



PROJETO DE GRADUAÇÃO

**Proposta de sistema de cogeração para uma
edificação nZEB da Universidade de Brasília.**

Por,
**Andersson Sousa Ribeiro
Pedro Nascimento Silveira**

Brasília, 22 de junho de 2016.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica

PROJETO DE GRADUAÇÃO

Proposta de sistema de cogeração para uma edificação nZEB da Universidade de Brasília.

POR,

Anderson Sousa Ribeiro Matrícula: 11/0148843
Pedro Nascimento Silveira Matrícula: 11/0136268

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Banca Examinadora

Prof. João Manoel Dias Pimenta, UnB/ ENM (Orientador) _____

Prof. Mário Benjamim Baptista de Siqueira, UnB/ ENM _____

Prof. Armando de Azevedo Caldeira Pires, UnB/ ENM
(Presente no PG1) _____

Brasília, 22 de junho de 2016.

PROJETO DE SISTEMA DE COGERAÇÃO PARA UMA EDIFICAÇÃO NZEB DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.

Diante dos problemas ambientais e a constante busca de edificações ambientalmente conscientes, tecnologias estão sendo desenvolvidas e direcionadas para obtenção da construção nZEB (Net Zero Energy Buildings), ou seja, construções que produzem energia equivalente ao seu consumo.

A construção de um edifício experimental com balanço energético nulo vem sendo objeto de estudo na Universidade de Brasília, a edificação se prestará a abrigar diversos campos de estudos, sendo o principal, desenvolvimento de tecnologias sustentáveis.

O presente trabalho tem como objetivo o projeto de uma central de cogeração que atenderá as demandas térmica e energética do prédio. A associação de três tecnologias de resfriamento de líquido, biodigestor, termoacumulação, microturbina e placas fotovoltaicas foi analisada e dimensionada de modo a atender o prédio da maneira mais eficiente possível, e garantindo que o balanço energético anual seja zero.

Todos os componentes que compõem a central de cogeração foram projetados ou selecionados e suas respectivas dimensões foram apresentadas em plantas de engenharia. O projeto do biodigestor e de toda a parte de automação requerida para o funcionamento ideal da central, por não serem o foco deste trabalho, não foram completamente projetados e selecionados, respectivamente. No entanto, um pré-projeto do biodigestor (volume necessário, produtividade diária, modo de alimentação e operação) e uma lista de recomendações para sua construção foram apresentadas. No que tange a automação, o mesmo procedimento foi adotado.

COGENERATION SYSTEM PROJECT FOR A NZEB BUILDING AT UNB.

In face of the environmental concerns and the constant search for environmentally conscious building, technologies are being developed and directed to obtaining the nZEB (Net Zero Energy Buildings) construction, that is, constructions that produces equivalent energy to their consumption.

The construction of a zero energy net balance experimental building has been object of study at the Universidade de Brasília, the building will have several fields of study, the main one will be the development of sustainable technology.

The present work aims to design a cogeneration plant that will supply the thermal and energetics demand. The association of three liquid cooling technologies, biodigester, thermoaccumulation, microturbine and photovoltaic panels was analyzed and dimensioned in a way that could supply the building as efficient as possible and ensuring that the annual energy balance will be zero.

All components composing the cogeneration plant were designed or selected and their respective dimensions were presented in engineering drawings. The biodigester project and all the automation required for the ideal operation, because they were not the focus of this project, were not completely designed and selected, respectively. However, a pre-project of the biodigester (required volume, daily productivity, feeding mode and operation) and a list of recommendations for the construction were presented. In reference of the automation, the same procedure was adopted.

