energético para um sistema de cogeração que funciona segundo o ciclo Otto e com uma potência de 500 kWe. Com este sistema de cogeração por cada kWh de combustível consegue-se 0,312 kWh de electricidade e 0,489 kWh de calor, rejeitando-se 0,199 kWh sob forma de calor para o exterior /30/.

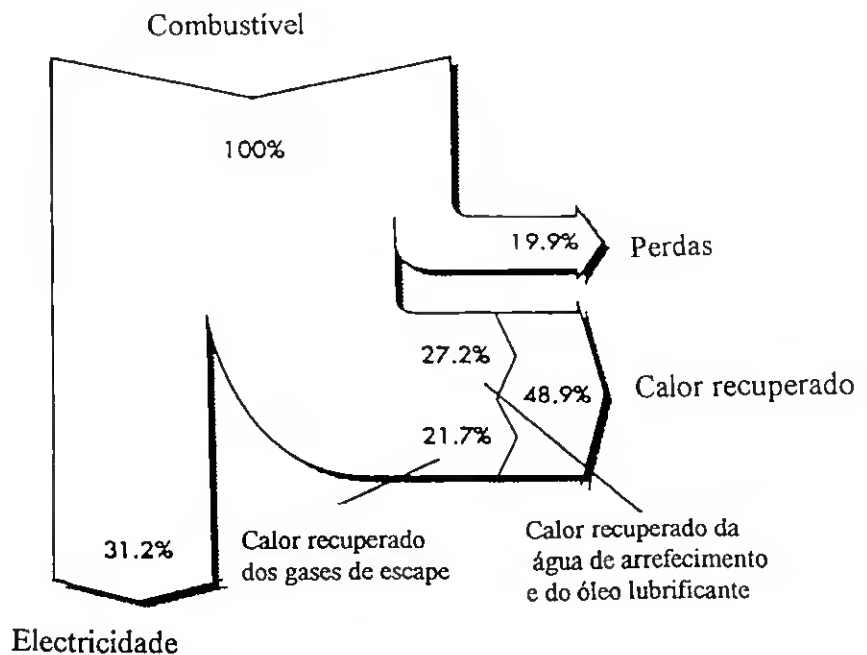


Figura 3.2 - Diagrama de Senkey, balanço energético de um sistema de cogeração a gás com uma potência de 500 kWe.

As vantagens dos sistemas de cogeração sob o ponto de vista do consumo de energia primária são basicamente duas:

- 1 - Redução no consumo de combustível;
- 2 - Redução na emissão de poluentes.

Mas para que os HD venham a utilizar esta nova tecnologia é necessário que existam benefícios. Os benefícios resultantes da redução do consumo de combustíveis, são facilmente quantificáveis, mas os que resultam da redução na emissão de poluentes são de difícil quantificação, ainda que sejam extremamente importantes.

As tecnologias existentes são basicamente quatro: Ciclo da turbina a vapor (TV) ou ciclo de Rankine, ciclo da turbina a gás (TG) ou ciclo de Brayton, ciclo combinado e ciclo com motores endotermicos: ciclo Diesel (CD) e ciclo Otto (CO).

3.1.1 Ciclo de Rankine

Na figura 3.3 pode-se observar a variação da temperatura com a entropia (diagrama T-s) para o Ciclo ideal de Rankine simplificado.

Dependendo da pressão de saída do vapor da caldeira as turbinas podem ser de dois tipos: turbinas de condensação e turbinas de contra pressão. Ambas permitem uma extracção intermédia de vapor tornando possível a utilização do vapor a várias temperaturas. Os rendimentos

eléctricos destas turbinas variam 36% a 40% para turbinas de condensação e cerca de metade destes valores para turbinas de contra pressão /28/

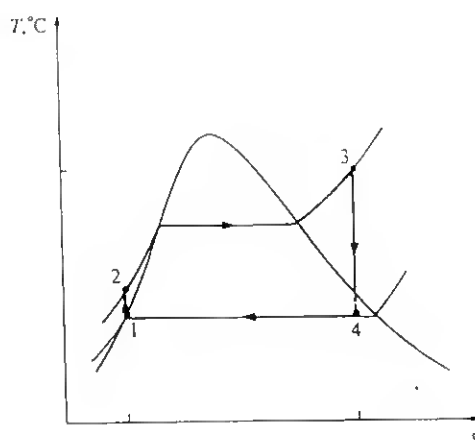


Figura 3.3 - Diagrama T-s para o ciclo ideal de Rankine

Outra das vantagens desta tecnologia é a possibilidade de utilizar combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos.

No entanto por uma questão de escala, estes sistemas não se aplicam aos HD, pois estes necessitam de baixas potências quando comparado com as potências desenvolvidas por estes sistemas. Este tipo de cogeração é muito usado em situações onde é necessário vapor a alta temperatura e grandes potências, designadamente na indústria papeleira, alimentar, têxtil, aço, aquecimento urbano, etc.

3.1.2.Ciclo de Brayton

Na figura 3.4 pode-se observar o diagrama T-s para um Ciclo ideal de Brayton, também chamado Ciclo da turbina a gás.

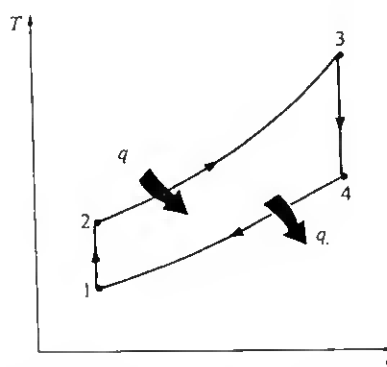


Figura 3.4 - Diagrama T-s para o ciclo ideal de Brayton

Para pequenas turbinas estes sistemas estão disponíveis com potências a partir de 250-500 kWe para pequenas turbinas até 50- 200 MWe. A temperatura de saída dos gases da turbina ronda os 400 - 600 °C e esta energia pode ser aproveitada para produzir vapor, água sobreaquecida ou água quente. Os rendimentos eléctricos variam entre os 15% a 27% e os rendimentos térmicos entre 43% a 59%.

Estes equipamentos só podem ser usados com combustíveis gasosos ou combustíveis líquidos destilados, que são muito caros no nosso país. Quando o gás natural está disponível esta tecnologia pode ser uma boa alternativa. No entanto é necessário elevar a pressão do gás natural 10 - 15 atm e constata-se que o equipamento necessário para este efeito é caro e consome muita energia.

Esta tecnologia é usada na indústria e nos edifícios de serviços, geralmente em situações de grande consumo de energia térmica e com perfis de consumo sem grande sazonalidade. Mas estes sistemas não vão ser considerados neste trabalho.

3.1.3. Ciclo combinado

Este ciclo é uma junção do ciclo da turbina a gás com ciclo da turbina a vapor. O objectivo desta união é melhorar o rendimento global do sistema. No ciclo da turbina a gás, os gases à saída da turbina estão a uma temperatura elevada e podem-se aproveitar para produzir vapor. Este vapor é utilizado numa turbina a vapor completando o ciclo de Rankine. Estes sistemas só se aplicam quando é necessário grandes potências geralmente acima de 200 MWe.

3.1.4. Motores endotérmicos

Os motores endotérmicos são bastante utilizadas no nosso dia a dia. Como exemplo pode-se apontar os motores dos automóveis, os geradores, os motores dos barcos, etc..

Existem dois tipos de motores endotérmicos os motores que funcionam através de o ciclo Otto (motores de explosão) e os que funcionam através do ciclo Diesel (motores Diesel).

Nas figuras 3.5 e 3.6 pode observar-se a variação da pressão com o volume (diagrama P-V) para o Ciclo ideal Otto e Diesel. Apresentamos o diagrama P-V e não o T-s como fizemos para os outros ciclos porque este representa melhor as diferenças entre os dois ciclos. Estes motores são constituídos basicamente por um sistema cilindro pistão. O combustível entra no cilindro quando o pistão está no ponto superior e a seguir dá-se uma explosão fazendo o pistão mover-se e produzir trabalho. No Ciclo Otto, esta combustão dá-se a volume constante sendo necessário provocar a detonação. No ciclo Diesel esta explosão dá-se a pressão constante, e o próprio combustível auto detona-se devido ao aumento da pressão.

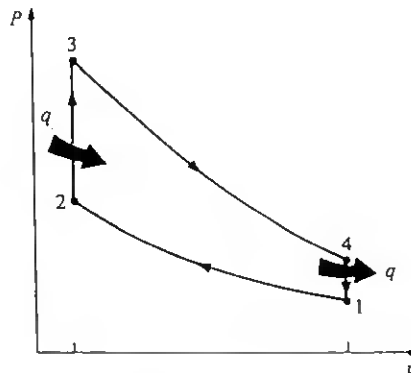


Figura 3.5 - Diagrama P-V para o ciclo Otto ideal

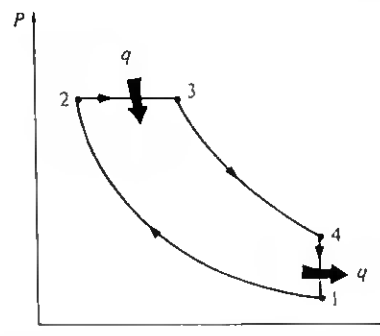


Figura 3.6 - Diagrama P-V para o ciclo Diesel ideal

Os rendimentos térmicos são da ordem dos 34% para os motores a gasolina e os 42% para os motores a Diesel, pelo que a percentagem de electricidade produzida a partir da energia primária ronda os 33% e os 40%, consoante seja um motor a gasolina ou um motor Diesel.

A percentagem de energia térmica que é possível aproveitar anda à volta dos 50%, para os dois tipos de motores. O calor dissipado por estes motores através dos gases de escape, água para arrefecimento do motor e arrefecimento do óleo pode ser aproveitado através de permutadores de calor.

A temperatura de saída dos gases de escape destes motores ronda os 400 °C, podendo esta energia ser aproveitada até aos 200 °C , pois abaixo desta temperatura existem problemas de corrosão. Apesar de se poder produzir vapor a partir desta energia não é aconselhável pois os rendimentos desta conversão são baixos. É energeticamente mais eficiente produzir água sobreaquecida.

A temperatura do óleo ronda os 85 °C , podendo através da recuperação deste calor descer até aos 70 °C. A temperatura da água ronda os 90°C podendo através da recuperação deste calor descer aos 80 °C. A energia aqui aproveitada serve apenas para aquecer água. Do total de energia térmica apenas se aproveita 30% a partir dos gases de escape e 79% a partir do arrefecimento da água e do óleo.

Uma das vantagens destes motores é a possibilidade de funcionarem a vários regimes, adaptando-se dentro de certos limites a cargas variáveis. Em casos limite pode trabalhar até 25% da potência nominal, diminuindo neste caso os rendimentos. A tabela 3.1 mostra o efeito no rendimento do motor quando varia a carga a que é submetido /30/ .

Tabela 3.1 - Rendimento eléctrico, térmico e rendimento total de vários sistemas de cogeração em função do regime de funcionamento do sistema.

	Regime de funcionamento											
	25%			50%			75%			100%		
	η_e	η_t	η_{tot}	η_e	η_t	η_{tot}	η_e	η_t	η_{tot}	η_e	η_t	η_{tot}
T. V.	12.6	61.5	74.1	18.5	64.8	83.3	20.7	65.4	86.1	21.4	65.4	86.8
T. G.	12.0	48.1	60.1	18.7	52.5	71.2	23.0	56.1	79.1	26	59.2	85.2
C.D.	27.0	46.1	73.1	32.3	48.3	80.6	35.0	50.6	85.6	36.3	52.3	88.6
C.O.	24.0	57.7	81.7	30.2	56.0	86.2	33.7	55.3	89.0	35.0	55.0	90.0

Os combustíveis utilizados nos motores diesel podem ser o gasóleo, nafta e os chamados "dual fuel". O gasoleo é talvez o combustível mais utilizado principalmente nos motores com potências menores. Para potências superiores a 1 MW pode-se utilizar a nafta, que no panorama energético Português é mais favorável em termos económicos que o gasoleo. O "dual fuel" são motores com o ciclo Diesel mas que no arranque funcionam a gasoleo e depois podem queimar gás natural. É vantajoso quando se dispõe dos dois combustíveis ou quando o fornecimento de um ou outro seja não seja regular.

Os motores que funcionam segundo o ciclo Otto poderão ser interessantes no panorama português, os que queimam Gás natural, dada a introdução em breve em certas zonas do país de uma rede de gás natural.

Na tabela 3.2 têm-se de uma forma resumida as características destes motores /30/.

Tabela 3.2 - Características dos sistemas de cogeração que funcionam com motores endotérmicos.

	Ciclo Diesel		Ciclo Otto	
	< 1 MW	> 1 MW	< 0,5 MW	> 0,5 MW
Calor/Electr.	1.4 -1.5	1.1 - 1.3	1.4 - 1.7	1.2 - 1.5
% Electr.	35 - 36	36 - 37	32 - 34	33 - 35
%Calor	50 - 53	50 - 52	51 - 55	51 - 55
Combustíveis	gasóleo, nafta, "dual fuel"		Gás natural, biogás, GPL	

3.1.5 Alternador

Como se sabe o alternador é um equipamento que permite converter energia mecânica em energia eléctrica. Este equipamento tem que produzir força electromotriz nas mesmas condições que a rede eléctrica nacional, isto quer dizer corrente alterna a uma frequência de 50 Hz. Existem dois tipos principais de máquinas de corrente alternada, as máquinas síncronas e as máquinas assíncronas. Nas máquinas síncronas

a velocidade de rotação está ligada à frequência da rede. Isto significa que o motor endotérmico tem que funcionar a uma rotação constante. O rendimento dos alternadores é elevado cerca de 95%.

3.1.6.Ligação á rede

Uma vantagem dos sistemas de cogeração é que estes podem estar conectados com a rede eléctrica, e caso o HD não utilize a electricidade gerada, pode vendê-la à rede eléctrica nacional, tornando-se num produtor de energia eléctrica. O estatuto do produtor de energia eléctrica está regulamentado em Portugal desde 1988 /15/ pelo Decreto Lei nº 189/88 de 27 de maio. Neste diploma está reunido todo o quadro legal referente a esta actividade.

O artigo 20º do citado decreto prevê a celebração de um contrato de fornecimento de energia eléctrica entre o produtor independente e a entidade que explora a rede pública. Através da Portaria /16/, o Governo uniformizou as clausulas que devem integrar estes contratos através do "Contrato tipo de compra de energia eléctrica pela EDP a produtores independentes ao abrigo do decreto Lei n.º 189/88, de 27 de Maio."

Os produtores de energia eléctrica têm ao seu dispor o Guia técnico /12/ que reúne os elementos que devem constar do projecto das instalações eléctricas a apresentar na DGE, os procedimentos a adoptar e indica as regras para ligação à rede receptora.

3.2 Descrição dos sistemas de absorção

Para rentabilizar os equipamentos de cogeração é necessário que o hospital tenha utilização simultânea de calor e electricidade. Como se viu, se o hospital não consumir a electricidade produzida, pode vender à rede eléctrica. Por isso a utilização do calor dita o funcionamento destes sistemas.

No capítulo 2 viu-se que nos HD a utilização de energia térmica é bastante sazonal devido ao aquecimento ambiente. Se ao equipamento de cogeração se juntar um sistema de absorção para produção de água refrigerada no verão, existe uma maior utilização anual do calor obtido no sistema de cogeração, deixando-se de consumir energia eléctrica no sistema de compressão de vapor para produzir água refrigerada. É necessário analisar se do ponto de vista económico esta substituição traz ou não vantagens, o que se examinará no próximo capítulo

Em certos aspectos o funcionamento dos sistemas de absorção é semelhante ao sistema de compressão de vapor. Ambos têm como componentes principais o evaporador, o condensador e um mecanismo de expansão.

No sistema de compressão de vapor o aumento da pressão do refrigerante é conseguido através do trabalho realizado por um compressor. No sistema de absorção em vez do compressor tem-se um

absorvedor, um mecanismo de elevação de pressão geralmente uma bomba, um permutador de calor e um gerador.

O refrigerante à saída do evaporador é absorvida no absorvedor. A mistura é transferida para o gerador passando por um permutador onde recebe calor através do fluido absorvente que sai do gerador e vai para o absorvedor. No gerador a mistura recebe calor de uma fonte externa e o refrigerante evapora-se e segue para o condensador.

Para este processo se realizar é necessário fornecer energia eléctrica à bomba e energia térmica gerador. Esta energia térmica pode ser fornecida através da queima directa de um combustível, através de vapor ou através de água sobreaquecida. Face ao anteriormente referido este último sistema é que melhor se aplica aos HD.

Existem sistemas de absorção de efeito simples e de duplo efeito. Nos sistemas de efeito simples a eficiência (cop) é de 0,6, e nos sistemas de duplo efeito a eficiência é de 1,2. O sistemas de absorção cuja fonte de calor é água sobreaquecida, só funcionam com efeito simples.

Para produzir água refrigerada a 6 °C os sistemas mais usuais utilizam brometo de lítio como solvente e água como fluido refrigerante. Para temperaturas inferiores a 0 °C os sistemas mais comuns utilizam água como absorvente e amoníaco como fluido frigorífico.

Relativamente ao sistema de compressão de vapor o sistema de absorção apresenta algumas vantagens tais como, não utilização de fluorcarbonetos, a possibilidade da não existência de partes móveis, baixo nível de ruído em funcionamento. A principal desvantagem é que o tempo de resposta é mais lento às solicitações das necessidades de frio e não permite grandes variações de regime de funcionamento, o que apenas tem importância se não forem utilizados sistemas de acumulação.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DE INVESTIMENTOS NA ÁREA DA COGERAÇÃO

Existem diversas definições para o conceito de projectos de investimento, mas todas elas apontam no sentido de que um projecto de investimento implica sempre uma afectação de recursos num momento próximo, tendo em vista a obtenção de determinados benefícios num período de tempo mais ou menos longo.

Os projectos de investimento podem classificar-se de muitas formas, tantas quanto os critérios adoptados para os classificar. Um dos critérios mais utilizados no âmbito da organização são os tipos de projectos por objectivo de investimento que podem ser classificados em cinco categorias /4/:

- Investimento de reposição ou de substituição, quando se substitui equipamentos usados ou obsoletos por equipamentos novos com as

mesmas características técnicas, as mesmas capacidades de produção e os mesmos custos;

- Investimento de modernização ou racionalização, quando se substitui equipamentos usados ou obsoletos por equipamentos novos com características técnicas diferentes e podem produzir mais ou o mesmo mas com menos custos;

- Investimentos de expansão, que permitem aumentar a capacidade da organização para fazer face ao aumento da procura;

- Investimento de diversificação ou inovação, que permitem satisfazer novos clientes e adaptar a organização aos novos padrões de comportamentos do consumidor;

- Investimento estratégico ou de elevado potencial tecnológico, cujo objectivo é o de dar uma nova vantagem estratégica à organização (observe-se que muitas vezes este investimento possui rendibilidade nula ou dificilmente mensurável).

Seguindo a classificação apresentada, este trabalho enquadra-se no tipo de investimento de modernização ou racionalização.

4.1 - A utilização do "cash-flow" na avaliação dos investimentos

A realização de um projecto de investimento depende da sua rendibilidade, ou seja, da sua capacidade para gerar rendimentos satisfatórios.

O resultado parece ser, numa primeira análise, uma boa medida do rendimento. Sucede, porém, que a determinação do resultado depende de critérios contabilísticos e o seu cálculo suscita alguns problemas que nem sempre são fáceis de resolver, como, por exemplo:

- Identificar as despesas que podem ser consideradas como investimento e por conseguinte capitalizáveis;
- O sistema de amortização a utilizar;
- Ou os critérios a utilizar na valorização dos "stocks" e de outros activos.

Em muitas situações, o resultado contabilístico, não oferece uma base segura para análise, visto que é afectado por um conjunto de regras de carácter jurídico, fiscal e financeiro, regras que são variáveis de país para país, de actividade para actividade e de empresa para empresa.

Assim, na análise de projectos o "cash-flow" é o indicador mais utilizado para colmatar as insuficiências da noção de resultado. Além disso, o "cash-flow" oferece a grande vantagem de poder ser actualizado, tendo

em conta o valor temporal do dinheiro. Um montante recebido hoje é bastante mais que o mesmo montante recebido daqui a um ano, mas tal facto não é tomado em conta na determinação dos resultados.

O conceito de "cash-flow" designa os fluxos líquidos gerados pelo projecto que assumem a forma de numerário.

Distingue-se o "cash-flow" de investimento e o "cash-flow" de exploração. O "cash-flow" de investimento regista os pagamentos e recebimentos, em numerário, associados ao investimento. Os mais comuns a considerar nas decisões de investimento podem ser resumidos na equação (4.1)

$$\begin{array}{rcccl} \text{Cash-flow} & & \text{Investimento} & & \text{Fundo} & & \text{Valor residual} \\ \text{de} & = & \text{em} & + & \text{de} & - & \text{do} & (4.1) \\ \text{investimento} & & \text{capital fixo} & & \text{maneio} & & \text{investimento} \end{array}$$

Para o projecto que este trabalho propõe, o "cash-flow" de investimento resume-se ao investimento em capital fixo. Não se considera o fundo de maneio visto que o diferencial entre o aumento do consumo de combustível e a diminuição do consumo de electricidade não é significativo. Além disso, considera-se que no final do projecto os equipamentos estão obsoletos e por isso o valor residual do investimento é nulo.