SUMÁRIO

Sumário.....	5
Lista de figuras.....	7
Lista de tabelas	9
1 Introdução.....	10
1.1 O tema em Estudo e sua Relevância	10
1.2 Revisão Bibliográfica	13
1.3 Objetivos	17
1.4 Metodologia	17
1.5 Estrutura do Trabalho.....	18
2 Conceito NZEB e seu estágio atual de desenvolvimento.....	19
2.1 Conceito nZEB	19
2.2 Projetos nZEB	22
2.2.1 Brock Environmental Center: Virginia Beach, Va.....	22
2.2.2 Edifício Green Office Meudon.....	23
2.2.3 BedZEB	23
2.2.4 CECAS	24
2.2.5 Fábrica da Medice	25
2.2.6 Fábrica da empresa Kanodia Technoplast, Nova Delhi (Índia).....	26
2.2.7 Outras Edificações.....	27
3 Geração e Cogeração.....	28
3.1 Aspectos Gerais da Geração.	28
3.1.1 Microturbina	28
3.1.2 Placas Fotovoltaicas.....	29
3.1.2.1 Componentes.....	30
3.1.2.2 Sistemas	31
3.1.2.3 Vantagens e desvantagens.....	31
3.2 Aspectos Gerais da Cogeração.....	32
4 Equipamentos de Refrigeração	34
4.1 Unidades Resfriadoras de Líquido	34
4.1.1 Chiller de Compressão	34
4.1.2 Chiller de Absorção	34
4.1.2.1 Componentes e Funcionamento de um Chiller de Absorção	35
4.1.2.2 Características desejáveis para a Solução de Refrigerante Absorvente	36
4.1.2.3 Vantagens e Desvantagens	37
4.1.3 Chiller de Adsorção	38
4.1.3.1 Componentes e Funcionamento de um Chiller de Adsorção	38
4.1.3.2 Aplicações com Água Quente como Fonte de Calor	39
4.1.3.3 Vantagens e Desvantagens	40
4.2 Torre de Resfriamento.....	40
4.2.1 Princípio de Funcionamento	40
4.2.2 Escoamento Cruzado	41
4.2.3 Escoamento Contracorrente	42
4.3 Termoacumulação.....	43
4.3.1 Sistema de acumulação de água gelada	45
4.3.2 Sistemas de acumulação de gelo	46
4.3.2.1 Ice Chiller.....	46
4.3.2.2 Ice Bank.....	46
4.3.2.3 Ice In Containers.....	47
5 Biodigestor.....	48
5.1 Biodigestão.....	48
5.2 Condições do Meio.....	49
5.3 Alimentação do Biodigestor.....	50
5.3.1 Alimentação Contínua e Semicontínua.....	50
5.3.2 Alimentação Descontínua.....	51
5.4 Geração de Biogás.....	51
5.4.1 Processo de mistura completa.....	51
5.4.2 Técnica do fluxo pistonado	52
5.4.3 Processamento em batelada	53
5.5 Tratamento do Biogás	53

6	Especificações do Edifício, Projeto e Seleção.....	54
6.1	Proposta Arquitetônica.....	54
6.2	Carga Térmica do Prédio.....	56
6.3	Consumo Energético do Prédio.....	57
6.4	Condições de Projeto.....	59
6.4.1	Combustível.....	59
6.4.2	Energia Elétrica.....	59
6.4.3	Produção de Água Gelada.....	61
6.5	Chillers.....	63
6.5.1	Análise chiller de absorção de queima direta.....	63
6.6	Microturbina.....	64
6.6.1	Análise Microturbina Capstone CR65.....	64
6.6.2	Análise Microturbina Capstone CR30.....	65
6.7	Tanque de Termoacumulação.....	66
6.7.1	Volume do Tanque.....	66
6.7.2	Tempo de Carga do Sistema.....	67
6.8	Biodigestor.....	67
6.8.1	Fonte de Substrato.....	67
6.8.2	Produção de Biogás.....	68
6.8.3	Indicações para o projeto.....	69
6.9	Placas Fotovoltaicas.....	70
6.10	Tubulações e Isolamento.....	72
6.11	Válvulas.....	74
6.12	Torre de resfriamento.....	75
6.13	Sistema de bombeamento.....	75
6.14	Sistema Completo.....	76
7	Operação.....	77
7.1	Modos de Operação.....	77
7.1.1	Produção Direta.....	78
7.1.2	Termoacumulação.....	79
7.1.3	Descarregamento.....	80
7.1.4	Produção Direta e Descarregamento.....	81
7.1.5	Produção Direta e Carregamento.....	82
7.1.6	Operação das válvulas.....	83
7.1.7	Funcionamento típico.....	83
7.1.7.1	Configuração 1.....	84
7.1.7.2	Configuração 2.....	86
7.1.7.3	Configuração 3.....	88
7.1.7.4	Escolha da melhor configuração.....	90
7.2	Instrumentação e Controle.....	90
7.2.1	Indicações para o projeto.....	91
8	Análise de Resultados.....	92
8.1	Balanço Energético.....	92
8.2	Custos.....	92
9	Conclusão e Passos Futuros.....	94
10	Referências Bibliográficas.....	95
11	Anexos.....	100
11.1	Chiller de absorção WFC-SC 10.....	100
11.2	Chiller de absorção CH-K 30 e CH-K 40.....	102
11.3	Chiller de compressão Trane.....	104
11.4	Microturbina Capstone C30.....	105
11.5	Microturbina Capstone C65.....	106
11.6	Seleção da torre de resfriamento.....	107
11.7	Dimensionamento das Tubulações.....	110
11.8	Anexo Sulfiron.....	111
11.9	Anexo Carvão Ativado.....	113
11.10	Seleção Placas.....	115
11.11	Seleção Válvulas de Balanceamento.....	116
11.12	Seleção Válvulas de Controle.....	117
11.13	Tarifa Energia Elétrica.....	118
11.14	Possível Localização da C.A.G.....	119