Para os projectos que apenas utilizam o sistema de cogeração o investimento em capital fixo é dado pelo custo do sistema descrito mais à frente neste capítulo. Para os projectos que utilizam sistemas de cogeração e de absorção, o investimento é dado pela soma do custo do

sistema de cogeração, adicionado da diferença entre os custos dos sistemas de compressão de vapor e o custo dos sistemas de absorção. O investimento em capital fixo é todo realizado no momento inicial, como pressuposto.

Nos investimentos de modernização ou de racionalização que são destinados a diminuir os custos, os "cash-flow" são apreciados em termos dos fluxos resultantes da economia de custos.

O "cash-flow" de exploração antes de encargos financeiros regista os pagamentos e recebimentos em numerário associados à exploração do projecto e pode ser calculado, para efeitos de avaliação de projectos, pela equação 4.2.

$$\begin{array}{rcl} \text{Cash-flow} & \text{Resultados} & \text{Encargos} \\ \text{de} & = \text{líquidos de} & \\ \text{exploração} & \text{exploração} & \text{financeiros} \end{array} \quad \begin{array}{l} + \text{Amortizações} + \text{Provisões} + \\ (4.2) \end{array}$$

Observe-se que estamos a usar a noção de "cash-flow" no seu sentido tradicional, com o significado de recursos auto gerados. Pode não coincidir com o "cash-flow" como fluxo de tesouraria, dadas as eventuais modificações ocorridas no fundo de maneiio.

Para determinação do "cash-flow" de exploração do projecto que este trabalho propõe, construiu-se um mapa de exploração previsional. Como proveitos contabilizou-se a venda de energia eléctrica do sistema proposto, o consumo de energia no sistema energético actual e os gastos de conservação no sistema actual.

Como custos apresenta-se o consumo de energia no sistema actual, os gastos de conservação e as amortizações. Não se considera as provisões nem os encargos financeiros. Considera-se que os "cash-flow" de exploração são constantes ao longo da duração do projecto.

4.2. Critérios de avaliação de projectos

Os critérios de avaliação de projectos são indicadores da rentabilidade dos projectos que servem de apoio à tomada de decisão do investimento.

Existem dois métodos de avaliação, os baseados nos resultados do exercício e os baseados no "cash-flow", sendo os últimos os critérios mais utilizados na avaliação da rentabilidade de projectos de investimento, por as razões já expostas e, em particular, porque podem levar em conta o valor temporal do dinheiro.

Do método de avaliação baseado nos "cash-flow" existem vários critérios, designadamente:

- Período de recuperação ("pay-back")
- Valor líquido actual (VLA)
- Taxa interna de rentabilidade (TIR)
- Taxa interna de rentabilidade integrada (TIRI)
- Racio benefício/custo e índice de rentabilidade
- Critério da anuidade

Destes critérios os mais utilizados são os três primeiros e por isso são estes que se vão utilizar neste trabalho.

4.2.1 Período de recuperação ("Pay-back")

Este critério atende apenas ao período de tempo que o projecto leva a recuperar o capital investido.

Para obter o "pay-back" basta saber o capital investido e o "cash-flow" gerado pelo projecto em cada ano. Este "cash-flow" pode ou não ser actualizado. Se não se actualizar o "cash-flow" gerado ao longo dos anos, obtém-se o "pay-back" simples, se actualizar a uma determinada taxa obtém-se o "pay-back" actualizado.

Para este trabalho interessa considerar o "pay-back" simples, por ser o mais corrente. Como o "cash-flow" é constante ao longo dos anos do investimento, para obter o "pay-back" simples basta dividir o investimento pelo "cash-flow".

É um dos indicadores mais utilizados nos "Case Study" do programa Thermie e apresentam valores de 2,8 anos a 4 anos para projectos de cogeração /30/. No entanto estudos económicos realizados em França para o sector terciário apontam para "pay-backs" superiores a 5 anos /2/.

O "pay-back" é um dos critérios mais simples e segundo parece um dos mais usados, por ser um bom indicador, não da rentabilidade, mas do risco do projecto.

As principais desvantagens que se podem apresentar a este critério podem ser resumidas como segue:

- Ignora o total da vida útil do investimento, não considerando os "cash-flow" depois do período de recuperação. É por exemplo, particularmente desvantajoso para os projectos de capital intensivo e de longa duração;
- Não considera o valor temporal do dinheiro, não tomando em consideração as diferenças de escalonamento das receitas, durante o período de recuperação

4.2.2 Valor liquido actual (VLA)

O VLA é o valor actual dos "cash-flow" gerados pelo investimento a uma determinada taxa de actualização, e pode ser descrito pela seguinte formula:

$$VLA = \sum_{t=0}^n \frac{CF}{(1+i)^t}$$

em que

CF - "Cash-flow"

n - Duração do projecto

i - taxa de actualização escolhida

Diz-se que um projecto é rendível quando o VLA é positivo à taxa de actualização escolhida.

O critério de selecção consiste em aceitar os investimentos cujo valor actual seja superior ou igual a zero e rejeitar aqueles cujo valor actual seja inferior a zero.

A dificuldade está na escolha da taxa de actualização.

4.2.3 Taxa interna de rentabilidade (TIR)

A TIR pode ser definida como a taxa de desconto que tem de ser usada para que o VLA seja nulo. Tal taxa pode ser calculada por aproximações sucessivas.

A TIR é susceptível de uma interpretação interessante e que parece útil referir: representa a taxa de juro mais elevada que um investidor poderá pagar, sem perder dinheiro, se todo o investimento for financiado por empréstimos e o reembolso destes (capital + juros) se realizar por aplicação das receitas obtidas pelo o investimento.

De acordo com este critério são de aceitar todos os projectos para os quais a taxa seja igual ou superior ao custo do capital a investir.

A grande vantagem da TIR é que não exige que se faça uma pré selecção da taxa de desconto.

4.3 Modalidades de financiamento

Um aspecto muito importante nos projectos de investimento é o seu financiamento. O financiamento trata das operações necessárias para assegurar os recursos necessários ao investimento.

Existem diversas modalidades de financiamento, das quais destacamos:

- empréstimos bancários de médio e longo prazo;
- auto financiamento
- sociedades de capital de risco
- leasing

No âmbito dos projectos de investimento para racionalização energética tem-se utilizado a expressão financiamento por terceiros, para designar uma forma de financiamento que, para além de assegurar os recursos financeiros, também assegura a parte técnica.

4.3.1 O financiamento por terceiros (FPT)

Esta modalidade apareceu nos Estados Unidos e tem tido um grande desenvolvimento em muitos países, principalmente nas últimas duas décadas. Em Portugal já existem algumas empresas a actuar desta forma.

O FPT é um tipo de contrato que oferece uma série de serviços na área da energia tais como: auditorias energéticas, gestão e/ou manutenção de instalações, financiamento de novos equipamentos etc..

Por vezes o investimento em sistemas energéticos requer capital intensivo e o capital para fazer investimentos desta natureza é sempre escasso.

Os HD são entidades públicas dependentes do ministério da saúde. Ainda que disponham de um certo grau de autonomia, a disciplina a que está sujeita a realização de despesas públicas, cria alguns entraves às decisões de investimento de longo prazo. Por outro lado o sector da saúde exige sempre uma actualização constante nos equipamentos clínicos, o que leva a protelar indefinidamente investimentos noutras áreas.

O FPT que é já muito utilizado em alguns países, poderá vir a ser uma boa alternativa para a execução de projectos na área da energia nos hospitais portugueses fornecendo todos os recursos necessários e reduzindo os riscos de financiamento e de execução técnica.

Estes contratos podem assumir várias formas, as mais comuns são /8/:

- Poupanças partilhadas;
- Partilha de custos fixos e variáveis;
- Redução dos custos da energia adquirida (Discounted energy purchase).

As poupanças partilhadas foram o conceito inicial que desenvolveu o FPT. Nesta modalidade a empresa que se dedica ao FPT investe no equipamento e gere o sistema. A poupança de energia resultante do sistema é partilhada com percentagens a acordar com o cliente. A desvantagem deste tipo de contrato é que se o preço da energia baixar" as poupanças a partilhar diminuem, criando dificuldades ao pagamento dos empréstimos e demais encargos.

A partilha dos custos fixos e variáveis é a forma mais utilizada. O hospital paga uma parte fixa para a amortização do equipamento e uma parte variável função do consumo de energia. A vantagem deste contrato é que não é necessário garantir poupanças de energia.

A última modalidade (redução dos custos da energia adquirida) tem tido grande aceitação nos hospitais do Reino Unido, principalmente nos projectos que envolvem sistemas de cogeração. A empresa de FPT instalada e gere o sistema de cogeração. O hospital paga o combustível e usufrui do calor gerado e compra a electricidade gerada à empresa de FPT a um preço mais barato que à rede eléctrica /8/.

4.4 Preços da energia

O principal factor que faz com que estas tecnologias sejam ou não rendíveis são os preços dos combustíveis e da energia eléctrica. Por outro lado os preços do combustíveis em Portugal, para além da dependência da cotação nos mercados internacionais, estão dependentes dos impostos nacionais, nomeadamente o imposto sobre combustíveis ISP, que varia de combustível para combustível e do IVA.

Por exemplo, em Portugal, /13/ o peso dos impostos no preço de venda ao público, em Abril de 1994, da gasolina super com chumbo era de 74,4%. Era de 31,4% no nafta com 3,5% de enxofre.

Como quem define a política fiscal é o governo Português, este tem poder para alterar o posicionamento no mercado interno dos diversos combustíveis.

Por estas duas razões os estudos a longo prazo, baseado nos custos de determinados combustíveis, têm sempre um grande grau de incerteza..

4.4.1 Preços dos combustíveis

Atendendo às tecnologias de cogeração existentes, os combustíveis que se vão analisar são a nafta com mais de 1% de enxofre (>1% S) o propano e o gás natural.

O fuelóleo > 1% S é o combustível mais barato em Portugal. O preço máximo de venda ao público (PMVP) oscilou quatro vezes este ano. Em Janeiro custava 28\$00 /kg, em Fevereiro 28\$50/kg, em Março 28\$00/kg e em Abril 27\$50\$/kg. O ISP representa 20% e o IVA 5% na estrutura dos custos deste combustível /13/. É o combustível que apresenta uma menor taxa de ISP.

Os preços podem ser negociados para valores inferiores a estes com as companhias distribuidoras. No entanto é preciso também ter em conta que existe um custo suplementar, que depende de caso para caso, que é o custo da distribuição.

Face ao exposto, fixa-se o preço deste combustível em 28\$00/kg, para propósito do estudo. Como o poder calorífico superior deste combustível é de 42,2 MJ/kg temos um custo por unidade de energia fornecida de 2\$39 /kWh.

Mas, este combustível é dos mais poluentes, existindo orientações da UE no sentido de se reduzir o seu consumo. Numa economia de mercado isto consegue-se aumentando o preço. Portanto é de prever um aumento nos próximos anos deste combustível principalmente a partir do momento em que a rede de gás natural esteja disponível.

Prevê-se que no início de 1996 a rede de gás natural esteja pronta a funcionar. Contudo, apenas o eixo litoral Lisboa Porto irá beneficiar inicialmente deste combustível.

A estrutura de preços deste combustível ainda não está definida. Sabe-se apenas que vai depender do tipo de consumidor, das horas a que se consome, dos impostos que o governo fixar etc.. O governo, porém, tem todo o interesse em difundir o consumo de gás natural, não sendo previsível que os impostos sejam muito altos. Prevê-se que o preço deste combustível para a indústria venha a ser inferior ao preço praticado para os edifícios de serviços.

Nos países da UE de acordo com o documento de referência /13/, existem dois tipos de consumidor industrial: o I2 que consome 100 tep/ano e o consumidor I3-1 que consome 1000 tep/ano. Em Portugal os preços médios do propano a granel para consumidores industriais encontravam-se 36,4% e 60,6% acima dos preços de venda médios do gás natural praticados na UE. Face ao exposto considera-se, para efeitos deste trabalho, o preço do gás natural a média dos preços praticados nos países da UE.

Em Julho de 1994 a média do preço deste combustível para o consumidor I2 é de 44\$00 /kgep e para o consumidor I3-1 de 31\$10 /kgep /13/, preços sem IVA. Admitimos que sobre o preço deste combustível incidirá IVA à taxa reduzida de 5%. O poder calorífico

superior deste combustível é de 49,7 MJ/kg. Nestas condições o seu custo para o consumidor I3-1 será de 39\$00 /kg, ou seja 2\$80 /kWh.

As necessidades de energia térmica exceptuando o consumo da lavandaria para o HD tipo são de 79 000 MJ/cama.ano. Considerando um motor com um rendimento térmico de 33%, conclui-se que o tipo de consumidor de gás natural do HD tipo é o I3-1. Para grandes consumidores existe ainda a possibilidade de negociar os preços.

Os GLP são mais caros que o gás natural, o preço de venda ao público do propano para usos industriais é de 72\$00 /kg e o poder calorífico superior é de 50,2 MJ/kg /24/. O custo por unidade de energia fornecida será de 5\$00 /kWh.

Na tabela 4.1 podemos observar o posicionamento económico destes três combustíveis em função do seu poder calorífico.

Tabela 4.1 - Preços dos combustíveis

Combustível	Custo Esc/Kg	Poder Calorífico	Custo Esc/KWh
Nafta	28\$00/kg	42.2 MJ/kg	2\$40/kWh
GPL	72\$00/kg	51,3 MJ/kg	5\$00/kWh
Gás nat. I3	38\$80/kg	49,7 MJ/kg	2\$80/kWh

4.4.2 Preços de compra de electricidade

A grande maioria dos hospitais distritais recebem electricidade em media tensão. Os custos da electricidade em média tensão para tarifas de longa utilização, são os do tarifário de EDP /17/. Sobre os preços indicados no tarifário incide IVA à taxa reduzida de 5%. Na tabela 4.2 mostram-se os preços praticados para esta opção, já com IVA incluído. Na mesma publicação também se podem ver quais as horas de ponta (HP), cheia (HC) e de vazio (HV).

Tabela 4.2 - Preços de compra de electricidade (esc/kWh)(IVA incluído)

	Tarifa de longas utilizações		
	Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio
Inverno	20\$28	11\$82	8\$17
Verão	21\$17	12\$33	9\$46

Na tabela 4.3 mostra-se a evolução desde 1889 até 1995 da tarifa da electricidade /6/. Da tabela apresentada tira-se que, em termos nominais se mantiveram os preços de 1992 para 1993, assistindo-se a uma redução em 1994 e 1995.

A aplicação destes valores a casos concretos e tendo em consideração a evolução do índice de preços implícitos no PIB conduziria à constatação de decréscimos reais significativos dos preços da electricidade em toda a série plurianual apresentada /6/.

Como se verifica, também não se sabe como vai evoluir os preços da electricidade ao longo da vida útil do projecto, sendo previsível que a curto prazo segue a tendência actual. Por outro lado a tendência de UE aponta para um aumento das tarifas de electricidade.

Tabela 4.3 - Evolução nos preços da electricidade, média tensão, tarifas de longas utilizações (esc/kWh)

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Inverno							
HP	15.25	18.26	19.47	20.54	20.33	20.33	19.31
HC	8.72	9.27	11.34	11.97	11.85	11.85	11.26
HV	7.02	7.58	8.26	8.72	8.46	8.46	7.78
Verão							
HP	15.91	18.19	20.31	21.43	21.22	21.22	20.16
HC	9.09	10.40	11.83	12.48	12.36	12.36	11.74
HV	8.12	8.77	9.56	10.09	9.79	9.79	9.01

4.4 Preços de venda de electricidade

Em 1988, o governo Português através do decreto-lei nº 189/88 de 27 de Maio, regulou a produção de energia eléctrica por produtores independentes.

O artigo 22º deste Decreto Lei define a tarifa de venda da electricidade fornecida pelo produtor. No nº 3 deste artigo impõe-se que:

" As taxas de energia aplicáveis à energia activa fornecida pelo produtor nos períodos de horas de ponta , nos períodos de horas de cheias e nos

períodos de horas de vazio, serão iguais às praticadas para os consumidores da rede receptora, correspondente ao nível de tensão imediatamente superior àquela em que é feita a interligação."

Como anteriormente referido, a maioria dos HD recebe energia da rede eléctrica em média tensão, por isso vai-se considerar que a electricidade fornecida à rede também é em média tensão. Assim as tarifas a praticar pelo hospital serão as tarifas de alta tensão de sistema tarifário de venda de energia eléctrica /17/. Na tabela 4.4 mostram-se os preços de venda de electricidade.

Tabela 4.4 - Preços de venda de electricidade (esc/kWh)(IVA excluído)

	Tarifa de longas utilizações		
	Horas de Ponta	Horas Cheias	Horas de Vazio
Inverno	14\$22	10\$88	7\$27
Verão	14\$22	11\$30	8\$52

No artigo 23º o Estado garante a tarifa de venda até 90% do seu valor, durante os primeiros oito anos da amortização do investimento.

4.5. Custos de investimento e custos de exploração

Os custos associados a uma instalação de cogeração podem ser divididos em custos fixos e custos variáveis. Os custos fixos estão associados ao investimento inicial e são os custos dos motores, custo do

gerador, custo de projecto e montagem, custos de ligação a rede eléctrica e custos de construção civil. Os custos variáveis estão associados ao funcionamento do sistema e são os custos de combustível e os custos de manutenção. Os custos fixos associados ao investimento inicial não são fáceis de estimar, pois muitos dos factores que os afectam dependem de caso para caso. Por exemplo existem hospitais onde é necessário fazer um pavilhão para colocar os motores, mas outros já possuem o local. A ligação à rede depende da companhia eléctrica. Ela é que designa o local da ligação podendo ser mais perto ou mais longe do local da instalação. Por outro lado esta tecnologia em Portugal ainda está pouco implementada o que faz com que existam poucas empresas com experiência neste ramo e os dados relativos aos custos não são divulgados por estas.

4.5.1 Custos de investimento nos sistemas de cogeração

Os valores utilizados neste estudo tem como base os valores publicados /30/ e os valores fornecidos por uma firma importadora destes sistemas /32/. Estes custos referem-se aos custos totais de investimento e têm a seguinte repartição em percentagem do investimento: motor, gerador e recuperadores de calor 60%; equipamento eléctrico 10%; construção civil 8%; instalações eléctricas e mecânicas 18% ; projectos 4%.

Na tabela 4.5 podem-se observar os custos das instalações construídas na UE para sistemas de cogeração que utilizam motores a gás segundo

/30/. Para a conversão do ECU para escudos admitiu-se uma taxa de câmbio do escudo de 195.

Tabela 4.5 - Custos específicos das instalações na UE para 2 tipos de motores.

Potência kW	Motores a gás >1000 rpm (contos/kW)	Motores a gás ou dual fuel < 1000 rpm (contos/kW)
50	291	
100	262	
100	223	
130	246	
200	188	
260	194	
300	180	
39	186	
500	177	
700	142	
780	136	
900	138	
1025	134	
1100		206
1350		184
1800		170
2000		175
2700		165
3600		160
4100		150

Na tabela 4.6 mostra-os custos função da potência para os motores diesel segundo /32/.

Tabela 4.6 - Custo do sistema de cogeração para motores Diesel

Potência kW	Gás 750 rpm contos/kW	Potência kW	Fuelóleo 750 rpm contos/kW
855	260	1290	180
1140	260	1720	180
1710	210	2580	150
2280	210	3440	125

Tendo em atenção os valores apresentados utilizam-se neste estudo os valores da tabela 4.5, para motores a gás de 750 rpm e de 1500 rpm. Utilizam-se os da tabela 4.6 para os motores a nafta. Para facilitar a utilização em computador e obter custos para outras potências efectuou-se uma regressão cúbica a partir dos valores das tabelas. A equação obtida é do tipo da equação 4.3, em que C é o custo do motor em contos/kW, P é a potência do motor. Os coeficientes α , β , δ e γ estão representados na tabela 4.7 para os diferentes tipos de motores.

$$C = \alpha + \beta P + \delta P^2 + \gamma P^3 \quad (4.3)$$

Tabela 4.7 - Resultados das regressões

	Gás 1500 rpm	Gás 750 rpm	Fuelóleo 750 rpm
α	300,45	319,88	39
β	-0,57	-0,158	0,22
δ	0,000755	5,4E-05	-0,00011
γ	-3,5E-07	-6,1E-09	1,14E-09

4.5.2. Custos de investimento nos sistemas de absorção

Para o custo do investimento inicial nos sistemas de absorção foram utilizados os valores e a informação dos importadores para os modelos das marcas YORK e TRANE e de valores descritos /30/.

Na tabela 4.8 mostram-se os custos obtidos para os sistemas de absorção, custos médios da UE para duas potências distintas e custos de diversos equipamentos de efeito simples das marcas YORK e TRANE.

Tabela 4.8 - Custos dos sistemas de absorção

Pot. kW	UE contos/kW	Pot. kW	YORK contos/kW	Pot. kW	TRANE contos/kW
10	99	422	35	355	35
		960	19	900	23
500	34	2170	12	2075	18
		5140	10	5836	14

De forma idêntica à utilizada para a obtenção dos custos do sistema de cogeração os custos para outras potências foram obtidos através da regressão cúbica a partir dos valores da tabela. A equação obtida é do mesmo tipo da equação 4.3, em que C é o custo do motor em contos/kW, P é a potência do motor. Os coeficientes α , β , δ e γ estão representados na tabela 4.9 para os diferentes tipos de motores.

Tabela 4.9 - Resultados das regressões

	Sistemas de absorção
α	102.31
β	-0,346
δ	0,000562
γ	-3,0E-07

4.5.3 Custos de investimento nos sistemas de compressão de vapor

Este trabalho pretende comparar os custos de dois sistemas de arrefecimento para a hipótese de vir a existir arrefecimento em todo o hospital. Para isso é necessário saber quais os custos de investimento nos sistemas de compressão de vapor. Na tabela 4.10 mostram-se os custos destes sistemas em três séries distintas. Uma vai de 4.9 kW a 24.2 kW, outra de 29.5 kW a 65.8 kW e outra de 75.7 kW a 90.2 kW de acordo com informação do importador dos equipamentos CIAT /22/.

Tabela 4.10 - Custo dos sistemas de compressão de vapor

Pot. arref/ kW	Custos contos/kW
4.9	101.7
6	95.2
10.3	69.3
15.3	66.3
19.0	64.6
24.2	57.4
29.5	65.5
38.1	60.0
49.7	56.5
65.8	56.3
75.7	60.7
79.2	59
90.2	54.8

Considera-se uma potência máxima de 160 kW disponível em sistemas deste tipo. O dimensionamento deve ser feito com dois sistemas, mas se a potência necessária for superior a 2x160 kW então utiliza-se as unidades necessárias.

Para estimar os custos para potências até 160 kW fez-se uma interpolação linear a partir da última série. O resultado é a equação (4.4)

$$C = -0.4 P + 91.43 \quad (4.4)$$

Em que C representa o custo em contos/kW e P a potência.

4.5.4 Custos de exploração dos sistemas de cogeração

É necessário estimar os custos de exploração destes sistemas. Os custos de exploração mais importantes são os custos com a manutenção e os custos com o combustível.

Os custos de manutenção dos motores endotérmicos são relativamente elevados situando-se em média entre 1\$16 a 2\$32 /kWhe segundo valores médios /30/. Em Espanha, os valores para contratos de manutenção, são de 1\$30 /kWhe para motores a gás e de 1\$50 /kWhe para motores a nafta /8/.

Estima-se que para Portugal os valores para contratos deste tipo variem entre 1\$20 e 1\$50 \$/kWh. Atendendo a estes valores pode-se estipular, para este trabalho, o custo da manutenção preventiva de 1\$30 /kWhe para motores que funcionam segundo o ciclo Otto e de 1\$50 /kWhe para motores que funcionam segundo o ciclo Diesel. Convém referir que a manutenção deve ser entregue a uma empresa especializada neste tipo de serviços. Os custos de manutenção são normalmente negociados caso a caso, pelo que os valores acima referidos são apenas indicativos. Nos contratos é importante definir se a mudança de óleo está ou não englobado pois representa uma percentagem importante dos custos de manutenção.

Como se viu anteriormente é relativamente fácil estimar a quantidade de energia eléctrica e energia térmica produzida com uma unidade de "input" de energia primária. O custo dos combustíveis também já foi discutido anteriormente, tornando-se necessário valorizar os custos destas duas formas de energia. Existem dois métodos para valorizar os dois tipos de energia que um sistema de cogeração fornece /18/

1- Pelo preço da electricidade produzida, tomando para preço do calor o preço produzido por um equipamento semelhante.

2- Pelo preço do calor produzido, assumindo valores para a electricidade os preços de compra ou de venda à rede eléctrica.

Em ambos os casos comparam-se os custos do novo sistema com os custos do actual sistema. O primeiro método é o mais utilizado na indústria e é o método que melhor se aplica no caso dos HD, sendo o segundo mais utilizado em aquecimento urbano.

Como indicado torna-se necessário valorizar o preço do calor produzido por outro equipamento. O HD tipo dispõem de caldeiras a nafta com um rendimento de 80%. Estima-se que o custo de manutenção das caldeiras seja de 0,2 escudos por kWh produzido. Os custos de exploração de uma caldeira por kWh produzido são os seguintes.

Manutenção	0\$20
Combustível	<u>2\$40</u>
Total	2\$60

Estimar-se-ão os custos utilizando diferentes combustíveis para o sistema de cogeração: a nafta, o propano e o gás natural. O motor a nafta funciona segundo um ciclo Diesel e admite-se uma eficiência eléctrica de 42% e uma eficiência térmica de 50%. Os motores cujo combustível é o propano, ou o gás natural, funcionam segundo o ciclo Otto. Admite-se, neste caso, uma eficiência eléctrica de 32% e uma eficiência térmica de 50%.

Na tabela 4.11 observam-se os custos de exploração para produzir 1 kWhe e o custo de produção de 1 kWht com diferentes combustíveis. O custo de um kWhe será o custo total de exploração do sistema de cogeração, menos o custo para produzir a quantidade gerada de calor numa caldeira. Estes custos pressupõem que existe utilização simultânea destas duas formas de energia. Se o sistema funcionar só para utilizar um dos tipos de energia os custos associados são os custos totais de exploração. Os custos com pessoal também não foram contabilizados. Pôr o sistema a funcionar só para produzir calor é um desperdício. Por outro lado pôr o sistema a funcionar só para produzir força electromotriz pode revelar-se vantajoso em determinadas horas do dia, mas só por si não justifica o investimento inicial. Se utilizarmos as duas formas de energia, será a diferença de preço de electricidade entre a que

produzimos e aquela que deixamos de comprar, ou que eventualmente vendemos, que vai gerar o "cash-flow" do investimento.

Tabela 4.11 - Custos de exploração e de produção de 1 kWh e do calor produzido

	Ciclo Diesel Fuelóleo	Ciclo Otto Propano	Ciclo Otto Gás natural
Custos manutenção	1\$50	1\$30	1\$30
Custos combustível	6\$00	15\$62	8\$75
Total	7\$50	16\$92	10\$05
Custo electricidade	4\$25	12\$92	6\$05
Custo calor	3\$25	4\$00	4\$00

Da tabela ressalta que a utilização de motores a gás natural são mais onerosos que a utilização dos que funcionam a nafta. Isto deve-se ao baixo custo da nafta no nosso país e ao rendimento mais elevado dos motores que funcionam segundo o ciclo Diesel.

Por outro lado a utilização de motores que queimam nafta requerem potências elevadas, superiores a 1000 kW. São potências desnecessárias para os hospitais distritais portugueses.

4.5.5 Custos de exploração dos sistemas de absorção e de compressão de vapor

Interessa agora comparar os custos de exploração do actual sistema que produz água refrigerada com o novo sistema proposto. Como se viu anteriormente o sistema típico de produção de água refrigerada utiliza um sistema de compressão de vapor que aproveita a força electromotriz para fazer mover o compressor. A eficiência destes sistemas situa-se normalmente, próximo de 2. Os custos de manutenção em sistemas deste género rondam os 2,5% dos custos de exploração. Para produzir um kWh de água refrigerada gasta-se meio kWh eléctrico. O custo da electricidade varia com as horas do dia. Admitindo que o sistema funciona homogeneamente, durante o dia, então o custo será uma média ponderada do tarifário da EDP para o verão: 12\$00 /kWh. Se existir um sistema de cogeração, o custo da electricidade para o hospital será o custo de produção desta energia, que apesar de ser relativamente barata, pressupõe que exista utilização para o calor que está a ser simultaneamente produzido. A água refrigerada é necessária no verão, precisamente quando o calor é menos necessário.

É muito mais racional, tendo um sistema de cogeração, ter um sistema de absorção para produção de água refrigerada. Num sistema de cogeração, a electricidade produzida tem sempre utilização. Se não se consumir existe a possibilidade de a vender à EDP. Um sistema de absorção aproveita o calor, produz água gelada e incrementa a utilização do sistema de cogeração. Admite-se que os custos de manutenção do

sistema de absorção sejam os mesmos que para um sistema de compressão de vapor.

Para valorizar o custo do calor e, posteriormente, o custo do funcionamento do sistema de absorção, vai-se utilizar o 2º método, isto é: Admite-se um preço para a electricidade e quantifica-se o custo do calor pela diferença entre o custo de funcionamento e o custo da electricidade. Para valorizar o custo da electricidade existem duas vias. Uma é valorizar ao preço de compra à EDP, pois se o HD produzir, deixa de comprar; a outra consiste em valorizar pelo preço de venda à EDP. Vai-se optar pelo preço de venda à EDP, e o custo do calor é obtido por diferença entre este custo e o custo total de exploração do sistema de cogeração. O valor da venda vai ser uma média ponderada dos preços em horas de ponta, de cheia e de vazio: 10\$63 por kWh.

A tabela 4.12 mostra os custos para obter 1 kWh de água refrigerada baseado no sistema convencional e no sistema de cogeração e absorção, utilizando vários combustíveis. Os rendimentos do sistema de cogeração e do sistema de absorção são os já descritos anteriormente.

Tabela 4.12 - Comparação dos custos para obter 1 kWh de água refrigerada

	Sistema	Sistema de absorção		
	c.v.			
	EDP	Cog. Fuelóleo	Gog. Propano	Cog. propano
Energia	6\$00	10\$00	18\$05	10\$72
Calor	-	(4\$17)	6\$71	(0\$62)
Electric.	-	14\$17	11\$34	11\$34
Manut.	-	-	-	-
Total	6\$00	(3\$77)	6\$71	(0\$62)

CAPÍTULO 5

DESCRIÇÃO DO PROGRAMA PARA A ANÁLISE ECONÓMICA DOS SISTEMAS DE COGERAÇÃO E ABSORÇÃO

Para tentar avaliar as diversas hipóteses e realizar os cálculos que influem na análise económica dos sistemas de cogeração, foi desenvolvido um programa em MACROS para EXCEL 4.

O programa permite calcular e contabilizar a energia gasta num determinado HD mantendo o sistema energético actual, calcular e contabilizar a energia gasta no sistema energético proposto e comparar os custos das duas soluções fornecendo alguns indicadores económicos. Estes cálculos podem ser realizados para cada um dos 39 HD existentes.

Existe a possibilidade de o utilizador definir o sistema energético proposto, seleccionando o tipo de dimensionamento do sistema de cogeração e de decidir se utiliza ou não o sistema de absorção. Se

utilizar sistema de absorção, o programa assume a hipótese de o HD estar todo climatizado e calcula duas ordens de custos, comparando-os:

- Calcula os custos como se o HD estivesse climatizado, mantendo o sistema energético actual isto é com sistemas de compressão de vapor;
- Calcula os custos, utilizando um sistema de cogeração associado a um sistema de absorção. O utilizador pode ainda escolher o combustível que alimentará o sistema de cogeração.

O programa é desenvolvido em MACROS para EXCEL 4 e será designado por CSC (**C**alculo de **S**istemas de **C**ogeração). Utiliza duas MACROS CSC1 e CSC2 e cinco folhas de cálculo com formato pré definido: QUADR1.XLS, QUADR2.XLS, QUADR3.XLS, QUADR4.XLS e QUADR5.XLS. A impressão destas folhas de cálculo pode ser vista nas figuras 5.1 a 5.5.

5.1 Cálculo do consumo e do custo energético no sistema actual

O consumo e o custo de energia para um determinado HD para o período de um ano é efectuado a partir dos perfis horários de consumo de energia eléctrica e térmica que foram deduzidos no capítulo 2 para um HD Tipo. O sistema energético considerado é o referido para o HD Tipo, isto é uma caldeira cujo combustível é a nafta, com um rendimento de 80% e a compra de energia eléctrica à rede eléctrica nacional em média tensão.

Para quantificar a energia térmica consumida por época o programa agrega os perfis das necessidades de energia térmica das diferentes épocas ao perfil da lavanderia. Realiza os cálculos, considerando 121 dias no Inverno, 122 dias na meia estação e 122 dias no Verão. Sabendo a energia gasta em cada época, calcula a quantidade de combustível necessário e o seu custo, tendo em conta o preço base da nafta que já foi referido, ou seja, 28\$00/kg.

Pelo que toca ao custo da energia eléctrica é necessário quantificar o consumo em horas de cheia, horas de ponta e horas de vazio. O período correspondente às horas de ponta, cheia e vazio, é o considerado no ciclo diário para o período de hora legal de Inverno e para o período da hora legal de Verão /17/. O programa considera 181 dias com hora legal de inverno e 182 dias com hora legal de Verão. O preço da energia em horas de ponta, cheia e vazio para o Inverno e Verão, para tarifas de média tensão e tarifas de longas utilizações é a indicada na tabela 4.2 do capítulo anterior. Neste cálculo não se considera o custo com a potência contratada.

Se a opção climatizado com sistema de absorção estiver activa, o programa assume que o hospital está todo climatizado, como anteriormente referido. Então calcula-se a energia gasta no arrefecimento com um sistema de compressão de vapor, mantendo o sistema energético actual.

Na figura 5.1 pode-se ver a impressão da folha de cálculo QUADR1.XLS para 1 hospital, que apresenta os consumos e custos da energia para o período de um ano, calculados pelo programa, considerando o sistema energético actual.

5.2 Seleção do sistema energético proposto.

O sistema energético proposto é baseado no sistema energético actual complementado com um sistema de cogeração. Consoante a opção do utilizador pode ou não ser dotado de um sistema de absorção.

5.2.1 Dimensionamento do sistema de cogeração

O programa permite ao utilizador seleccionar o tipo de dimensionamento do sistema de cogeração. Este dimensionamento tem por base as necessidades térmicas em três situações distintas, o dimensionamento pelas necessidades térmicas de Inverno (NTI), meia estação (NT M/E) e Verão (NTV). Em qualquer dos casos, o consumo ao longo do dia é bastante diferente.

Como é possível acumular energia térmica, optou-se por dimensionar o sistema de cogeração para fornecer energia térmica para as necessidades médias diárias da época em causa. O dimensionamento do sistema de cogeração é definido a partir da média horária do perfil de consumo de energia térmica para a época em causa. Obtém-se assim a potência térmica que o motor necessita fornecer. Sabendo quais as

eficiências térmicas e eléctricas do sistema de cogeração, determina-se a potência eléctrica do motor. Para a época escolhida, se o hospital não consumir toda a energia térmica produzida nessa hora, parte dela é acumulada sob forma de água sobreaquecida. Se noutra hora o hospital necessitar de mais energia térmica que o sistema está a fornecer, então utiliza a energia que acumulou.

O programa considera que a energia térmica que o sistema de cogeração fornece é sob forma de água sobreaquecida, pois o sistema perde rendimento ao fornecer vapor. O vapor necessário para o funcionamento dos serviços do hospital, em que a lavandaria é o principal consumidor, é fornecido pelas caldeiras existentes. Por isso o perfil de consumo de energia térmica da lavandaria foi desagregado dos outros consumos.

A média das necessidades térmicas considerando os perfis do HD Tipo é de 3,7 kWh/cama.dia para o Inverno, 2,5 kWh/cama.dia para meia estação e 2,1 kWh/cama.dia para o Verão. Considerando um motor a gás com eficiência eléctrica de 32% e eficiência térmica de 50% as potências eléctricas do sistema de cogeração ficam, segundo o tipo de dimensionamento 2,4 kWe/cama para o Inverno, 1,6 kWe/cama para meia estação e 1,3 kWe/cama para o Verão.

Na figura 5.6 observa-se o perfil de funcionamento do motor no Inverno, dimensionado para as necessidades térmicas de Inverno e apresenta-se o perfil de energia eléctrica e o perfil de energia térmica.

Na figura 5.7 compra-se o perfil de funcionamento do motor na meia estação com o perfil das necessidades de energia para esta época. O tipo de dimensionamento pode ser para as necessidades térmicas de Inverno ou meia estação. A diferença reside no regime de funcionamento do motor.

Na figura 5.8 compra-se o perfil de funcionamento do motor no Verão com as necessidades de energia naquela época. O tipo de dimensionamento pode ser para as necessidades térmicas de Inverno, meia estação ou Verão. A diferença reside no regime de funcionamento do motor.

Nas figuras 5.9 e 5.10, observa-se o funcionamento do motor dimensionado para as necessidades térmicas de Verão, a funcionar na meia estação e no inverno.

Na figura 5.11 mostra-se o funcionamento do motor no Inverno, dimensionado para as necessidades térmicas de meia estação.

Na figura 5.12 mostra-se o funcionamento do motor no Verão, dimensionado para as necessidades térmicas de Verão.

O sistema dimensionado para as necessidades de Inverno funciona em regime óptimo e durante 24 horas por dia nessa época (Fig 5.6). Na época de meia estação também funciona 24 horas por dia e fornece toda a energia térmica necessária. Só que o motor funciona abaixo do regime

ótimo. Para o caso apresentado funciona a 67% do regime ótimo (Fig 5.7). No programa, sempre que o motor funcionar abaixo do regime ótimo, não se considera a perda de rendimento que daí resulta. No Verão considera-se que o motor funciona apenas 12 horas das 7 às 19, fornecendo toda a energia térmica necessária (Fig 5.8). A vantagem de só trabalhar 12 horas, é que o motor trabalha menos horas a um regime superior, mas funciona apenas a 48% do regime ótimo.

No dimensionamento para as necessidades de meia estação o motor funciona em regime ótimo durante esta época e fornece toda a energia térmica necessária para este período (Fig 5.7). No Verão o motor também fornece todas as necessidades térmicas só que funciona abaixo do regime ótimo (Fig 5.8). Neste caso abaixo dos 91%.

No Inverno o motor funciona em regime ótimo mas não suprime todas as necessidades de energia térmica (Fig 5.10). Neste caso recorre-se à caldeira existente que fornece a energia térmica em falta.

No dimensionamento para as necessidades de Verão o motor funciona em regime ótimo em todas as épocas, mas só fornece a energia térmica necessária para a época de Verão. No Inverno e na meia estação a energia térmica em falta é suprida recorrendo à caldeira existente.

5.2.2 Selecção do motor

Outro factor que determina a selecção do sistema de cogeração é o tipo de ciclo termodinâmico em que o motor trabalha. Se o combustível do motor for o gás natural, ou o propano, o motor funciona segundo o ciclo Otto. O programa considera para este caso uma eficiência térmica de 50% e uma eficiência eléctrica de 33%. Se o combustível for a nafta, o motor funciona segundo o ciclo Diesel, com eficiência térmica de 50% e eficiência eléctrica de 40%. Como não são comercializados motores a nafta com potências eléctricas inferiores a 1000 kWe, o programa alerta o utilizador para esta situação.

O custo dos motores em função da potência está indicado no capítulo 4. O programa permite testar a utilização de motores com outras eficiências e com outros custos caso o utilizador o deseje.

Na folha de cálculo QUADR2.XLS aparece de forma resumida as características do motor escolhido. A impressão desta folha pode ser vista na figura 5.2.

5.2.3 Selecção do sistema de absorção

O programa permite ao utilizador escolher se o sistema energético proposto tem ou não um sistema de absorção. Nesta opção o programa compara duas soluções, uma arrefecendo com os sistemas de

compressão de vapor e mantendo o sistema energético actual e outra recorrendo simultaneamente ao sistema de cogeração e de absorção.

A energia de arrefecimento necessária para manter o hospital climatizado, foi discutida no capítulo 2, e considerou-se 37 kWh/cama.dia durante a época de Verão.

Tendo em conta o sistema energético actual, o programa calcula a energia eléctrica gasta para manter o hospital todo climatizado durante o Verão. Admite-se que se recorre à acumulação de energia (frio) quer se utilize o sistema de compressão de vapor ou o de absorção. Assim o sistema funciona em regime constante durante as 24 horas do dia. O programa adopta a utilização de pelo menos dois equipamentos com um cop de 2. A potência máxima considerada para estes equipamentos é de 160 kW.

Para existir sistema de absorção, o sistema de cogeração tem que ser dimensionado pelas necessidades térmicas de Inverno. Só assim é garantida a potência térmica suficiente para suprir as necessidades térmicas de Verão e a energia térmica necessária ao sistema de absorção. Para a época de Verão o programa agrega as necessidades térmicas daquela época com as necessidades térmicas do sistema de absorção. O sistema de cogeração funciona de modo a fornecer diariamente em termos médios esta energia.

O sistema de absorção considerado é de simples efeito e tem um cop de 0,6. Considera-se a utilização de um só equipamento se a potência necessária for até 320 kW, se for superior utilizam-se dois equipamentos.

Após o programa ter calculado os custos de exploração com os dois sistemas, compara-os. Os custos de investimento neste caso são dados pela soma do custo do sistema de cogeração, com a diferença de custos entre o sistema de compressão de vapor e o de absorção. Isto porque os equipamentos de absorção são cerca de 30% mais caros que os equipamentos de compressão de vapor. Os preços destes equipamentos foram considerados no capítulo 4.

5.3 Cálculo do consumo e do custo energético no sistema proposto

Escolhido o sistema energético, o programa realiza os cálculos de forma a saber quanta energia se gasta. A energia é consumida no combustível do sistema de cogeração, no combustível da caldeira e na electricidade comprada á rede eléctrica. Caso o sistema tenha produzido electricidade em excesso, tem-se como receita a electricidade vendida à rede eléctrica.

Para cada época o programa calcula o combustível gasto no sistema de cogeração tendo em atenção o tipo de dimensionamento, o combustível e o motor utilizado. Também calcula qual a energia térmica e qual a energia eléctrica fornecida pelo motor. Se o sistema energético proposto tiver sistema de absorção, este apenas influencia os cálculos na época

de Verão, obrigando o sistema de cogeração nesta época a funcionar mais e conseqüentemente a gastar mais combustível.