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1: MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA DO ANO DE 2013. (MARI ELETRIC, 2015).....	11
FIGURA 1.2: IMPORTÂNCIA DE EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS. (GUIA CASA EFICIENTE, 2014).....	12
FIGURA 1.3: PROPOSTA ARQUITETÔNICA PARA O EDIFÍCIO NZEB DA UNB. (TEIXEIRA, 2015).....	12
FIGURA 2.1: VARIÁVEIS DO CONCEITO NZEB. (TAVARES, 2013).....	19
FIGURA 2.2: CENTRO AMBIENTAL BROCK (COFFIELD, 2015).....	22
FIGURA 2.3: EDIFÍCIO GREEN OFFICE MEUDON, PARIS. (GREEN OFFICE, 2015).....	23
FIGURA 2.4: BEDZEB. (PEABODY, 2015).....	24
FIGURA 2.5: CECAS SERÁ CONSTRUÍDO NO CAMPUS DA USP EM SÃO PAULO. (PAULO BRUNA, 2015).....	25
FIGURA 2.6: FÁBRICA DA MEDICE. (MEDICE, 2014).....	25
FIGURA 2.7: CHILLER DE ABSORÇÃO IMPLEMENTADO NA SOLUÇÃO ENERGÉTICA. (MEDICE, 2014).....	26
FIGURA 2.8: INSTALAÇÃO DE TRIGERAÇÃO NA EMPRESA KANODIA TECHNOPLAST. (CLARKE ENERGY, 2015) ...	26
FIGURA 3.1: SISTEMA DE COGERAÇÃO COM TURBINA A GÁS.....	29
FIGURA 3.2: SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO. (SAPA, 2016).....	31
FIGURA 3.3: SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE. (SAPA, 2016).....	31
FIGURA 3.4: PRODUÇÃO DE ENERGIA CONVENCIONAL SEM COGERAÇÃO. (INEE, 2014).....	32
FIGURA 3.5: PRODUÇÃO DE ENERGIA COM COGERAÇÃO. (INEE, 2014).....	33
FIGURA 4.1: SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO. (JÚNIOR, ET AL., 2004).....	36
FIGURA 4.2: SIMPLIFICAÇÃO DE UM CHILLER DE ADSORÇÃO. (E A, 2013).....	39
FIGURA 4.3: CICLO ESQUEMÁTICO DE ADSORÇÃO. (ASCENÇÃO, 2011).....	39
FIGURA 4.4: DIFERENTES TIPOS DE ENCHIMENTO. (FÁBIO FERRAZ, 2008).....	41
FIGURA 4.5: FLUXO CRUZADO DO AR-ÁGUA EM UMA TORRE DE RESFRIAMENTO. (WIKIPÉDIA, 2014).....	42
FIGURA 4.6: FLUXO CONTRA CORRENTE DO AR-ÁGUA EM UMA TORRE DE RESFRIAMENTO. (CENTURY COOLING TOWER, 2014).....	42
FIGURA 4.7: PRINCIPAIS COMPONENTES DE UMA TORRE DE RESFRIAMENTO. (FÁBIO FERRAZ, 2008).....	43
FIGURA 4.8: TANQUES DE TERMOACUMULAÇÃO DA FÁBRICA DA MERCEDES BENZ. (PLARENG, 2011).....	44
FIGURA 4.9: EXEMPLO DE DEMANDA TÉRMICA DIÁRIA. (TERMOACUMULAÇÃO ESTRATIFICADA).....	45
FIGURA 4.10: ILUSTRAÇÃO DO SISTEMA DE TERMO-ACUMULAÇÃO. (DEMEC UFPR, 2015).....	45
FIGURA 4.11: SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE GELO ICE CHILLER. (DEMEC UFPR, 2015).....	46
FIGURA 4.12: SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE GELO ICE BANK. (DEMEC UFPR, 2015).....	46
FIGURA 4.13: COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS ICE CHILLER E ICE BANK. (DEMEC UFPR, 2015).....	47
FIGURA 4.14: RECIPIENTES DE ACUMULAÇÃO DE GELO. (DEMEC UFPR, 2015).....	47
FIGURA 4.15: SISTEMA DE ACUMULAÇÃO DE GELO ICE IN CONTAINER. (DEMEC UFPR, 2015).....	47
FIGURA 5.1 - ESQUEMA DO PROCESSO DE BIODIGESTÃO (PROBIOGÁS, 2010).....	48
FIGURA 5.2: ESQUEMA TÉCNICA DE FLUXO CONTÍNUO (PROBIOGÁS, 2010).....	50
FIGURA 5.3: ESQUEMA TÉCNICA COMBINADA DE FLUXO CONTÍNUO E ARMAZENAMENTO (PROBIOGÁS, 2010).....	51
FIGURA 5.4: ESQUEMA DE BIODIGESTOR DE MISTURA COMPLETA (PROBIOGÁS, 2010).....	52
FIGURA 5.5: BIODIGESTOR DE FLUXO PISTONADA HORIZONTAL (NEUBARTH, ET AL., 2000).....	52
FIGURA 6.1: LOCAL ONDE SERÁ CONSTRUÍDO O EDIFÍCIO NZEB. (PINTO, 2014).....	54
FIGURA 6.2: MODELO TRIDIMENSIONAL PROPOSTO. (BIRCK, 2014).....	55
FIGURA 6.3: MODELO ATUALIZADO DO PRÉDIO PROPOSTO PELA FAU. (BIRCK, 2014).....	55
FIGURA 6.4: GRÁFICO DA DEMANDA TÉRMICA DO EDIFÍCIO.....	57
FIGURA 6.5: CONSUMO MENSAL DO EDIFÍCIO NZEB. (TEIXEIRA, 2015).....	57
FIGURA 6.6: CONSUMO DE CADA COMPONENTE AO DECORRER DO ANO. (TEIXEIRA, 2015).....	58
FIGURA 6.7: PORCENTAGEM DO CONSUMO DE CADA COMPONENTE EM RELAÇÃO AO TOTAL. (TEIXEIRA, 2015).....	58
FIGURA 6.8: PRODUTIVIDADE BIOGÁS (EL-MASHAD, ET AL., 2010).....	68
FIGURA 6.9: EXEMPLO "SAM".....	70
FIGURA 6.10: EXEMPLO "SAM".....	71
FIGURA 6.11: PRODUÇÃO MENSAL PLACAS FOTOVOLTAICAS.....	71
FIGURA 6.12: EXEMPLO DO FUNCIONAMENTO DO "HYTOOLS".....	72
FIGURA 6.13: CATÁLOGO DE SELEÇÃO.....	73
FIGURA 6.14: DIAGRAMA TUBULAÇÕES.....	73
FIGURA 6.15: EXEMPLO SELEÇÃO VÁLVULA DE BALANCEAMENTO.....	74