A caldeira existente funciona para suprir as necessidades de energia térmica da lavandaria e, caso seja necessário, dependente do tipo de dimensionamento do sistema de cogeração, ajuda a suprir as necessidades térmicas em falta. O programa contabiliza esta energia e calcula o custo do combustível.

Na folha de cálculo QUADR3.XLS (Fig. 5.3) aparece de forma resumida estes cálculos.

O sistema de cogeração produz uma determinada quantidade de electricidade, função da época do ano. Como o sistema para cada época funciona em regime constante, então o perfil da electricidade obtida ao longo do dia também é constante. Assim hora a hora, e para cada época, o programa compara a electricidade produzida pelo sistema de cogeração com perfil de electricidade consumida. Se a electricidade produzida for maior que a consumida então vende-se a diferença. Se a electricidade produzida for menor que a consumida então o hospital compra a diferença.

O preço de compra e de venda da electricidade, foi discutido no capítulo 4 e depende da hora considerada. O programa examina se esta electricidade foi vendida ou comprada em hora de ponta, hora de cheia, ou hora de vazio, para seleccionar o preço a utilizar nos cálculos.

Na folha de cálculo QUADR4.XLS (Fig. 5.4) apresenta-se para cada época e segundo a hora de ponta de cheia ou de vazio a quantidade de energia eléctrica comprada e vendida bem como os respectivos valores.

5.4 Análise económica

Por fim o programa faz a análise da rentabilidade dos investimentos necessários. O investimento necessário é dado pelo custo do sistema de cogeração já calculado anteriormente. Se existir climatização, adiciona-se a diferença de custos entre os dois sistemas de arrefecimento considerados. Admite-se para este projecto uma vida útil de 10 anos e um valor residual nulo para o equipamento.

O programa executa um mapa de exploração previsional. Como proveitos apresenta-se a venda de energia eléctrica no sistema energético proposto, o consumo de energia no sistema energético actual e os gastos de conservação no sistema actual. Como custos tem-se o consumo de energia no sistema energético proposto, os gastos de conservação no sistema energético proposto e as amortizações. O resultado da exploração é dado pela diferença entre proveitos e os custos. Soma-se as amortizações e obtém-se o "cash-flow" gerado. A análise da rentabilidade é feita através do "pay-back", da TIR e do VAL.

Na folha de calculo QUADR5.XLS (Fig. 5.5) apresenta-se o resultado destes cálculos.

SISTEMA ENERGÉTICO ACTUAL				
HOSPITAL:	TIPO			Nº Camas: 200
<i>Electricidade consumida</i>			<i>Energia térmica consumida</i>	
	(Kw.h)	(Contos)	(Kw.h)	Nafta (kg) (Contos)
Ponta	258 601	3 677	Inverno	2 433 794 273 802 7 666
Cheia	738 860	8 192	Meia est.	1 733 376 195 005 5 460
Vazio	270 263	2 152	Verão	925 004 104 063 2 914
Total	1 267 723	14 020	Total	5 092 174 572 870 16 040
<i>Resumo</i>				
	(Kw.h)	(Contos)	(esc/kw.h)	
Electri	1 267 723	14 020	11	
Nafta	5 092 174	16 040	3	
Total	6 359 897	30 061	5	

Figura 5.1 - Impressão da folha de calculo QUADR1.XLS

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO				
Hospital	TIPO			Nº Camas 200
<i>Sistema de cogeração</i>			<i>Caldeira existente</i>	
Nª Mot.	1			Combust. Fuel
Comb.	Gás natural			Rend. 80%
Modelo	S/ referência			
Potência	480 (kw)			<i>Sistema de absorção</i>
%Calor	50.0%			Modelo s/ absorção
%Elect.	32.0%			Pot. frig. (kw)
Custo	76 688 (Contos)			COP
				Custo (Contos)

Figura 5.2 - Impressão da folha de calculo QUADR2.XLS

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	TIPO			Nº Camas	200
<i>Sistema de cogeração</i>					
	Regime	Combustível		Energ. t	Energ. e
		kw.h	Contos	kw.h	kw.h
Inver.	100%	4 359 388	13 143	2 179 694	1 395 004
M/Est.	67%	2 954 352	8 907	1 477 176	945 393
Verão	61%	1 337 608	4 033	668 804	428 035
Total		8 651 348	26 082	4 325 674	2 768 431
<i>Caldeira Existente</i>			<i>Sistema de Absorção</i>		
Combustível	958 125 kw.h		Nº Horas/Ano		
Custo Comb.	2 414 Contos		Energ. Arrefeci/	kw.h	
Energ. Termica	766 500 Kw.h				

Figura 5.3 - Impressão da folha de calculo QUADR3.XLS

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	TIPO			Nº Camas	200		
<i>Electricidade /Ano</i>							
		Vendida		Comprada		Saldo	
		kw.h	Contos	kw.h	Contos	kw.h	Contos
Inverno	HP	142 060	2 020	0	0	142 060	2 020
	HC	331 812	3 610	0	0	331 812	3 610
	HV	500 873	3 641	0	0	500 873	3 641
M/Est.	HP	71 660	1 011	539	11	71 121	1 000
	HC	148 572	1 635	1 618	18	146 953	1 617
	HV	303 605	2 372	0	0	303 605	2 372
Verão	HP	16 774	239	27 145	547	-10 372	-309
	HC	73 454	830	30 544	359	42 910	471
	HV	25 546	218	53 782	485	-28 236	-267
Total	HP	230 494	3 269	27 685	558	202 809	2 711
	HC	553 838	6 075	32 162	377	521 675	5 698
	HV	830 023	6 231	53 782	485	776 242	5 746
Total		1 614 355	15 575	113 629	1 420	1 500 726	14 155

Figura 5.4 - Impressão da folha de calculo QUADR4.XLS

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	76 688 (Contos)	VLA 10%	2 821
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	10.93%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	5.9

EXPLORAÇÃO PREVISIONAL

Proveitos	
Venda de energia do novo sistema	15 575
Consumo de energia no sistema actual	30 061
Gastos de conservação no sistema actual	1 018
Consumos	46 654
Custos	
Consumo de energia no novo sistema	29 916
Gastos de conservação no novo sistema	3 752
Amortizações	7 669
	41 337
Resultado da exploração	5 317
Amortizações	7 669
Cash flow gerado	12 986

Figura 5.5 - Impressão da folha de calculo QUADR5.XLS

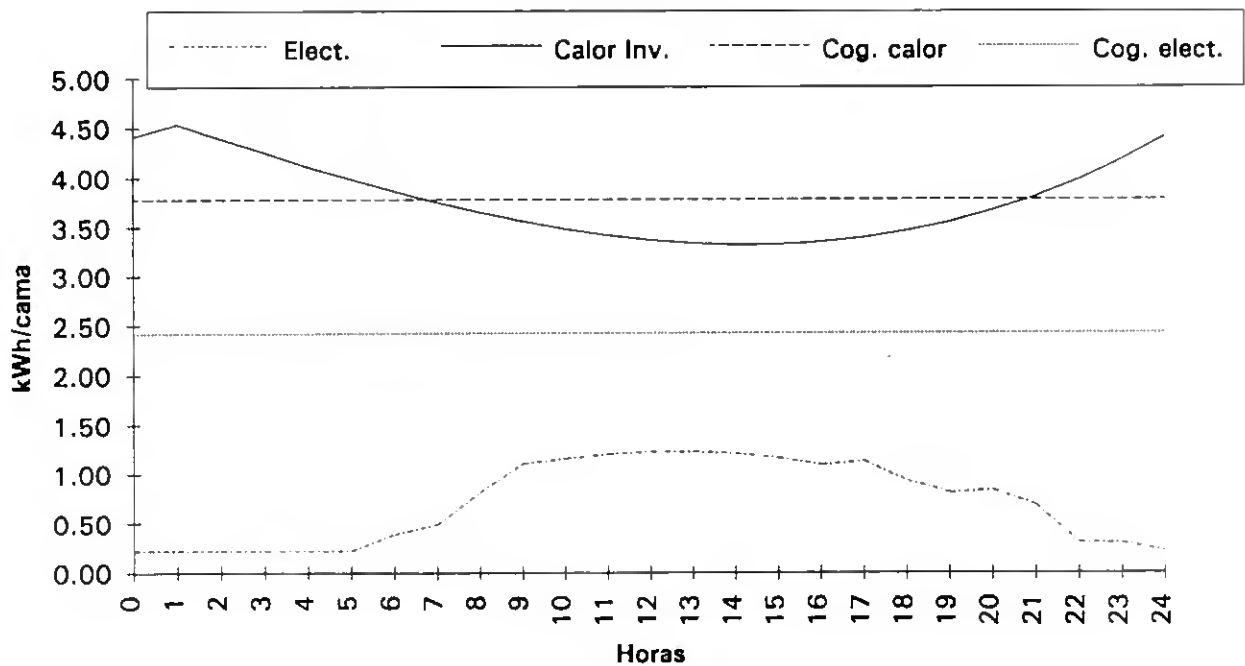


Figura 5.6 - Funcionamento do motor no Inverno, dimensionado para NTI

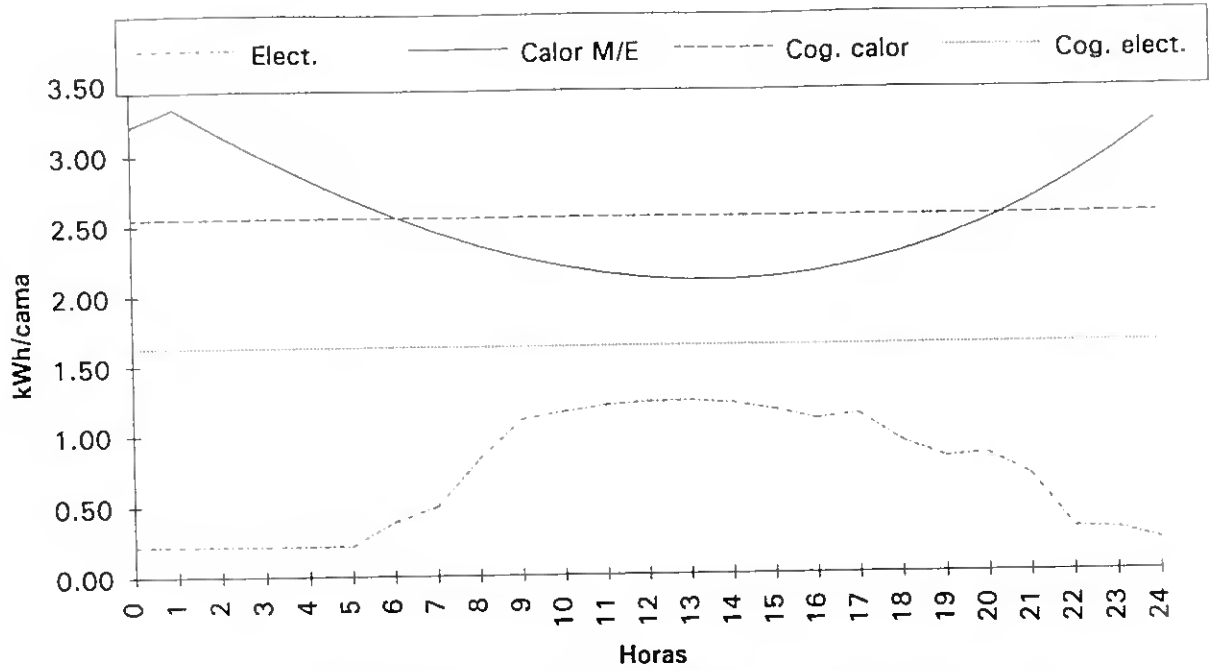


Figura 5.7 - Funcionamento do motor na M/E, dimensionado para NTI ou NT M/E

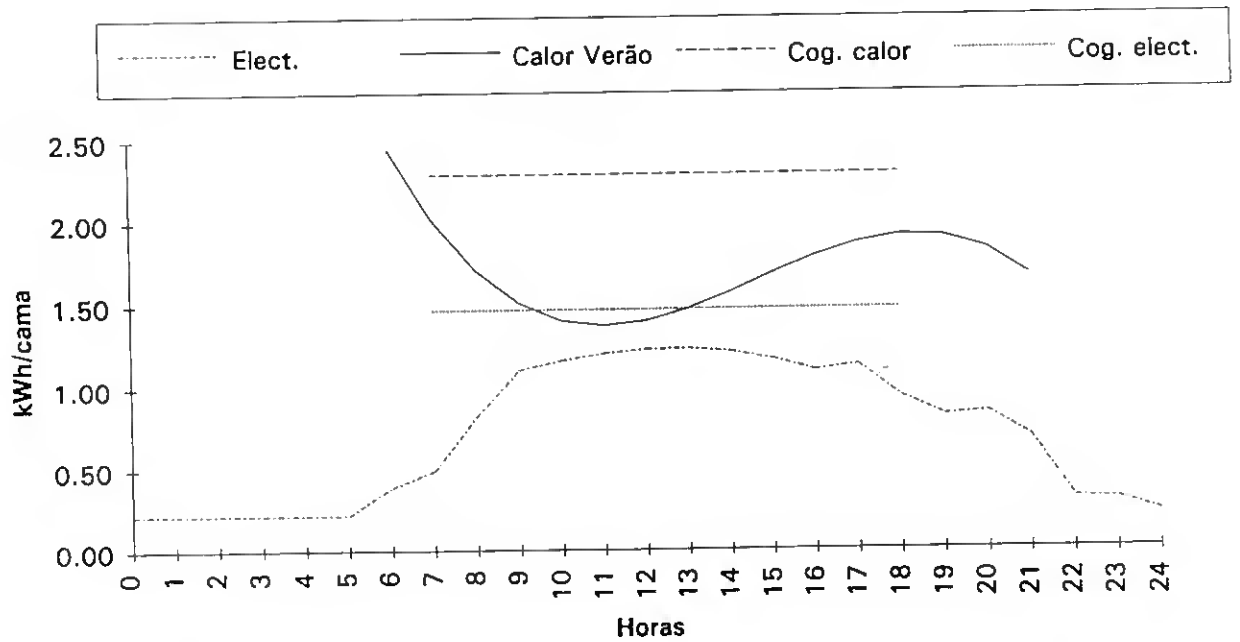


Figura 5.8 - Funcionamento do motor no Verão, dimensionado para NTI ou NT M/E

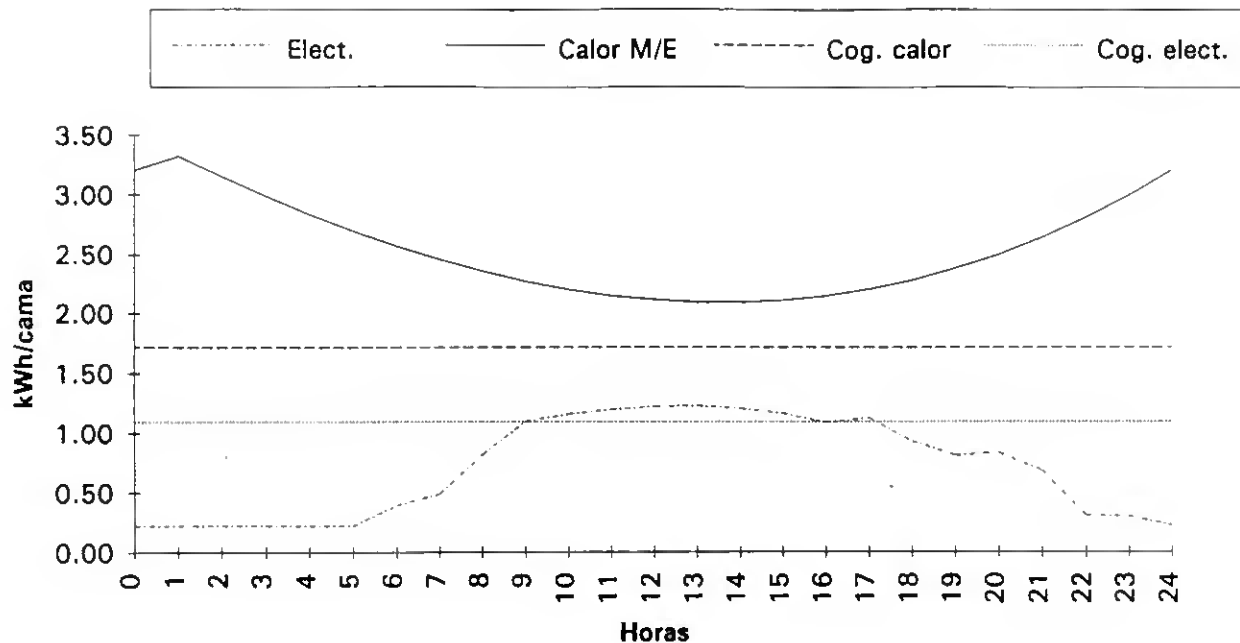


Figura 5.9 - Funcionamento do motor na M/E, dimensionado para NTV

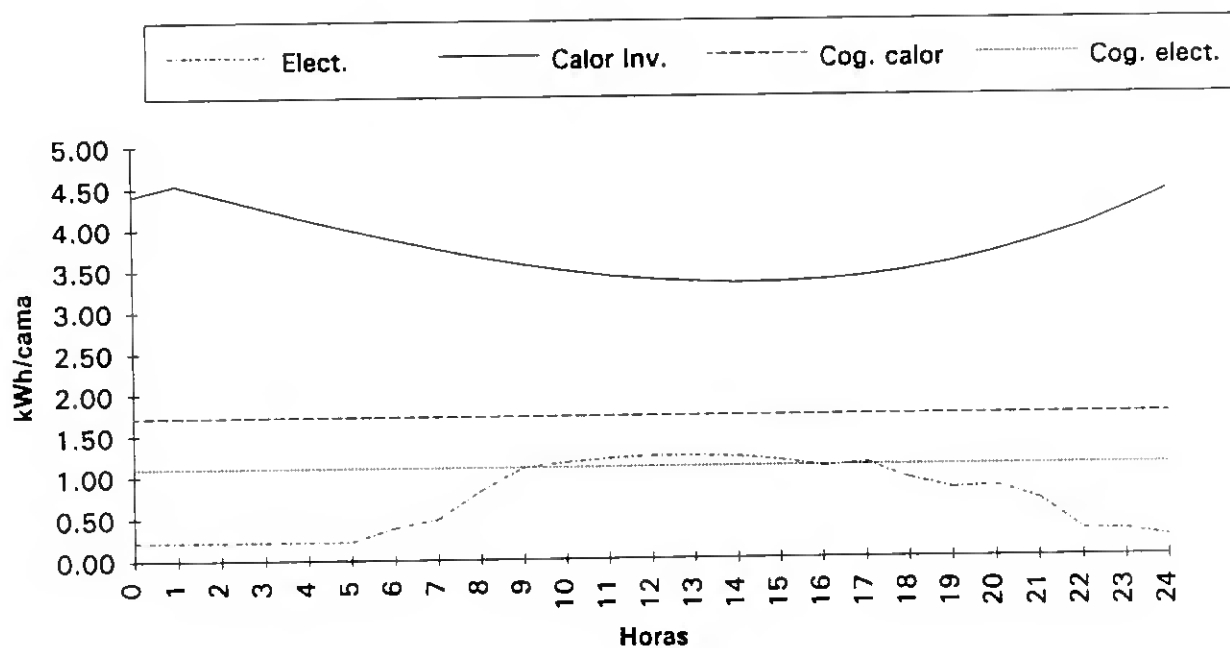


Figura 5.10 - Funcionamento do motor no Inverno, dimensionado para NTV

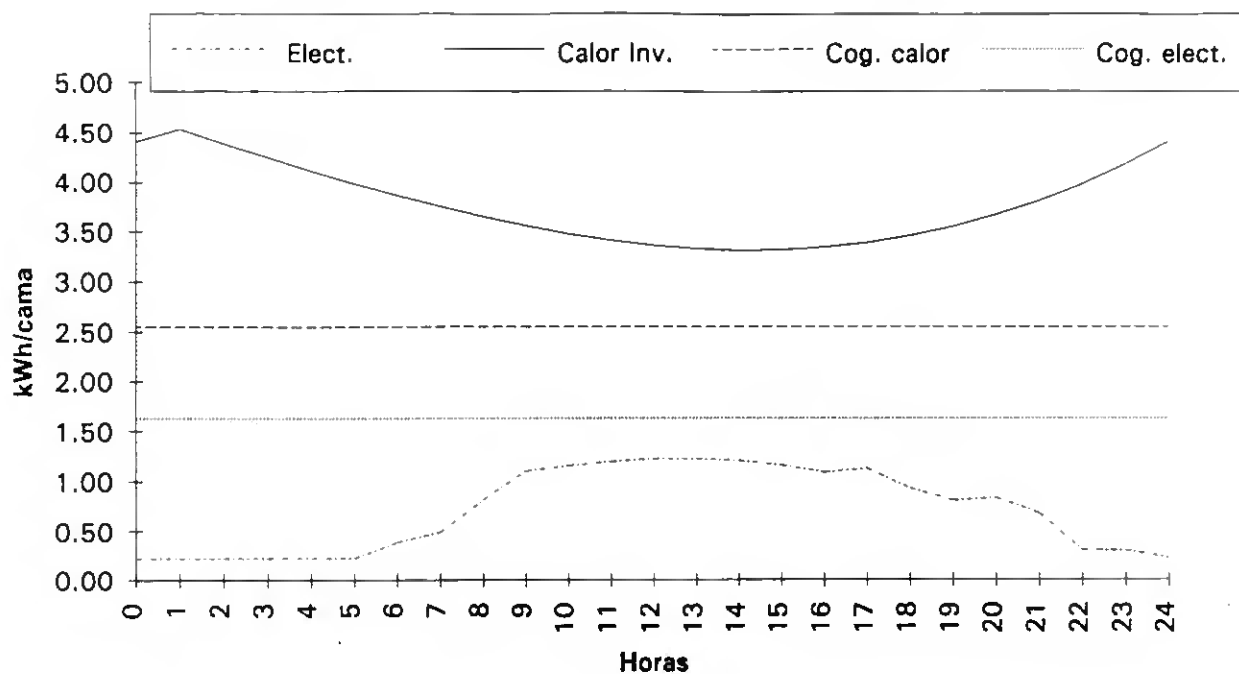


Figura 5.11 - Funcionamento do motor no Inverno, dimensionado para NT M/E

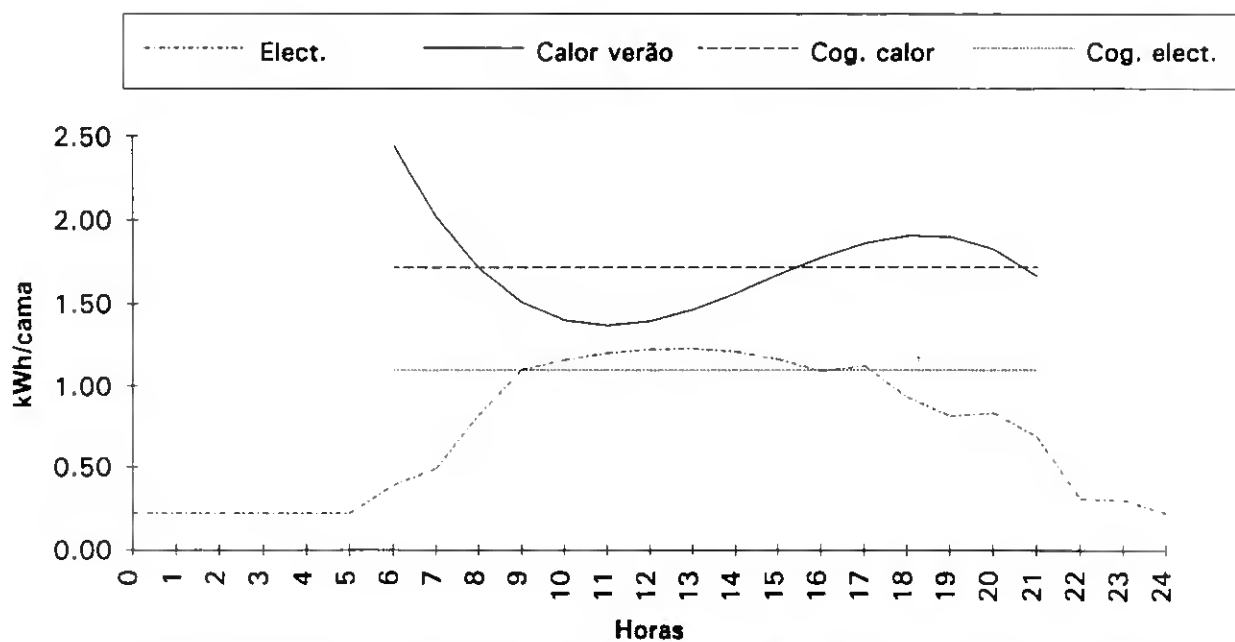


Figura 5.12 - Funcionamento do motor no Verão, dimensionado para NTV

CAPÍTULO 6

ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PROGRAMA

Neste capítulo pretende-se apresentar os resultados obtidos com o programa CSC, simulando diversas soluções de dimensionamento e testando várias hipóteses para os preços dos combustíveis. Vai-se apresentar os resultados para o HD Tipo, para o HD Aveiro e para o HD Portimão. A razão da escolha destes dois últimos hospitais, tem a ver com a necessidade de obter resultados do programa para hospitais com diferentes dimensões.

6.1 Hospital Distrital Tipo

Inicialmente corre-se o programa para o HD Tipo, testando as diferentes soluções de dimensionamento do sistema de cogeração, e para a hipótese de o hospital estar todo climatizado.

Para o HD Tipo, não é possível utilizar a nafta como combustível pois é necessário ter potências superiores a 1000 kW. Para se ter estas potências, no dimensionamento pelas necessidades térmicas de Inverno, o HD tem que ter um número de camas superior a 340. Existem apenas sete HD nestas condições.

6.1.1 Sistemas de cogeração a gás natural

Na figura 6.1 mostram-se o consumo e o custo energético, nas três épocas do ano, mantendo o sistema energético actual. O custo total por ano é de 32 269 contos, 53% de electricidade e 47% de nafta.

O sistema de cogeração conduz aos resultados que a seguir se discriminam, tendo em conta o dimensionamento considerado para cada uma daquelas épocas.

Dimensionamento Inverno

Na figura 6.2 observa-se um resumo do sistema energético proposto ou seja um motor a gás com potência de 480 kW_e e com apoio da caldeira existente. O custo de toda a instalação de cogeração é de 76 688 contos, ou seja, 160 contos/kW.

A figura 6.3 mostra os resultados de funcionamento do sistema durante um ano. Neste caso a caldeira funciona durante todo o ano apenas para fornecer vapor à lavandaria. O sistema de cogeração fornece o resto da

energia térmica. No Inverno o motor trabalha em pleno regime durante 24 h/dia, na meia estação trabalha 24 h/dia a 67% do seu regime máximo e no Verão o motor funciona durante 12 h/dia a 61% do regime máximo. Também se pode ver a quantidade de energia eléctrica produzida pelo sistema em cada época. O sistema energético consome 2 289 contos em nafta para a caldeira e 24 440 contos em gás natural.

A figura 6.4 evidencia que em termos globais o sistema gera uma receita anual com a electricidade vendida de 15 385 contos e uma despesa de 1 585 contos com a electricidade comprada, o que dá um saldo positivo de 13 800 contos. No Inverno o sistema de cogeração fornece toda a electricidade necessária ao hospital vendendo 9 210 contos. Na meia estação vende 4 916 contos, não necessitando de comprar electricidade. No Verão vende-se 1 259 contos mas tem que se comprar 1 585 contos de electricidade.

Na figura 6.5 mostra-se um quadro com a análise da rendibilidade dos investimentos necessários. Os proveitos elevam-se a 48 672 contos, decompondo-se com segue: 15 385 contos de electricidade que vende; 32 269 contos de energia que economiza em relação ao sistema energético actual e 1 018 contos que deixa de gastar na conservação do sistema energético actual. Os custos globais elevam-se a 39 734 contos: 28 313 contos de energia gasta no sistema proposto (2 289 de nafta, mais 24 440 contos de gás natural mais 1 585 contos de electricidade); 3 752 contos de conservação com o novo sistema e 7 669 contos de amortizações. O "cash-flow" gerado por este investimento é de 16 607

contos; o "pay-back" cerca de 4.6 anos; a TIR de 17.24% e um VLA de 23 050 contos actualizado á taxa de 10% .

Devemos ainda salientar que fazendo o saldo entre o total de energia primária gasta no sistema energético actual e o total de energia primária gasta no sistema energético proposto, obtém-se uma poupança em termos globais de 3 871 886 kWh de energia primária.

Dimensionamento meia estação

Nas figuras 6.6 a 6.9, mostram-se os resultados do programa , quando o sistema de cogeração é dimensionado para as necessidades térmicas de meia estação. O motor tem uma potência de 323 kWe e custa 181 contos/kW. Na meia estação e no Inverno este motor funciona 24 h/dia no seu regime máximo, mas no Inverno não consegue fornecer toda a energia térmica necessária. A caldeira fornece o vapor necessário para a lavandaria e ainda 714 626 kWh de energia térmica durante o Inverno. O custo total com o combustível é de 24 824 contos. O sistema fornece durante o Inverno e meia estação quase toda a electricidade consumida no hospital. Ao longo do ano tem-se uma receita de 10 842 contos da venda de electricidade e uma despesa de 1 585 contos. Apesar do custo por kW ser maior que no caso anterior, o investimento é de 58 648 contos, ou seja, 23.5% menor, porque a potência também é menor. Como o "cash-flow" decresce menos que o investimento os indicadores económicos vêm mais favoráveis: o "pay-back" é de 4.1 anos; a TIR

20.9%; e o VLA actualizado á taxa de 10% é de 27 232 contos. Esta situação permite poupar 3 021 912 kWh por ano de energia primária.

Dimensionamento Verão

Nas figuras 6.10 à 6.13, mostram-se os resultados do programa quando o sistema de cogeração está dimensionado para as necessidades térmicas de Verão. A potência do motor é de 219 kW e tem um custo de 207 contos/kW. O sistema de cogeração dimensionado desta maneira funciona em regime óptimo durante todo o ano. A caldeira além de fornecer a energia térmica necessária para a lavandaria tem que fornecer 1 184 711 kWh no Inverno e 473 970 kWh na meia estação para apoio térmico. O custo com o combustível é de 22 309 contos. O saldo com a rede eléctrica nacional continua positivo (compra-se 1 111 contos de electricidade e vende-se 4 546 contos). O investimento total é de 45 368 contos, menos 22,6% que no caso anterior e menos 40.8% que no primeiro caso. O "cash-flow" é apenas de 11 709 contos. O "pay-back" é de 3.9 anos; a TIR 22.38% e o VLA actualizado a uma taxa de 10% é de 24 160 contos. Com esta solução fazemos notar que se consegue poupar 463 804 kWh por ano de energia primária.

Tendo em conta as três dimensões consideradas para o sistema de cogeração, os principais indicadores podem ser resumidos como se mostra na tabela 6.1, para mais fácil comparação.

Tabela 6.1 - Comparação dos investimentos em cogeração dimensionados para diferentes épocas

	Dimen/ Inv.	Dimen/ M/E	Dimen/ Verão
Invest/	76 688	58 648	45 368
"cash-flow"	16 607	14 420	11 709
"pay-back"	4.6	4.1	3.9
TIR	17.24%	20.90%	22.385
VLA	23 050	27 232	24 160
en. pr. (kWh)	3 871 886	3 021 912	463 804

Dimensionamento com sistema de absorção

As figuras 6.14 a 6.19, representam os resultados do programa para a hipótese do hospital estar todo climatizado com sistema de absorção.

O sistema energético actual consumiria mais 451 400 kWh de electricidade o que representaria um custo de 5 691 contos, isto considerando que o hospital está todo climatizado com um sistema de compressão de vapor.

O sistema energético proposto consiste em um motor a gás natural igual ao dimensionado para as necessidades térmicas de Inverno (480 kW e um custo de 160 contos/kW) e um sistema de absorção com uma potência frigorífica de 308 kW e um custo de 40 contos/kW.

No Inverno e na meia estação o funcionamento do sistema de cogeração é igual ao do dimensionado para as necessidades térmicas de Inverno. No Verão o sistema de cogeração tem que fornecer mais 1 504 667 kWh de calor, necessário ao funcionamento do sistema de absorção. Tal facto

faz com que o sistema de cogeração trabalhe durante o Verão em pleno regime durante 24 h/dia. O custo do combustível necessário para produzir mais 1 504 667 kWh é de 8 501 contos. Para fornecer aquela quantidade de calor o sistema tem de produzir 962 986 kWh de electricidade, e por isso, também no Verão o hospital fica com electricidade para consumo e ainda fornece à rede eléctrica 9 944 contos.

O investimento total é de 79 847 contos (76 688 contos do sistema de cogeração adicionado de 3159 contos do diferencial de custo do sistema de absorção com o sistema de compressão de vapor). Este investimento tem um "cash-flow" de 22 814 contos; um "pay-back" de 3.5 anos; uma TIR de 25.66% e o VLA actualizado á taxa de 10% é de 54 848 contos. Este sistema permitiria poupar 5 148 574 kWh de energia primária por ano.

Na tabela 6.2 mostram-se os custos de investimento e os custos operacionais das duas hipóteses de investimento: climatização com sistema de compressão de vapor e climatização com sistema de absorção. Comparando os dois investimentos em separado, constata-se que o sistema de absorção obrigaria a um investimento superior em 3 159 contos, com consumos de energia superiores em 2 810 contos. Em contrapartida, permitiria facturar 9 944 contos como produto da venda da electricidade, o que se traduz num beneficio bastante considerável.

Tabela 6.2 - Custos de Investimento e operacionais dos sistemas de arrefecimento (contos)

	Comp. vapor	Absorção
Investimento	9 177	12 336
Custo da energia	5 691	8 501
Venda de energia	-	9 944

6.1.2 Sistema de cogeração a propano

Nas figuras 6.19 a 6.22, mostram-se a impressão do QUADR5.XLS do programa que representa a análise da rentabilidade dos investimentos para as diferentes hipóteses de dimensionamento considerando que o combustível utilizado é o propano. As potências dos motores e os investimentos necessários são idênticos aos do gás natural. Verifica-se que para todas as hipóteses de dimensionamento, os custos são maiores que os proveitos, o que implica resultados negativos deixando de fazer sentido o investimento nestas condições. Tal facto fica a dever-se ao elevado preço do propano no nosso país.

Correu-se o programa admitindo preços mais baixos para o propano. Na figura 6.23 mostra-se a análise da rentabilidade, para o dimensionamento pelas necessidades térmicas de meia estação, admitindo o preço do propano de 49\$00 /kg, menos 32% que o preço actual. O "pay-back" é de 5.9 anos e a TIR de 11.07%, valores piores que a situação homóloga considerando o gás natural. Admitir, porém, uma redução de cerca de 32% no preço do propano não parece hipótese realista.

6.1.3 Importância do custo da energia

Dado o elevado peso da energia tanto nos custos de funcionamento do sistema, como nos proveitos, é importante testar o comportamento do "cash-flow" face a variações de preços naquele factor.

Considera-se um aumento de 10% nos preços e a situação de dimensionamento pelas necessidade térmicas de meia estação.

Um aumento de 10% no preço do gás natural eleva o preço para 43\$00 por kg. Este aumento vai fazer subir o custo do sistema energético proposto e conseqüentemente baixar o "cash-flow". Na figura 6.24 observa-se que o "cash-flow" baixaria para 12 327 contos, menos 14.5% que o valor obtido sem aumento de preço. Nestas condições o investimento continuaria a ser atractivo.

Se o aumento de 10% se verificar na nafta, o preço deste combustível subiria para 30\$80 por kg. O "cash-flow" passaria para 15 575 contos, mais 8% que o valor obtido sem aumento de preço. Recorde-se que o sistema actual consome nafta e, por isso, subiriam os seus custos de funcionamento, aumentando as vantagens a favor da cogeração, que consome gás natural. A figura 6.25 põe em evidência que as alterações provocadas na rendibilidade do investimento viriam, nesta hipótese, muito favoráveis.

O aumento considerado nos preços da electricidade implica aumentos nos preços de compra e nos preços de venda. Em consequência o "cash-flow" aumenta 18.4% quando comparado com o obtido sem aumento de preço.

A figura 6.26 mostra que a rendibilidade, para este caso, registaria uma evolução favorável.

Uma vez que o preço do gás natural é estimado, vamos correr o programa testando diversas hipóteses para o preço deste combustível com o objectivo de sabermos qual o preço limite, isto é, o preço a partir do qual o investimento em sistemas de cogeração a gás natural deixa de ser viável financeiramente. Nas figuras 6.27 a 6.29 mostra-se a análise de rendibilidade dos investimentos necessários para a situação de dimensionamento de Inverno, de meia estação e de Verão com preços de 45\$00 /kg para o primeiro caso, de 48\$00/kg para o segundo caso e de 50\$00/kg para o terceiro caso. Ambos os casos apresentam "pay-backs" que rondam os 6 anos e a TIR não ultrapassa os 11%.

6.2 Hospital Distrital de Aveiro

Para estudar o comportamento dos sistemas de cogeração em hospitais com um número de camas superior ao do HD Tipo, escolheu-se o HD Aveiro, que tem 357 camas. Por outro lado este é um dos 7 HD que podem ter sistemas de cogeração a nafta.

Na figura 6.30 mostram-se o custo e o consumo de energia anual, mantendo o sistema energético actual, supondo que o consumo de energia tem o mesmo perfil do HD Tipo.

6.2.1 Sistemas de cogeração a nafta

Correu-se o programa para a utilização de um motor a nafta e para o dimensionamento das necessidades térmicas de Inverno. Não se estudou o dimensionamento para outras épocas porque a potência necessária é inferior a 1000 kW.

Dimensionamento Inverno

O sistema de cogeração seleccionado tem uma potência de 1 072 kW e um custo de 173 contos/kW, como se observa na figura 6.31. Nas figuras 6.32 e 6.33 podem-se ver os dados do consumo, dos custos e dos proveitos deste sistema energético. A análise da rendibilidade do investimento apresenta-se na figura 6.34 e apresenta indicadores bastante favoráveis: o "pay-back" é de 3.9 anos, a TIR de 22.08% e o VLA actualizado a uma taxa de 10% é de 96 180 contos.

6.2.2 Sistemas de cogeração a gás natural

Dimensionamento Inverno

Correu-se o programa admitindo o mesmo tipo de dimensionamento para o sistema de cogeração mas utilizando gás natural como combustível. O sistema de cogeração seleccionado tem uma potência de 857 kW e um custo de 142.5 contos/kW, como se observa na figura 6.35. A simulação do consumo e do custo do sistema energético proposto pode ser visto nas figuras 6.36 e 6.37. Na figura 6.38 mostra-se a análise da rentabilidade deste investimento. O investimento é cerca de 34% inferior ao da situação anterior, pois além do custo por kW deste motor ser inferior, necessita de uma potência menor para satisfazer as mesmas necessidades de energia térmica. Porém, o "cash-flow" deste investimento é cerca de 65.5% inferior ao anterior, o que fica a dever-se ao baixo preço da nafta em Portugal e a uma maior produção de energia eléctrica por parte do sistema Diesel. Este investimento tem, um "pay-back" de 4.3 anos, uma TIR de 19.51% e um VLA actualizado à taxa de 10% é 49 007 contos. Os indicadores são piores que os do investimento anterior. Contudo os indicadores são mais favoráveis se comparar com o investimento homólogo para o HD Tipo.

Dimensionamento meia estação

Continuando a ter o gás natural como combustível, vai-se correr o programa para o dimensionamento de meia estação. Nas figuras 6.39 a

6.42 estão imprimidos os resultados do programa para esta hipótese. O motor tem 576 kW e o investimento total monta a 88 127 contos. O "pay-back" é de 3.4 anos, a TIR de 26.4% e o VLA de 63 664 contos. Os indicadores económicos são melhores que os do dimensionamento de Inverno e que os da situação homóloga do HD Tipo.

Dimensionamento Verão

A última situação de dimensionamento testada para este hospital foi para as necessidades térmicas de Verão. Os resultados estão apresentados nas figuras 6.43 a 6.46. O motor tem uma potência de 391 kW e o investimento total é de 66 542 contos. A análise da rentabilidade mostra que este investimento tem um "pay-back" de 3.2 anos, uma TIR de 28.94% e um VLA de 56 254 contos. Os indicadores económicos são parecidos com os da situação anterior e melhores do que os apresentados para a situação homóloga do HD Tipo.

6.3 Hospital Distrital de Portimão

Para este hospital, com 139 camas, vai-se correr o programa tendo como combustível o gás natural e para o dimensionamento para as diferentes épocas.

Na figura 6.47 mostra-se o consumo e o custo da energia anual, mantendo o sistema energético actual e supondo que tem um perfil de consumo igual ao HD Tipo

6.3.1 Sistemas de cogeração a gás natural

Dimensionamento Inverno

Nas figuras 6.48 a 6.51, estão representados a impressão dos resultados do programa para o dimensionamento de Inverno. O motor tem uma potência de 334 kW e tem um custo de 179 contos/kW. O "cash-flow" deste investimento é de 11 542 contos para um investimento global de 59 938 contos o que dá um "pay-back" de 5.2 anos e uma TIR de 14.11%. Estes indicadores são piores dos que os da situação homóloga para o HD Tipo, mas ainda aceitáveis do ponto de vista económico.

Dimensionamento meia estação

Para o dimensionamento para as necessidades térmicas de meia estação o motor tem uma potência de 224 kW, e um custo de 205 contos/kW. Os indicadores económicos embora melhores que os anteriores, continuam a ser piores que os da situação homóloga para o HD TIPO. O "pay-back" é de 4.6 anos e a TIR de 17.35%. Os resultados do programa para este caso podem ser observados nas figuras 6.52 a 6.55.

Dimensionamento Verão

No dimensionamento de Verão, o motor tem uma potência de 152 kW e um custo de 230 contos/kW. Os resultados do programa podem ser vistos

nas figuras 6.56 a 6.59. O "pay back" é de 6 anos e a TIR de 19.33%. Os indicadores económicos são melhores do que os da situação anterior e continuam a ser piores que os da situação homóloga do HD Tipo.