FIGURA 6.16: EXEMPLO SELEÇÃO VÁLVULA DE CONTROLE DE FLUXO.....	74
FIGURA 7.1: ESQUEMA SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ÁGUA GELADA.....	77
FIGURA 7.2: ESQUEMA PRODUÇÃO DIRETA	78
FIGURA 7.3: ESQUEMA TERMOACUMUALÇÃO.....	79
FIGURA 7.4: ESQUEMA DESCARREGAMENTO.....	80
FIGURA 7.5: ESQUEMA PRODUÇÃO DIRETA E DESCARREGAMENTO.	81
FIGURA 7.6: ESQUEMA PRODUÇÃO DIRETA E CARREGAMENTO.	82
FIGURA 7.7: DEMANDA TÉRMICA DO PRÉDIO (CONFIGURAÇÃO 1)	84
FIGURA 7.8: DEMANDA TÉRMICA DO PRÉDIO (CONFIGURAÇÃO 1)	85
FIGURA 7.9: DEMANDA TÉRMICA DO PRÉDIO (CONFIGURAÇÃO 2)	86
FIGURA 7.10: DEMANDA TÉRMICA DO PRÉDIO (CONFIGURAÇÃO 2)	87
FIGURA 7.11: DEMANDA TÉRMICA DO PRÉDIO (CONFIGURAÇÃO 3)	88
FIGURA 7.12: DEMANDA TÉRMICA DO PRÉDIO (CONFIGURAÇÃO 3)	89
FIGURA 7.13: DIAGRAMA SENSORES	91
FIGURA 8.1: BALANÇO ENERGÉTICO	92