SISTEMA ENERGÉTICO ACTUAL					
HOSPITAL:	TIPO			Nº Camas:	200
<i>Electricidade consumida</i>			<i>Energia térmica consumida</i>		
	(Kw.h)	(Contos)	(Kw.h)	Nafta (kg)	(Contos)
Ponta	286 540	5 938	Inverno	2 433 794	259 528
Cheia	757 266	9 140	Meia est.	1 733 376	184 839
Vazio	223 918	1 986	Verão	925 004	98 638
Total	1 267 723	17 065	Total	5 092 174	543 004
<i>Resumo</i>					
	(Kw.h)	(Contos)	(esc/kw.h)		
Electri	1 267 723	17 065	13		
Nafta	5 092 174	15 204	3		
Total	6 359 897	32 269	5		

Figura 6.1 - Sistema energético actual, HDT

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO					
Hospital	TIPO			Nº Camas	200
<i>Sistema de cogeração</i>			<i>Caldeira existente</i>		
Nº Mot.	1			Combust.	Fuel
Comb.	Gás natural			Rend.	80%
Modelo	S/ referência				
Potência	480 (kw)				
%Calor	50.0%				
%Elect.	32.0%				
Custo	76 688 (Contos)				
			<i>Sistema de absorção</i>		
			Modelo	s/ absorção	
			Pot. frig.	(kw)	
			COP		
			Custo	(Contos)	

Figura 6.2 - Equipamento do sistema energético proposto, dimensionado para NTI

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	TIPO	Nº Camas	200
<i>Sistema de cogeração</i>			
	Regime	Combustível kw.h Contos	Energ. t kw.h Energ. e kw.h
Inver.	100%	4 359 388 12 315	2 179 694 1 395 004
M/Est.	67%	2 954 352 8 346	1 477 176 945 393
Verão	61%	1 337 608 3 779	668 804 428 035
Total		8 651 348 24 440	4 325 674 2 768 431
<i>Caldeira Existente</i>		<i>Sistema de Absorção</i>	
Combustível	958 125 kw.h		Nº Horas/Ano
Custo Comb.	2 289 Contos		Energ. Arrefeci/
Energ. Termica	766 500 Kw.h		kw.h

Figura 6.3 - Funcionamento do sistema energético proposto, dimensionado para NTI

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	TIPO	Nº Camas	200	
<i>Electricidade /Ano</i>				
		Vendida kw.h Contos	Comprada kw.h Contos	
		Saldo kw.h Contos		
Inverno	HP	136 940 1 947	0 0	136 940 1 947
	HC	324 601 3 532	0 0	324 601 3 532
	HV	513 204 3 731	0 0	513 204 3 731
M/Est.	HP	61 789 871	0 0	61 789 871
	HC	140 785 1 550	0 0	140 785 1 550
	HV	319 087 2 495	0 0	319 087 2 495
Verão	HP	13 099 186	36 963 783	-23 864 -596
	HC	65 218 737	27 348 337	37 870 400
	HV	39 459 336	49 163 465	-9 704 -129
Total	HP	211 828 3 005	36 963 783	174 865 2 222
	HC	530 604 5 818	27 348 337	503 256 5 481
	HV	871 750 6 562	49 163 465	822 587 6 097
Total		1 614 183 15 385	113 475 1 585	1 500 708 13 800

Figura 6.4 - Compra e venda de electricidade no sistema energético proposto, dimensionamento NTI

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	76 688 (Contos)	VLA	10% 23 050
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	17.24%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	4.6
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
<i>Proveitos</i>			
Venda de energia do novo sistema			15 385
Consumo de energia no sistema actual			32 269
Gastos de conservação no sistema actual			1 018
Consumos			48 672
<i>Custos</i>			
Consumo de energia no novo sistema			28 313
Gastos de conservação no novo sistema			3 752
Amortizações			7 669
			39 734
Resultado da exploração			8 938
Amortizações			7 669
Cash flow gerado			16 607

Figura 6.5 - Análise de rendibilidade, dimensionamento NTI

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	TIPO	Nº Camas	200
<i>Sistema de cogeração</i>		<i>Caldeira existente</i>	
Nº Mot.	1	Combust.	Fuel
Comb.	Gás natural	Rend.	80%
Modelo	S/ referência	<i>Sistema de absorção</i>	
Potência	323 (kw)	Modelo	s/ absorção
%Calor	50.0%	Pot. frig.	(kw)
%Elect.	32.0%	COP	
Custo	58 648 (Contos)	Custo	(Contos)

Figura 6.6 - Equipamento do sistema energético proposto, dimensionamento NT M/E

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	TIPO					Nº Camas	200
<i>Sistema de cogeração</i>							
	Regime	Combustível		Energ. t	Energ. e		
		kw.h	Contos	kw.h	kw.h		
Inver.	100%	2 930 136	8 277	1 465 068	937 644		
M/Est.	100%	2 954 352	8 346	1 477 176	945 393		
Verão	91%	1 337 608	3 779	668 804	428 035		
Total		7 222 096	20 402	3 611 048	2 311 071		
<i>Caldeira Existente</i>				<i>Sistema de Absorção</i>			
Combustível	1 851 408 kw.h			Nº Horas/Ano			
Custo Comb.	4 422 Contos			Energ. Arrefeci/		kw.h	
Energ. Termica	1 481 126 Kw.h						

Figura 6.7 - Funcionamento do sistema energético proposto, dimensionamento NT M/E

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	TIPO					Nº Camas	200
<i>Electricidade /Ano</i>							
		Vendida		Comprada		Saldo	
		kw.h	Contos	kw.h	Contos	kw.h	Contos
Inverno	HP	60 714	863	0	0	60 714	863
	HC	134 034	1 458	0	0	134 034	1 458
	HV	322 637	2 346	0	0	322 637	2 346
M/Est.	HP	61 789	871	0	0	61 789	871
	HC	140 785	1 550	0	0	140 785	1 550
	HV	319 087	2 495	0	0	319 087	2 495
Verão	HP	13 099	186	36 963	783	-23 864	-596
	HC	65 218	737	27 348	337	37 870	400
	HV	39 459	336	49 163	465	-9 704	-129
Total	HP	135 602	1 921	36 963	783	98 638	1 139
	HC	340 037	3 745	27 348	337	312 689	3 408
	HV	681 183	5 176	49 163	465	632 020	4 711
Total		1 156 822	10 842	113 475	1 585	1 043 348	9 258

Figura 6.8 - Compra e Venda de electricidade do sistema energético proposto, dimensionamento NT M/E

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS			
Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	58 648 (Contos)	VLA 10%	27 232
Vida util:	10 (Anos)	TIR	20.90%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	4.1
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
<i>Proveitos</i>			
	Venda de energia do novo sistema		10 842
	Consumo de energia no sistema actual		32 269
	Gastos de conservação no sistema actual		1 018
	Consumos		44 130
<i>Custos</i>			
	Consumo de energia no novo sistema		26 409
	Gastos de conservação no novo sistema		3 301
	Amortizações		5 865
			35 575
	Resultado da exploração		8 555
	Amortizações		5 865
	Cash flow gerado		14 420

Figura 6.9 - Análise da rendibilidade, dimensionamento NT M/E

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO			
Hospital	TIPO	Nº Camas	200
<i>Sistema de cogeração</i>		<i>Caldeira existente</i>	
Nº Mot.	1	Combust.	Fuel
Comb.	Gás natural	Rend.	80%
Modelo	S/ referência	<i>Sistema de absorção</i>	
Potência	219 (kw)	Modelo	s/ absorção
%Calor	50.0%	Pot. frig.	(kw)
%Elect.	32.0%	COP	
Custo	45 368 (Contos)	Custo	(Contos)

Figura 6.10 - Equipamento proposto, Dimensionamento NTV

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	TIPO			Nº Camas	200
<i>Sistema de cogeração</i>					
	Regime	Combustível		Energ. t	Energ. e
		kw.h	Contos	kw.h	kw.h
Inver.	100%	1 989 966	5 622	994 983	636 789
M/Est.	100%	2 006 412	5 668	1 003 206	642 052
Verão	100%	1 337 608	3 779	668 804	428 035
Total		5 333 986	15 068	2 666 993	1 706 876
<i>Caldeira Existente</i>			<i>Sistema de Absorção</i>		
Combustível	3 031 476 kw.h		Nº Horas/Ano		
Custo Comb.	7 241 Contos		Energ. Arrefaci/		kw.h
Energ. Termica	2 425 181 Kw.h				

Figura 6.11 - Funcionamento do sistema energético proposto, Dimensionamento NTV

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	TIPO			Nº Camas	200		
<i>Electricidade /Ano</i>							
		Vendida		Comprada		Saldo	
		kw.h	Contos	kw.h	Contos	kw.h	Contos
Inverno	HP	13 280	189	2 709	55	10 571	134
	HC	21 002	229	12 324	146	8 678	83
	HV	197 281	1 434	0	0	197 281	1 434
M/Est.	HP	14 965	211	3 703	77	11 263	134
	HC	25 816	285	11 330	137	14 486	148
	HV	192 695	1 505	0	0	192 695	1 505
Verão	HP	16 541	235	4 736	100	11 806	135
	HC	11 227	127	17 944	221	-6 717	-94
	HV	38 849	331	39 635	375	-786	-44
Total	HP	44 786	635	11 147	232	33 639	403
	HC	58 045	640	41 598	503	16 448	137
	HV	428 825	3 270	39 635	375	389 189	2 895
Total		531 657	4 546	92 380	1 111	439 277	3 435

Figura 6.12 - Compra e venda de electricidade no sistema energético proposto, dimensionamento NTV

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	45 368 (Contos)	VLA	10% 24 160
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	22.38%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	3.9

EXPLORAÇÃO PREVISIONAL	
<i>Proveitos</i>	
Venda de energia do novo sistema	4 546
Consumo de energia no sistema actual	32 269
Gastos de conservação no sistema actual	1 018
Consumos	37 833
<i>Custos</i>	
Consumo de energia no novo sistema	23 420
Gastos de conservação no novo sistema	2 704
Amortizações	4 537
	30 661
Resultado da exploração	7 172
Amortizações	4 537
Cash flow gerado	11 709

Figura 6.13 - Análise da rendibilidade, dimensionamento NTV

SISTEMA ENERGÉTICO ACTUAL

HOSPITAL:	TIPO	Nº Camas:	200
<i>Electricidade consumida</i>		<i>Energia térmica consumida</i>	
	(Kw.h)	(Contos)	
Ponta	361 773	7 531	
Cheia	945 349	11 459	
Vazio	412 001	3 765	
Total	1 719 123	22 756	
	(Kw.h)	Nafta (kg)	(Contos)
Inverno	2 433 794	259 528	7 267
Meia est.	1 733 376	184 839	5 175
Verão	925 004	98 638	2 762
Total	5 092 174	543 004	15 204
<i>Resumo</i>			
	(Kw.h)	(Contos)	(esc/kw.h)
Electri	1 719 123	22 756	13
Nafta	5 092 174	15 204	3
Total	6 811 297	37 960	6

Figura 6.14 - Consumo e custo da energia do sistema energético actual, dimensionamento NTI com sistema de absorção

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	TIPO	Nº Camas	200
Sistema de cogeração		Caldeira existente	
Nº Mot.	1	Combust.	Fuel
Comb.	Gás natural	Rend.	80%
Modelo	S/ referência	Sistema de absorção	
Potência	480 (kw)	Modelo	S/ referência
%Calor	50.0%	Pot. frig.	308 (kw)
%Elect.	32.0%	COP	0.60
Custo	76 688 (Contos)	Custo	12 336 (Contos)

Figura 6.15 - Equipamento proposto, Dimensionamento NTI com sistema de absorção

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	TIPO	Nº Camas	200
Sistema de cogeração			
	Regime	Combustível kw.h	Energ. t kw.h
		Contos	Energ. e kw.h
Inver.	100%	4 359 388	12 315
M/Est.	67%	2 954 352	8 346
Verão	99%	4 346 941	12 280
Total		11 660 681	32 941
Caldeira Existente		Sistema de Absorção	
Combustível	958 125 kw.h	Nº Horas/Ano	2 928
Custo Comb.	2 289 Contos	Energ. Arrefaci/	902 800 kw.h
Energ. Termica	766 500 Kw.h		

Figura 6.16 - Funcionamento do sistema energético proposto, Dimensionamento NTI com sistema de absorção.

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital		TIPO		Nº Camas		200	
Electricidade /Ano		Vendida		Comprada		Saldo	
		kw.h	Contos	kw.h	Contos	kw.h	Contos
Inverno	HP	136 940	1 947	0	0	136 940	1 947
	HC	324 601	3 532	0	0	324 601	3 532
	HV	513 204	3 731	0	0	513 204	3 731
M/Est.	HP	61 789	871	0	0	61 789	871
	HC	140 785	1 550	0	0	140 785	1 550
	HV	319 087	2 495	0	0	319 087	2 495
Verão	HP	136 634	1 943	0	0	136 634	1 943
	HC	332 106	3 753	0	0	332 106	3 753
	HV	498 549	4 248	0	0	498 549	4 248
Total	HP	335 363	4 762	0	0	335 363	4 762
	HC	797 492	8 834	0	0	797 492	8 834
	HV	1 330 840	10 473	0	0	1 330 840	10 473
Total		2 463 695	24 069	0	0	2 463 695	24 069

Figura 6.17 - Compra e venda de electricidade no sistema energético proposto, dimensionamento NTI com sistema de absorção

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:		TIPO		Nº Camas		200	
Investimento:	79 847 (Contos)	VLA	10%	54 848			
Vida util:	10 (Anos)	TIR		25.66%			
Valor residual:	Nulo	Pay-Back		3.5			

EXPLORAÇÃO PREVISIONAL

Proveitos		
Venda de energia do novo sistema		24 069
Consumo de energia no sistema actual		37 960
Gastos de conservação no sistema actual		1 018
Consumos		63 047
Custos		
Consumo de energia no novo sistema		35 229
Gastos de conservação no novo sistema		5 004
Amortizações		7 985
		48 218
Resultado da exploração		14 829
Amortizações		7 985
Cash flow gerado		22 814

Figura 6.18 - Análise da rendibilidade, dimensionamento NTI com sistema de absorção

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	76 688 (Contos)	VLA	10% -84 605
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	#NUM!
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	-28.8

EXPLORAÇÃO PREVISIONAL

Proveitos	
Venda de energia do novo sistema	15 385
Consumo de energia no sistema actual	32 269
Gastos de conservação no sistema actual	1 018
Consumos	48 672
Custos	
Consumo de energia no novo sistema	47 585
Gastos de conservação no novo sistema	3 752
Amortizações	7 669
	59 007
Resultado da exploração	-10 334
Amortizações	7 669
Cash flow gerado	-2 665

Figura 6.19 - Análise da rentabilidade, dimensionamento NTI e propano como combustível

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	58 648 (Contos)	VLA	10% -62 638
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	#NUM!
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	-35.1

EXPLORAÇÃO PREVISIONAL

Proveitos	
Venda de energia do novo sistema	10 842
Consumo de energia no sistema actual	32 269
Gastos de conservação no sistema actual	1 018
Consumos	44 130
Custos	
Consumo de energia no novo sistema	42 498
Gastos de conservação no novo sistema	3 301
Amortizações	5 865
	51 663
Resultado da exploração	-7 534
Amortizações	5 865
Cash flow gerado	-1 669

Figura 6.20 - Análise da rentabilidade, dimensionamento NT M/E e propano como combustível

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:	TIPO	N° Camas	200
Investimento:	45 368 (Contos)	VLA	10% -42 215
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	#NUM!
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	-261.1

EXPLORAÇÃO PREVISIONAL

Proveitos		
Venda de energia do novo sistema		4 546
Consumo de energia no sistema actual		32 269
Gastos de conservação no sistema actual		1 018
Consumos		37 833
Custos		
Consumo de energia no novo sistema		35 303
Gastos de conservação no novo sistema		2 704
Amortizações		4 537
		42 543
Resultado da exploração		-4 711
Amortizações		4 537
Cash flow gerado		-174

Figura 6.21 - Análise da rentabilidade, dimensionamento NTV e propano como combustível

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:	TIPO	N° Camas	200
Investimento:	79 847 (Contos)	VLA	10% -90 254
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	#NUM!
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	-25.2

EXPLORAÇÃO PREVISIONAL

Proveitos		
Venda de energia do novo sistema		24 069
Consumo de energia no sistema actual		37 960
Gastos de conservação no sistema actual		1 018
Consumos		63 047
Custos		
Consumo de energia no novo sistema		61 206
Gastos de conservação no novo sistema		5 004
Amortizações		7 985
		74 195
Resultado da exploração		-11 147
Amortizações		7 985
Cash flow gerado		-3 163

Figura 6.22 - Análise da rentabilidade, dimensionamento NTI com sistema de absorção e propano como combustível

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS			
Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	58 648 (Contos)	VLA	10% 2 476
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	11.07%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	5.9
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
<i>Proveitos</i>			
Venda de energia do novo sistema			10 842
Consumo de energia no sistema actual			32 269
Gastos de conservação no sistema actual			1 018
Consumos			44 130
<i>Custos</i>			
Consumo de energia no novo sistema			30 841
Gastos de conservação no novo sistema			3 301
Amortizações			5 865
			40 006
Resultado da exploração			4 123
Amortizações			5 865
Cash flow gerado			9 988

Figura 6.23 - Análise da rentabilidade, dimensionamento NT M/E e propano como combustível a 49\$00/kg

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS			
Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	58 648 (Contos)	VLA	10% 15 543
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	16.43%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	4.8
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
<i>Proveitos</i>			
Venda de energia do novo sistema			10 842
Consumo de energia no sistema actual			32 269
Gastos de conservação no sistema actual			1 018
Consumos			44 130
<i>Custos</i>			
Consumo de energia no novo sistema			28 502
Gastos de conservação no novo sistema			3 301
Amortizações			5 865
			37 667
Resultado da exploração			6 462
Amortizações			5 865
Cash flow gerado			12 327

Figura 6.24 - Análise da rentabilidade, dimensionamento NT M/E, com um aumento de 10% no preço do gás natural

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS			
Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	58 648 (Contos)	VLA 10%	33 685
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	23.28%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	3.8
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
<i>Proveitos</i>			
	Venda de energia do novo sistema		10 842
	Consumo de energia no sistema actual		33 898
	Gastos de conservação no sistema actual		1 018
	Consumos		45 759
<i>Custos</i>			
	Consumo de energia no novo sistema		26 883
	Gastos de conservação no novo sistema		3 301
	Amortizações		5 865
			36 048
	Resultado da exploração		9 710
	Amortizações		5 865
	Cash flow gerado		15 575

Figura 6.25 - Análise da rentabilidade, dimensionamento NT M/E, com um aumento de 10% no preço da nafta

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS			
Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	58 648 (Contos)	VLA 10%	42 049
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	26.29%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	3.4
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
<i>Proveitos</i>			
	Venda de energia do novo sistema		11 934
	Consumo de energia no sistema actual		33 989
	Gastos de conservação no sistema actual		1 018
	Consumos		46 942
<i>Custos</i>			
	Consumo de energia no novo sistema		26 569
	Gastos de conservação no novo sistema		3 301
	Amortizações		5 865
			35 734
	Resultado da exploração		11 207
	Amortizações		5 865
	Cash flow gerado		17 072

Figura 6.26 - Análise da rentabilidade, dimensionamento NT M/E, Com um aumento de 10% nos preços de compra e venda de electricidade

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS			
Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	76 688 (Contos)	VLA 10%	2 047
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	10.68%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	6
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
Proveitos			
Venda de energia do novo sistema			15 385
Consumo de energia no sistema actual			32 269
Gastos de conservação no sistema actual			1 018
Consumos			48 672
Custos			
Consumo de energia no novo sistema			32 073
Gastos de conservação no novo sistema			3 752
Amortizações			7 669
			43 494
Resultado da exploração			5 178
Amortizações			7 669
Cash flow gerado			12 847

Figura 6.27 - Análise de rendibilidade, dimensionamento NTI, e gás natural como combustível a 45\$00/kg

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS			
Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	58 648 (Contos)	VLA 10%	932
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	10.41%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	6
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
Proveitos			
Venda de energia do novo sistema			10 842
Consumo de energia no sistema actual			32 269
Gastos de conservação no sistema actual			1 018
Consumos			44 130
Custos			
Consumo de energia no novo sistema			31 117
Gastos de conservação no novo sistema			3 301
Amortizações			5 865
			40 283
Resultado da exploração			3 847
Amortizações			5 865
Cash flow gerado			9 712

Figura 6.28 - Análise de rendibilidade, dimensionamento NT M/E, e gás natural como combustível a 48\$00/kg

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS			
Hospital:	TIPO	Nº Camas	200
Investimento:	45 368 (Contos)	VLA	10% 420
Vida util:	10 (Anos)	TIR	10.24%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	6.1
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
Proveitos			
	Venda de energia do novo sistema		4 546
	Consumo de energia no sistema actual		32 269
	Gastos de conservação no sistema actual		1 018
	Consumos		37 833
Custos			
	Consumo de energia no novo sistema		27 670
	Gastos de conservação no novo sistema		2 704
	Amortizações		4 537
			34 911
	Resultado da exploração		2 922
	Amortizações		4 537
	Cash flow gerado		7 459

Figura 6.29 - Análise de rendibilidade, dimensionamento NTV, e gás natural como combustível a 50\$/kg

SISTEMA ENERGÉTICO ACTUAL				
HOSPITAL:	AVEIRO		Nº Camas: 357	
Electricidade consumida			Energia térmica consumida	
	(Kw.h)	(Contos)	(Kw.h)	Nafta (kg) (Contos)
Ponta	511 474	10 600	Inverno	4 344 322 463 257 12 971
Cheia	1 351 719	16 315	Meia est.	3 094 076 329 937 9 238
Vazio	399 693	3 545	Verão	1 651 132 176 069 4 930
Total	2 262 886	30 460	Total	9 089 531 969 263 27 139
Resumo				
	(Kw.h)	(Contos)	(esc/kw.h)	
Electri	2 262 886	30 460	13	
Nafta	9 089 531	27 139	3	
Total	11 352 417	57 600	5	

Figura 6.30 - Consumo e custo da energia no sistema energético actual

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO			
Hospital	AVEIRO	Nº Camas	357
Sistema de cogeração		Caldeira existente	
Nº Mot.	1	Combust.	Fuel
Comb.	Nafta	Rend.	80%
Modelo	S/ referência	Sistema de absorção	
Potência	1 072 (kw)	Modelo	s/ absorção
%Calor	50.0%	Pot. frig.	(kw)
%Elect.	40.0%	COP	
Custo	185 597 (Contos)	Custo	(Contos)

Figura 6.31 - Equipamento proposto, dimensionamento NTI, com nafta como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO					
Hospital	AVEIRO			Nº Camas	357
Sistema de cogeração					
	Regime	Combustível		Energ. t	Energ. e
		kw.h	Contos	kw.h	kw.h
Inver.	100%	7 781 508	18 587	3 890 754	3 112 603
M/Est.	67%	5 273 518	12 596	2 636 759	2 109 407
Verão	61%	2 387 630	5 703	1 193 815	955 052
Total		15 442 656	36 887	7 721 328	6 177 062
Caldeira Existente			Sistema de Absorção		
Combustível	1 710 253 kw.h		Nº Horas/Ano		
Custo Comb.	4 085 Contos		Energ. Arrefeci/		
Energ. Termica	1 368 203 Kw.h		kw.h		

Figura 6.32 - Funcionamento do sistema energético proposto, dimensionamento NTI, com nafta como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital AVEIRO		Nº Camas		357			
<i>Electricidade /Ano</i>		Vendida		Comprada		Saldo	
		kw.h	Contos	kw.h	Contos	kw.h	Contos
Inverno	HP	348 192	4 951	0	0	348 192	4 951
	HC	838 797	9 126	0	0	838 797	9 126
	HV	1 175 452	8 546	0	0	1 175 452	8 546
M/Est.	HP	180 607	2 547	0	0	180 607	2 547
	HC	427 085	4 700	0	0	427 085	4 700
	HV	745 354	5 829	0	0	745 354	5 829
Verão	HP	55 217	785	65 979	1 397	-10 762	-612
	HC	243 755	2 754	48 817	602	194 938	2 153
	HV	102 270	871	87 756	830	14 514	41
Total	HP	584 016	8 284	65 979	1 397	518 037	6 887
	HC	1 509 637	16 580	48 817	602	1 460 820	15 978
	HV	2 023 076	15 246	87 756	830	1 935 320	14 416
Total		4 116 729	40 110	202 552	2 829	3 914 177	37 281

Figura 6.33 - Compra e venda de electricidade no sistema energético proposto, dimensionamento NTI, com nafta como combustível

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:	AVEIRO	Nº Camas	357
Investimento:	185 597 (Contos)	VLA	10% 96 180
Vida util:	10 (Anos)	TIR	22.08%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	3.9
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
Proveitos			
Venda de energia do novo sistema			40 110
Consumo de energia no sistema actual			57 600
Gastos de conservação no sistema actual			1 818
Consumos			99 528
Custos			
Consumo de energia no novo sistema			43 801
Gastos de conservação no novo sistema			8 304
Amortizações			18 560
			70 664
Resultado da exploração			28 863
Amortizações			18 560
Cash flow gerado			47 423

Figura 6.34 - Análise da rendibilidade, dimensionamento NTI com nafta com combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	AVEIRO	Nº Camas	357
Sistema de cogeração		Caldeira existente	
Nª Mot.	1	Combust.	Fuel
Comb.	Gás natural	Rend.	80%
Modelo	S/ referência	Sistema de absorção	
Potência	857 (kw)	Modelo	s/ absorção
%Calor	50.0%	Pot. frig.	(kw)
%Elect.	32.0%	COP	
Custo	122 166 (Contos)	Custo	(Contos)

Figura 6.35 - Equipamento proposto, dimensionamento NTI, com GN como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	AVEIRO			Nº Camas	357
Sistema de cogeração					
	Regime	Combustível		Energ. t	Energ. e
		kw.h	Contos	kw.h	kw.h
Inver.	100%	7 781 508	21 982	3 890 754	2 490 082
M/Est.	67%	5 273 518	14 897	2 636 759	1 687 526
Verão	61%	2 387 630	6 745	1 193 815	764 042
Total		15 442 656	43 625	7 721 328	4 941 650
Caldeira Existente			Sistema de Absorção		
Combustível	1 710 253 kw.h		Nº Horas/Ano		
Custo Comb.	4 085 Contos		Energ. Arrefaci/	kw.h	
Energ. Termica	1 368 203 Kw.h				

Figura 6.36 - Funcionamento do sistema energético proposto, dimensionamento NTI, com GN como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital AVEIRO						Nº Camas 357	
Electricidade /Ano		Vendida		Comprada		Saldo	
		kw.h	Contos	kw.h	Contos	kw.h	Contos
Inverno	HP	244 439	3 476	0	0	244 439	3 476
	HC	579 413	6 304	0	0	579 413	6 304
	HV	916 068	6 660	0	0	916 068	6 660
M/Est.	HP	110 293	1 556	0	0	110 293	1 556
	HC	251 301	2 766	0	0	251 301	2 766
	HV	569 570	4 453	0	0	569 570	4 453
Verão	HP	23 382	332	65 979	1 397	-42 597	-1 064
	HC	116 415	1 315	48 817	602	67 598	714
	HV	70 435	600	87 756	830	-17 321	-230
Total	HP	378 114	5 364	65 979	1 397	312 134	3 967
	HC	947 129	10 386	48 817	602	898 312	9 784
	HV	1 556 074	11 713	87 756	830	1 468 317	10 883
Total		2 881 316	27 463	202 552	2 829	2 678 764	24 634

Figura 6.37 - Compra e venda de electricidade no sistema energético proposto, dimensionamento NTI, com GN como combustível

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital: AVEIRO		Nº Camas 357	
Investimento:	122 166 (Contos)	VLA 10%	49 007
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	19.51%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	4.3

EXPLORAÇÃO PREVISIONAL

Proveitos		
Venda de energia do novo sistema		27 463
Consumo de energia no sistema actual		57 600
Gastos de conservação no sistema actual		1 818
Consumos		86 880
Custos		
Consumo de energia no novo sistema		50 539
Gastos de conservação no novo sistema		7 686
Amortizações		12 217
		70 441
Resultado da exploração		16 439
Amortizações		12 217
Cash flow gerado		28 655

Figura 6.38 - Análise da rendibilidade, dimensionamento NTI com GN com combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	AVEIRO	Nº Camas	357
Sistema de cogeração		Caldeira existente	
Nª Mot.	1	Combust.	Fuel
Comb.	Gás natural	Rend.	80%
Modelo	S/ referência	Sistema de absorção	
Potência	576 (kw)	Modelo	s/ absorção
%Calor	50.0%	Pot. frig.	(kw)
%Elect.	32.0%	COP	
Custo	88 127 (Contos)	Custo	(Contos)

Figura 6.39 - Equipamento proposto, dimensionamento NT M/E, com GN como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	AVEIRO			Nº Camas	357
Sistema de cogeração					
	Regime	Combustível		Energ. t	Energ. e
		kw.h	Contos	kw.h	kw.h
Inver.	100%	5 230 293	14 775	2 615 146	1 673 694
M/Est.	100%	5 273 518	14 897	2 636 759	1 687 526
Verão	91%	2 387 630	6 745	1 193 815	764 042
Total		12 891 441	36 418	6 445 721	4 125 261
Caldeira Existente			Sistema de Absorção		
Combustível	3 304 762 kw.h		Nº Horas/Ano		
Custo Comb.	7 894 Contos		Energ. Arrefeci/		
Energ. Termica	2 643 810 Kw.h		kw.h		

Figura 6.40 - Funcionamento do sistema energético proposto, dimensionamento NT M/E, com GN como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital AVEIRO						Nº Camas 357	
<i>Electricidade /Ano</i>		Vendida		Comprada		Saldo	
		kw.h	Contos	kw.h	Contos	kw.h	Contos
Inverno	HP	108 374	1 541	0	0	108 374	1 541
	HC	239 251	2 603	0	0	239 251	2 603
	HV	575 907	4 187	0	0	575 907	4 187
M/Est.	HP	110 293	1 556	0	0	110 293	1 556
	HC	251 301	2 766	0	0	251 301	2 766
	HV	569 570	4 453	0	0	569 570	4 453
Verão	HP	23 382	332	65 979	1 397	-42 597	-1 064
	HC	116 415	1 315	48 817	602	67 598	714
	HV	70 435	600	87 756	830	-17 321	-230
Total	HP	242 049	3 429	65 979	1 397	176 070	2 032
	HC	606 967	6 685	48 817	602	558 150	6 083
	HV	1 215 912	9 240	87 756	830	1 128 155	8 410
Total		2 064 927	19 354	202 552	2 829	1 862 375	16 525

Figura 6.41 - Compra e venda de electricidade no sistema energético proposto, dimensionamento NT M/E, com GN como combustível

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:	AVEIRO	Nº Camas	357
Investimento:	88 127 (Contos)	VLA	10% 63 664
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	26.40%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	3.4
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
Proveitos			
Venda de energia do novo sistema			19 354
Consumo de energia no sistema actual			57 600
Gastos de conservação no sistema actual			1 818
Consumos			78 771
Custos			
Consumo de energia no novo sistema			47 140
Gastos de conservação no novo sistema			5 892
Amortizações			8 813
			61 845
Resultado da exploração			16 927
Amortizações			8 813
Cash flow gerado			25 739

Figura 6.42 - Análise da rendibilidade, dimensionamento NT M/E com GN com combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	AVEIRO	Nº Camas	357
Sistema de cogeração		Caldeira existente	
Nº Mot.	1	Combust.	Fuel
Comb.	Gás natural	Rend.	80%
Modelo	S/ referência	Sistema de absorção	
Potência	391 (kw)	Modelo	. s/ absorção
%Calor	50.0%	Pot. frig.	(kw)
%Elect.	32.0%	COP	
Custo	66 542 (Contos)	Custo	(Contos)

Figura 6.43 - Equipamento proposto, dimensionamento NTV, com GN como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	AVEIRO	Nº Camas	357
Sistema de cogeração			
	Regime	Combustível kw.h Contos	Energ. t kw.h Energ. e kw.h
Inver.	100%	3 552 089 10 034	1 776 045 1 136 669
M/Est.	100%	3 581 445 10 117	1 790 723 1 146 063
Verão	100%	2 387 630 6 745	1 193 815 764 042
Total		9 521 165 26 897	4 760 583 3 046 773
Caldeira Existente		Sistema de Absorção	
Combustível	5 411 185 kw.h	Nº Horas/Ano	
Custo Comb.	12 925 Contos	Energ. Arrefeci/	kw.h
Energ. Termica	4 328 948 Kw.h		

Figura 6.44 - Funcionamento do sistema energético proposto, dimensionamento NTV, com GN como combustível

		SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO				Nº Camas 357	
Hospital AVEIRO		Vendida		Comprada		Saldo	
Electricidade /Ano		kw.h	Contos	kw.h	Contos	kw.h	Contos
Inverno	HP	23 704	337	4 835	98	18 870	239
	HC	37 489	408	21 998	260	15 491	148
	HV	352 146	2 560	0	0	352 146	2 560
M/Est.	HP	26 713	377	6 609	138	20 104	239
	HC	46 081	509	20 223	244	25 858	265
	HV	343 960	2 686	0	0	343 960	2 686
Verão	HP	29 526	420	8 453	179	21 073	241
	HC	20 041	226	32 030	395	-11 989	-168
	HV	69 346	591	70 749	669	-1 404	-78
Total	HP	79 944	1 134	19 897	415	60 046	719
	HC	103 611	1 143	74 252	899	29 359	244
	HV	765 452	5 837	70 749	669	694 703	5 168
Total		949 007	8 114	164 898	1 983	784 109	6 131

Figura 6.45 - Compra e venda de electricidade no sistema energético proposto, dimensionamento NTV, com GN como combustível

Hospital: AVEIRO		Nº Camas 357	
Investimento:	66 542 (Contos)	VLA 10%	56 254
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	28.94%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	3.2
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
Proveitos			
Venda de energia do novo sistema			8 114
Consumo de energia no sistema actual			57 600
Gastos de conservação no sistema actual			1 818
Consumos			67 531
Custos			
Consumo de energia no novo sistema			41 805
Gastos de conservação no novo sistema			4 827
Amortizações			6 654
			53 286
Resultado da exploração			14 246
Amortizações			6 654
Cash flow gerado			20 900

Figura 6.46 - Análise da rentabilidade, dimensionamento NTV com GN com combustível

SISTEMA ENERGÉTICO ACTUAL			
HOSPITAL: PORTIMÃO		Nº Camas: 139	
<i>Electricidade consumida</i>		<i>Energia térmica consumida</i>	
	(Kw.h)	(Contos)	
Ponta	199 145	4 127	
Cheia	526 300	6 352	
Vazio	155 623	1 380	
Total	881 068	11 860	
	(Kw.h)	Nafta (kg)	(Contos)
Inverno	1 691 487	180 372	5 050
Meia est.	1 204 696	128 463	3 597
Verão	642 878	68 553	1 919
Total	3 539 061	377 388	10 567
<i>Resumo</i>			
	(Kw.h)	(Contos)	(esc/kw.h)
Electri	881 068	11 860	13
Nafta	3 539 061	10 567	3
Total	4 420 129	22 427	5

Figura 6.47 - Consumo e custo de energia no sistema energético actual

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO			
Hospital PORTIMÃO		Nº Camas 139	
<i>Sistema de cogeração</i>		<i>Caldeira existente</i>	
Nº Mot.	1	Combust.	Fuel
Comb.	Gás natural	Rend.	80%
Modelo	S/ referência	<i>Sistema de absorção</i>	
Potência	334 (kw)	Modelo	s/ absorção
%Calor	50.0%	Pot. frig.	(kw)
%Elect.	32.0%	COP	
Custo	59 938 (Contos)	Custo	(Contos)

Figura 6.48 - Equipamento proposto, dimensionamento NTI, com GN como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	PORTIMÃO	Nº Camas	139
<i>Sistema de cogeração</i>			
	Regime	Combustível kw.h Contos	Energ. t kw.h Energ. e kw.h
Inver.	100%	3 029 775 8 559	1 514 887 969 528
M/Est.	67%	2 053 275 5 800	1 026 637 657 048
Verão	61%	929 638 2 626	464 819 297 484
Total		6 012 687 16 986	3 006 343 1 924 060
<i>Caldeira Existente</i>		<i>Sistema de Absorção</i>	
Combustível	665 897 kw.h	Nº Horas/Ano	
Custo Comb.	1 591 Contos	Energ. Arrefeci/	kw.h
Energ. Termica	532 718 Kw.h		

Figura 6.49 - Funcionamento do sistema energético proposto, dimensionamento NTI, com GN como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	PORTIMÃO	Nº Camas	139	
<i>Electricidade /Ano</i>				
		Vendida kw.h Contos	Comprada kw.h Contos	
		Saldo kw.h Contos		
Inverno	HP	95 174 1 353	0 0	95 174 1 353
	HC	225 598 2 455	0 0	225 598 2 455
	HV	356 677 2 593	0 0	356 677 2 593
M/Est.	HP	42 943 606	0 0	42 943 606
	HC	97 845 1 077	0 0	97 845 1 077
	HV	221 765 1 734	0 0	221 765 1 734
Verão	HP	9 104 129	25 689 544	-16 585 -414
	HC	45 327 512	19 007 234	26 320 278
	HV	27 424 234	34 168 323	-6 744 -90
Total	HP	147 221 2 088	25 689 544	121 531 1 545
	HC	368 770 4 044	19 007 234	349 763 3 809
	HV	605 866 4 561	34 168 323	571 698 4 237
Total		1 121 857 10 693	78 865 1 101	1 042 992 9 591

Figura 6.50 - Compra e venda de electricidade no sistema energético proposto, dimensionamento NTI, com GN como combustível

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:	PORTIMÃO	Nº Camas	139
Investimento:	59 938 (Contos)	VLA 10%	9 984
Vida util:	10 (Anos)	TIR	14.11%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	5.2
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
<i>Proveitos</i>			
	Venda de energia do novo sistema		10 693
	Consumo de energia no sistema actual		22 427
	Gastos de conservação no sistema actual		708
	Consumos		33 827
<i>Custos</i>			
	Consumo de energia no novo sistema		19 678
	Gastos de conservação no novo sistema		2 608
	Amortizações		5 994
			28 279
	Resultado da exploração		5 548
	Amortizações		5 994
	Cash flow gerado		11 542

Figura 6.51 - Análise da rentabilidade, dimensionamento NTI com GN com combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	PORTIMÃO	Nº Camas	139
<i>Sistema de cogeração</i>		<i>Caldeira existente</i>	
Nº Mot.	1	Combust.	Fuel
Comb.	Gás natural	Rend.	80%
Modelo	S/ referência	<i>Sistema de absorção</i>	
Potência	224 (kw)	Modelo	s/ absorção
%Calor	50.0%	Pot. frig.	(kw)
%Elect.	32.0%	COP	
Custo	46 093 (Contos)	Custo	(Contos)

Figura 6.52 - Equipamento proposto, dimensionamento NT M/E, com GN como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	PORTIMÃO	N° Camas	139
<i>Sistema de cogeração</i>			
	Regima	Combustível kw.h Contos	Energ. t kw.h Energ. e kw.h
Inver.	100%	2 036 445 5 753	1 018 222 651 662
M/Est.	100%	2 053 275 5 800	1 026 637 657 048
Verão	91%	929 638 2 626	464 819 297 484
Total		5 019 357 14 179	2 509 678 1 606 194
<i>Caldeira Existente</i>		<i>Sistema de Absorção</i>	
Combustível	1 286 728 kw.h	N° Horas/Ano	
Custo Comb.	3 074 Contos	Energ. Arrefeci/	kw.h
Energ. Termica	1 029 383 Kw.h		

Figura 6.53 - Funcionamento do sistema energético proposto, dimensionamento NT M/E, com GN como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	PORTIMÃO	N° Camas	139	
<i>Electricidade /Ano</i>				
		Vendida kw.h Contos	Comprada kw.h Contos	
		Saldo kw.h Contos		
Inverno	HP	42 196 600	0 0	42 196 600
	HC	93 154 1 014	0 0	93 154 1 014
	HV	224 233 1 630	0 0	224 233 1 630
M/Est.	HP	42 943 606	0 0	42 943 606
	HC	97 845 1 077	0 0	97 845 1 077
	HV	221 765 1 734	0 0	221 765 1 734
Verão	HP	9 104 129	25 689 544	-16 585 -414
	HC	45 327 512	19 007 234	26 320 278
	HV	27 424 234	34 168 323	-6 744 -90
Total	HP	94 243 1 335	25 689 544	68 554 791
	HC	236 326 2 603	19 007 234	217 319 2 368
	HV	473 422 3 598	34 168 323	439 254 3 274
Total		803 991 7 535	78 865 1 101	725 127 6 434

Figura 6.54 - Compra e venda de electricidade no sistema energético proposto, dimensionamento NT M/E, com GN como combustível

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Hospital:	PORTIMÃO	Nº Camas	139
Investimento:	46 093 (Contos)	VLA 10%	14 079
Vida util:	10 (Anos)	TIR	17.35%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	4.6
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
<i>Proveitos</i>			
Venda de energia do novo sistema			7 535
Consumo de energia no sistema actual			22 427
Gastos de conservação no sistema actual			708
Consumos			30 670
<i>Custos</i>			
Consumo de energia no novo sistema			18 354
Gastos de conservação no novo sistema			2 294
Amortizações			4 609
			25 258
Resultado da exploração			5 412
Amortizações			4 609
Cash flow gerado			10 022

Figura 6.55 - Análise da rendibilidade, dimensionamento NT M/E com GN com combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	PORTIMÃO	Nº Camas	139
<i>Sistema de cogeração</i>		<i>Caldeira existente</i>	
Nº Mot.	1	Combust.	Fuel
Comb.	Gás natural	Rend.	80%
Modelo	S/ referência	<i>Sistema de absorção</i>	
Potência	152 (kw)	Modelo	s/ absorção
%Calor	50.0%	Pot. frig.	(kw)
%Elect.	32.0%	COP	
Custo	34 908 (Contos)	Custo	(Contos)

Figura 6.56 - Equipamento proposto, dimensionamento NTV, com GN como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	PORTIMÃO	Nº Camas	139
<i>Sistema de cogeração</i>			
	Regime	Combustível kw.h Contos	Energ. t kw.h Energ. e kw.h
Inver.	100%	1 383 026 3 907	691 513 442 568
M/Est.	100%	1 394 456 3 939	697 228 446 226
Verão	100%	929 638 2 626	464 819 297 484
Total		3 707 120 10 472	1 853 560 1 186 278
<i>Caldeira Existente</i>		<i>Sistema de Absorção</i>	
Combustível	2 106 876 kw.h	Nº Horas/Ano	
Custo Comb.	5 033 Contos	Energ. Arrefeci/	kw.h
Energ. Termica	1 685 501 Kw.h		

Figura 6.57 - Funcionamento do sistema energético proposto, dimensionamento NTV, com GN como combustível

SISTEMA ENERGÉTICO PROPOSTO

Hospital	PORTIMÃO	Nº Camas	139	
<i>Electricidade /Ano</i>				
		Vendida kw.h Contos	Comprada kw.h Contos	
		Saldo kw.h Contos		
Inverno	HP	9 229 131	1 883 38	7 347 93
	HC	14 596 159	8 565 101	6 031 58
	HV	137 110 997	0 0	137 110 997
M/Est.	HP	10 401 147	2 573 54	7 828 93
	HC	17 942 198	7 874 95	10 068 103
	HV	133 923 1 046	0 0	133 923 1 046
Verão	HP	11 496 163	3 291 70	8 205 94
	HC	7 803 88	12 471 154	-4 668 -66
	HV	27 000 230	27 547 261	-547 -31
Total	HP	31 127 441	7 747 161	23 379 280
	HC	40 342 445	28 910 350	11 431 95
	HV	298 033 2 273	27 547 261	270 487 2 012
Total		369 501 3 159	64 204 772	305 297 2 387

Figura 6.58 - Compra e venda de electricidade no sistema energético proposto, dimensionamento NTV, com GN como combustível

ANALISE DE RENDIBILIDADE DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS			
Hospital:	PORTIMÃO	Nº Camas	139
Investimento:	34 908 (Contos)	VLA 10%	13 722
Vida útil:	10 (Anos)	TIR	19.33%
Valor residual:	Nulo	Pay-Back	4.3
EXPLORAÇÃO PREVISIONAL			
<i>Proveitos</i>			
	Venda de energia do novo sistema		3 159
	Consumo de energia no sistema actual		22 427
	Gastos de conservação no sistema actual		708
	Consumos		26 294
<i>Custos</i>			
	Consumo de energia no novo sistema		16 277
	Gastos de conservação no novo sistema		1 879
	Amortizações		3 491
			21 647
	Resultado da exploração		4 647
	Amortizações		3 491
	Cash flow gerado		8 138

Figura 6.59 - Análise da rentabilidade, dimensionamento NTV com GN com combustível

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

De acordo com a estrutura que desenvolvemos ao longo deste trabalho, e tendo particularmente em conta o capítulo anterior (análise dos resultados) vamos estabelecer as conclusões:

1- Genericamente para as situações testadas, exceptuando os sistemas a propano, todas as outras situações apresentam bons resultados económico financeiros. Em nossa opinião são de aconselhar os investimentos em sistemas de cogeração se os pressupostos subjacentes a este trabalho se mantiverem.

2 - Dum modo geral, em termos económico-financeiros, o dimensionamento para as necessidades térmicas de Inverno apresenta piores resultados que o dimensionamento para as necessidades térmicas de meia estação, independentemente do número de camas do hospital considerado.

3 - O dimensionamento para as necessidades térmicas de Verão apresenta melhores resultados que o dimensionamento para as necessidades térmicas de meia estação e qualquer destes é preferível à dimensão Inverno.

4 - Para todas as situações de dimensionamento quanto maior for o número de camas do hospital melhores resultados apresentam os indicadores económico-financeiros.

5 - Com os actuais preços do propano não faz sentido ter sistemas de cogeração com este combustível. Todas as situações de dimensionamento apresentam um "cash-flow" negativo, ou seja custos superiores aos proveitos. Só para preços abaixo dos 49\$00/kg é que esta hipótese seria viável. Tais preços, porém, são de todo irrealistas, face ao preço actual de 72\$00/kg.

6 - Os sistemas de cogeração que utilizam motores a Diesel só podem ser utilizados nos hospitais com um número de camas superior a 350 e apenas para o dimensionamento para as necessidades térmicas de Inverno.

7 - Respeitada a restrição constante do ponto anterior, com os actuais preços da nafta, os motores Diesel têm, do ponto de vista económico, vantagens sobre os motores a gás natural. Mas deve-se salientar que do ponto de vista ambiental estes motores são mais poluentes que os

motores a gás. Além disso é de prever um aumento no preço deste combustível, quando a rede de gás natural estiver disponível.

8 - Se vier a existir climatização em quase toda a área útil dos hospitais, como seria desejável, a solução sistema de absorção associada a um sistema de cogeração apresenta-se muito mais vantajosa que o sistema de compressão de vapor.

9 - Os testes de sensibilidade revelam que os investimentos em cogeração são muito sensíveis ao preço da energia.

10 - Considerando os actuais preços da energia conclui-se que os sistemas de cogeração deixam de ser viáveis para preços do gás natural superiores a 45\$00/kg para o dimensionamento de Inverno, de 48\$00/kg para o dimensionamento de meia estação e de 50\$00/kg para o dimensionamento de verão, considerando o HD Tipo.

11 - Os limites acima indicados podem vir a ser alterados para valores mais elevados se o preço da nafta, como se espera, vier a subir. O mesmo acontece se os preços da electricidade aumentarem.

12 - Face a critérios puramente económico-financeiros, não se conhecendo o preço a fixar para o gás natural a distribuir no país num futuro próximo, nem as prováveis alterações de preços nos combustíveis agora utilizados, julgamos não ser de recomendar, por enquanto, investimentos na área da cogeração nos hospitais portugueses.

13 - Do exposto acerca das necessidades de manutenção destes sistemas, deve concluir-se que aquela deverá ser preventiva e sempre entregue a empresas de comprovada experiência neste domínio.

14 - Todos estes investimentos só fazem sentido com a venda de energia à rede eléctrica nacional. Saliente-se que esta dependência constitui um importante factor de risco que terá que ser cuidadosamente ponderado.

15 - Se, por hipótese, se viessem a introduzir sistemas de cogeração em 80% dos HD, haveria uma poupança de 109 000 MWh de energia primária por ano.

16 - Constata-se também que as tecnologias utilizadas no sistema proposto são menos poluentes que as utilizadas nos sistemas tradicionais. Admitindo que a poupança em energia primária atrás referida seria resultante de combustíveis fósseis, significaria uma redução na emissão de poluentes para a atmosfera que quantificamos em pelo menos 37 mil toneladas de CO₂. Julgamos, por isso, que os investimentos na área da cogeração, por serem menos poluentes não devem ser analisados exclusivamente com base nos critérios tradicionais de análise de investimentos.

ANEXO 1

CÁLCULO DA ENERGIA GASTA NO ARREFECIMENTO DE UM HOSPITAL

Admitindo que irá existir climatização em toda a area útil dos HD é necessário estimar qual a energia gasta diariamente.

Considerou-se um HD médio com 200 camas implantado num edifício com seis pisos e um volume de ocupação de 50x50x60 situado na zona climática I2-V2. A envolvente opaca representa 80% da fachada e a envolvente transparente 20%.

A.1 Envolvente

Para o cálculo do balanço térmico da envolvente seguiu-se o método descrito no documento de referência /3/.

Envolvente opaca:

Calculou-se qual o balanço de energia de 2 em 2 horas para um dia do mês de Julho.

A carga térmica que a parede está sujeita é dada pela equação (A1).

$$Q = U \times A \times CLTD \quad (A1)$$

Admitiu-se as seguintes hipóteses:

- Parede D, tabela 30 de /3/ com 342 kg/m², U = 1,6 W/m²K
- Cobertura Nº 12, tabela 12 de /3/ com 150 mm de betão pesado e 25 mm de isolamento.

Os CLTD estão apresentados na tabela A1. Os CLTD corrigidos estão apresentados na tabela A2 e foram obtidos a partir da fórmula A2 para as paredes e pela fórmula A3 para a cobertura.

$$CLTD_{\text{corrig.}} = (CLTD + LM) \times K + (25.5 - T_r) + (T_o - 29.4) \quad (A2)$$

- Mês de Julho, $T_r = 25 \text{ °C}$, $T_o = 25.25 \text{ °C}$
- Latitude 40° N, parede sul e horizontal LM = 0.5, outras paredes LM = 0
- Cor média, K = 0.83

$$CLTD_{\text{corrig.}} = ((CLTD + LM) \times K + (25.5 - T_r) + (T_o - 29.4))^f \quad (A2)$$

- f = 1

As cargas para a envolvente opaca estão apresentadas na tabela A3

Envolvente envidraçada:

As cargas térmicas desta envolvente são calculadas através da equação A4.

$$Q = Q_{\text{cond}} + Q_{\text{solar}} \quad (\text{A4})$$

$$-Q_{\text{cond}} = U \times A \times \text{CLTD}$$

$$-Q_{\text{solar}} = (S_c \times A \times \text{SHGF}) \times \text{CLF}$$

Nas tabelas A4, A5 e A6 estão representados os CLTD e as cargas para Q_{cond} .

Nas tabelas A7 e A8 estão representados os CLF e as cargas para Q_{solar} .

Na tabela A9 pode-se ver o somatório das cargas para toda a envolvente.

A.2 Iluminação

Considerou-se uma iluminação durante as 24 horas do dia de 20 W/m²,
O que dá um total de 300 kW/m²

A.3 Pessoas

Admitiu-se uma ocupação permanente do total de numero de camas mais 20%, com uma actividade que libertam 60 W/pessoa. Dá um total de 14.4 kW.

A.4 Renovações

Admitiu-se uma renovação por hora de ar novo. A temperatura exterior sofre uma evolução diária sinusoidal /20/. Na tabela A10 mostra-se hora a hora quais os ganhos e perdas de energia.

- $Q = mxcpx(\text{Text}-T_{int})$
- $\text{Text} = T_{max} - \text{alfa} \times \text{deltaT}$
- $T_{max} = 32.1 \text{ }^\circ\text{C}$
- $\text{deltaT} = 13.7 \text{ }^\circ\text{C}$

A.4 Carga total

O perfil horário da carga de arrefecimento pode ser visto na tabela A11. Dá um total diário de 9400 kWh ou seja 47 kWh/cama.dia.

Tabela A1 - CLTD, envoltente opaca.

	C L T D											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
N	7	6	4	3	3	4	6	7	9	11	10	9
E	10	7	5	5	10	15	18	18	18	17	15	12
S	10	7	5	4	3	5	9	13	16	16	14	12
W	15	12	9	6	5	5	6	10	17	22	22	19
Cob	16	12	10	8	9	12	17	22	25	25	22	19

Tabela A2 - CLTD corrigido, envoltente opaca.

	C L T D											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
N	2.2	1.3	-0.3	-1.2	-1.2	-0.3	1.3	2.2	3.8	5.5	4.7	3.8
E	4.7	2.2	0.5	0.5	4.7	8.8	11	11	11	10	8.8	6.3
S	5.1	2.6	0.9	0.1	-0.7	0.9	4.2	7.6	10	10	8.4	6.7
W	8.8	6.3	3.8	1.3	0.5	0.5	1.3	4.7	10	15	15	12
Cob	10	6.7	5.1	3.4	4.2	6.7	11	15	18	18	15	13

Tabela A3 - Cargas térmicas através da envoltente opaca (kW).

	A U		Q (kW)											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24		
N	800	1.6	2.8	1.7	-0.4	-1.5	-1.5	-0.4	1.7	2.8	4.9	7	6	4.9
E	800	1.6	6	2.8	0.6	0.6	6	11	14	14	14	13	11	8.1
S	800	1.6	6.5	3.3	1.2	0.1	-1	1.2	5.4	9.7	13	13	11	8.6
W	800	1.6	11	8.1	4.9	1.7	0.6	0.6	1.7	6	13	19	19	16
cob	2500	0.85	21	14	11	7.2	9	14	23	32	37	37	32	27
Total			48	30	17	8.2	13	27	46	65	83	89	79	64

Tabela A4 - CLTD, envoltente envidraçada.

	C L T D											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
N	0	-1	-1	0	2	5	7	8	7	4	2	1
E	0	-1	-1	0	2	5	7	8	7	4	2	1
S	0	-1	-1	0	2	5	7	8	7	4	2	1
W	0	-1	-1	0	2	5	7	8	7	4	2	1

Tabela A5 - CLTD corrigido, envoltente envidraçada.

	C L T D											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
N	-3.7	-4.7	-4.7	-3.7	-1.7	1.4	3.4	4.4	3.4	0.4	-1.7	-2.7
E	-3.7	-4.7	-4.7	-3.7	-1.7	1.4	3.4	4.4	3.4	0.4	-1.7	-2.7
S	-3.7	-4.7	-4.7	-3.7	-1.7	1.4	3.4	4.4	3.4	0.4	-1.7	-2.7
W	-3.7	-4.7	-4.7	-3.7	-1.7	1.4	3.4	4.4	3.4	0.4	-1.7	-2.7

Tabela A6 - Cargas térmicas, Qcond através da envoltente envidraçada (kW).

	A U		Q (kW)											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24		
N	200	4.2	-3.1	-3.9	-3.9	-3.1	-1.4	1.1	2.8	3.7	2.8	0.3	-1.4	-1.2
E	200	4.2	-3.1	-3.9	-3.9	-3.1	-1.4	1.1	2.8	3.7	2.8	0.3	-1.4	-1.2
S	200	4.2	-3.1	-3.9	-3.9	-3.1	-1.4	1.1	2.8	3.7	2.8	0.3	-1.4	-1.2
W	200	4.2	-3.1	-3.9	-3.9	-3.1	-1.4	1.1	2.8	3.7	2.8	0.3	-1.4	-1.2
Total			-12	-16	-16	-12	-5.5	4.5	11	15	11	1.2	-5.5	-8.9

Tabela A7 - CLF, envoltente envidraçada.

	C L F											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
N	0.1	0.1	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.2	0.1	0.1
E	0	0	0.5	0.8	0.6	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0	0
S	0	0	0.1	0.2	0.6	0.8	0.7	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1
W	0.1	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.5	0.8	0.6	0.1	0.1	0.1

Tabela A8 - Cargas térmicas, Qsolar através da envoltente envidraçada (kW).

	A SHGF Sc			Q (kW)											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24			
N	200	120	0.3	0.5	0.4	5.3	4.7	5.8	6.4	6.2	5.4	6.6	1.3	0.9	0.7
E	200	681	0.3	0.8	0.8	19	33	25	11	9	6.9	4.5	2	1.6	1.2
S	200	344	0.3	0.8	0.6	1.9	4.7	12	17	14	7.2	3.9	1.9	1.4	1
W	200	681	0.3	2	1.6	2.5	4.5	6.1	6.9	22	34	25	4.9	3.3	2.5
Σ				4.2	3.5	29	47	49	42	51	53	40	10	7.3	5.4

Tabela A9 - Carga total através da envolvente, kWh

	Qop	Qcon	Qsol	Qtot
2	48	-12	4.2	39.7
4	30	-16	3.5	18
6	17	-16	29	30.2
8	8.2	-12	47	42.5
10	13	-5.5	49	56.8
12	27	4.5	42	73
14	46	11	51	109
16	65	15	53	132
18	83	11	40	134
20	89	1.2	10	100
22	79	-5.5	7.3	80.3
24	64	-8.9	5.4	60.3

Tabela A10 - Cargas horárias relativas à renovação, kWh

	alfa	Tex	Qre
1	0.93	19.36	-96
2	0.98	18.67	-108
3	1	18.4	-112
4	0.98	18.67	-108
5	0.93	19.36	-96
6	0.85	20.46	-77
7	0.75	21.83	-54
8	0.63	23.47	-26
9	0.5	25.25	4.25
10	0.37	27.03	34.6
11	0.25	28.68	62.5
12	0.15	30.05	85.9
13	0.07	31.14	105
14	0.02	31.83	116
15	0	32.1	121
16	0.02	31.83	116
17	0.07	31.14	105
18	0.15	30.05	85.9
19	0.25	28.68	62.5
20	0.37	27.03	34.6
21	0.5	25.25	4.25
22	0.63	23.47	-26
23	0.75	21.83	-54
24	0.85	20.46	-77

Tabela A11 - Cargas horárias de arrefecimento, kWh

	Qenv	Qilu	Qpes	Qren	Qtotal	Qtotal/c ama
1	60.3	300	14	-96	279	1.39
2	39.7	300	14	-108	246	1.23
3	39.7	300	14	-112	242	1.21
4	18	300	14	-108	225	1.12
5	18	300	14	-96	236	1.18
6	30.2	300	14	-77	267	1.34
7	30.2	300	14	-54	291	1.45
8	42.5	300	14	-26	331	1.65
9	42.5	300	14	4.3	361	1.81
10	56.8	300	14	35	406	2.03
11	56.8	300	14	63	434	2.17
12	73	300	14	86	473	2.37
13	73	300	14	105	492	2.46
14	109	300	14	116	539	2.7
15	109	300	14	121	544	2.72
16	132	300	14	116	563	2.82
17	132	300	14	105	551	2.76
18	134	300	14	86	534	2.67
19	134	300	14	63	511	2.55
20	100	300	14	35	449	2.25
21	100	300	14	4.3	419	2.1
22	80.3	300	14	-26	369	1.84
23	80.3	300	14	-54	341	1.7
24	60.3	300	14	-77	297	1.49

BIBLIOGRAFIA

- 1 - ABRANTES
As Auditorias Energéticas em Hospitais
1991.

- 2 - AICVF
Chauffage Ventilation Conditionnement
Revue de L'Association des Ingénieurs en Climatique
Ventilation et Froid N°1
Janvier 1995.

- 3 - ASHRAE
ASHRAE Handbook Fundamentals - 1989
American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning
Engineers, 1989.

- 4 - BARROS, Carlos
Decisões de Investimento e Financiamento de Projectos
3ª ed., Edições Sílabo, 1994.
- 5 - BARROS, Hélio
Análise de Projectos de Investimento
2ªed., Edições Sílabo, 1991.
- 6 - CCE
A Eficiência Energética no Sector dos Serviços
Comunicações Técnicas, Centro para a Conservação de
Energia, Faro, 1995.
- 7 - CCE
Cogeração na Indústria e Serviços
Comunicações Técnicas, Centro para a Conservação de
Energia, Lisboa, 1993.
- 8 - CCE
Eficiência Energética em Hospitais
Comunicações Técnicas, Centro para a Conservação de
Energia, Lisboa, 1995.

- 9 - CENGEL, Yunus A. e Boles, Michael A.
Thermodynamics: An Engineering Approach
Mc Graw-Hill, 1989.
- 10 - DGE
Caracterização Energética do Sector dos Serviços
Relatório de Síntese, Direção Geral de Energia, 1994.
- 11 - DGE
Energia Estatísticas Rápidas
Direção Geral de Energia, 1995.
- 12 - DGE
Guia Técnico das Instalações de Produção Independente de Energia Eléctrica
Direção Geral de Energia, 1989.
- 13 - DGE
Preços da Energia nº20
Direção Geral de Energia, 1995.
- 14 - DGE
Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
Direção Geral de Energia, 3ªed., 1992.

- 15 - DIÁRIO DA REPUBLICA Nº 123
Decreto Lei Nº 189/88
27 de Maio, 1988.
- 16 - DIÁRIO DA REPUBLICA Nº 130
Portaria nº 416/90
& de Junho, 1990.
- 17 - EDP
Sistema Tarifário de Venda de Energia Eléctrica
Electricidade de Portugal, 1995.
- 18 - HORLOCK, J.H
Cogeneration - Combinet Heat and Power
Pergamon press, 1987
- 19 - INE
Estatísticas da Saúde
Instituto Nacional de Estatística, 1989
- 20 - INMG e LNEC
Temperaturas Exteriores de Projecto e Números de Graus-Dias
Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1989.

- 21 - IST
Auditoria Energética do Hospital de Santa Maria - Relatório Final
Instituto Superior Técnico, 1987.
- 22 - LANG, Hans J. e Merino, Donald N
The Selection Process for Capital Projects
John Wiley & Sons, 1993.
- 23 - ORVIS, William J
Excel 4 for Scientists & Engineers
Sybex, 1993
- 24 - OSBORN, Peter D
Handbook of Energy Data and Calculations
Butterworth, 1985
- 25 - PERFORM
Auditoria Energética - Hospital Cruz de Carvalho, Relatório Preliminar Parte 1
Julho 1991.

- 26 - PERFORM
Auditoria Energética - Hospital Cruz de Carvalho- Hospital dos Marmeleiros, Relatório Preliminar Parte 2
Agosto 1991
- 27 - RORIZ,Luís
Obtenção de Condições de Conforto nos Hospitais Portugueses
V Seminário de instalações e Equipamento
Viana do Castelo, 1991.
- 28 - SIRCHIS, J.
Combinet Production of Heat and Power
Elsevier Science Publishers, 1989
- 29 - SPIEWAK, Scott A.
Cogeneration and Small Power Production Manual
3º ed., Fairmont Press, 1991
- 30 - THERMIE
Small-Scale Cogeneration in Non-Residential Buildings
Comission of the European Communities, Directorate-General for Energy, 1992.

- 31 - THERMIE
Energy Efficiency in Hospitals and Clinics
Comission of the European Communities, Directorate-General
for Energy, 1993.
- 32 - TURBOMAR
Catálogos de Motores GEC ALSTHOM - RUSTOM DIESELS
Lisboa, 1995
- 33 - WILBUR, Leslie C.
Handbook of Energy Systems Engineering - Production and
Utilization
John Wiley & Sons, 1985.