LISTA DE TABELAS

TABELA 6.1: RELAÇÃO DOS AMBIENTES DA PROPOSTA ATUALIZADA. (TEIXEIRA, 2015)	56
TABELA 6.2: CARGA TÉRMICA DOS DIFERENTES BLOCOS. (TEIXEIRA, 2015)	56
TABELA 6.3: NÍVEL DE USO DO PRÉDIO. (TEIXEIRA, 2015)	56
TABELA 6.4: CHILLERS SELECIONADOS.....	63
TABELA 6.5: CONSUMO DO CHILLER DE ABSORÇÃO QUEIMA DIRETA.	63
TABELA 6.6: CARACTERÍSTICA DA MICROTURBINA.....	64
TABELA 6.7: DADOS DO CHILLER DE ABSORÇÃO DE QUEIMA INDIRETA DA YAKAZI	65
TABELA 6.8: CARACTERÍSTICA DA MICROTURBINA.....	66
TABELA 6.9: QUANTIDADE DE RESÍDUOS ORGÂNICOS UFRN (CARNEIRO, ET AL., 2010)	68
TABELA 6.10: QUANTIDADE DE RESÍDUOS ORGÂNICOS UNB.....	68
TABELA 6.11: TABELA DE PRODUTIVIDADE (EL-MASHAD, ET AL., 2010)	69
TABELA 6.12: SELEÇÃO PLACAS FOTOVOLTAICAS.....	71
TABELA 7.1: OPERAÇÃO DAS VÁLVULAS.....	83
TABELA 7.2: DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE TERMOACUMULAÇÃO.	86
TABELA 7.3: DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE TERMOACUMULAÇÃO.	88
TABELA 7.4: DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE TERMOACUMULAÇÃO.	89
TABELA 7.5: TABELA DE EMISSÕES DAS DIFERENTES CONFIGURAÇÕES	90
TABELA 8.1: BALANÇO ENERGÉTICO	92
TABELA 8.2: CUSTO DOS EQUIPAMENTOS E SUA RESPECTIVA MANUTENÇÃO.....	93

1 INTRODUÇÃO

Desenvolve-se aqui a introdução ao tema desse projeto, a abordagem da sua relevância, a descrição dos objetivos, a metodologia e a estrutura desse trabalho.

1.1 O tema em Estudo e sua Relevância

Os problemas ambientais são cada vez mais recorrentes no cenário atual. Este é um problema histórico que teve início junto à revolução industrial, responsável por um desenvolvimento acelerado e sem fronteiras. A conta daquela revolução desenfreada e da ascensão do consumismo está sendo pago nos dias atuais, o estágio de poluição e destruição do meio ambiente é cada vez maior.

Alguns esforços foram e estão sendo feitos para reverter esse quadro de degradação. Em 1972 foi realizada em Estocolmo, na Suécia, a primeira conferência da ONU, que contou com representante de 113 países, 250 ONGs e ainda membros da ONU. Um dos resultados da conferência foi a elaboração da Declaração do Meio Ambiente Humano e um plano de ação para buscar soluções para os problemas ambientais. Essa conferência marca o início das discussões acerca da degradação do meio ambiente e das mudanças do clima.

Ao longo dos últimos 40 anos, várias conferências foram organizadas na tentativa de encontrar soluções mais adequadas para um desenvolvimento industrial sustentável, com exploração de recursos naturais feitos de modo controlado e planejado.

Um das preocupações para o desenvolvimento mundial é a questão energética. Atualmente, a maior parte de toda a energia consumida no planeta provém de fontes não renováveis, a mais comum é o petróleo. A questão energética é um tema extremamente estratégico no contexto geopolítico global, pois para que um país se desenvolva é necessário de uma infraestrutura energética capaz de suprir as demandas da população e de suas atividades econômicas.

Segundo a Agência Internacional de Energia, o consumo mundial deve crescer 1,6% ao ano entre 2006 e 2030, o que representará um aumento de 45% ao longo desse período. Os combustíveis fósseis devem continuar responsáveis pela geração da maioria da energia consumida no planeta com cerca de 80%. Os países que terão os maiores crescimentos de demanda energética serão a China e a Índia, onde existe uma redução dos índices de pobreza, propiciando a inserção de milhões de pessoas ao mercado de consumo. Já nos países desenvolvidos e alguns emergentes, haverá redução no uso dos combustíveis fósseis que serão substituídos por fontes renováveis e menos poluentes como biomassa, energia eólica, energia solar, entre outras.

No Brasil, mais de 70% da energia é produzida nas hidrelétricas. A vulnerabilidade do sistema que depende de água em níveis adequados em seus reservatórios para a geração de energia, é sua maior desvantagem.

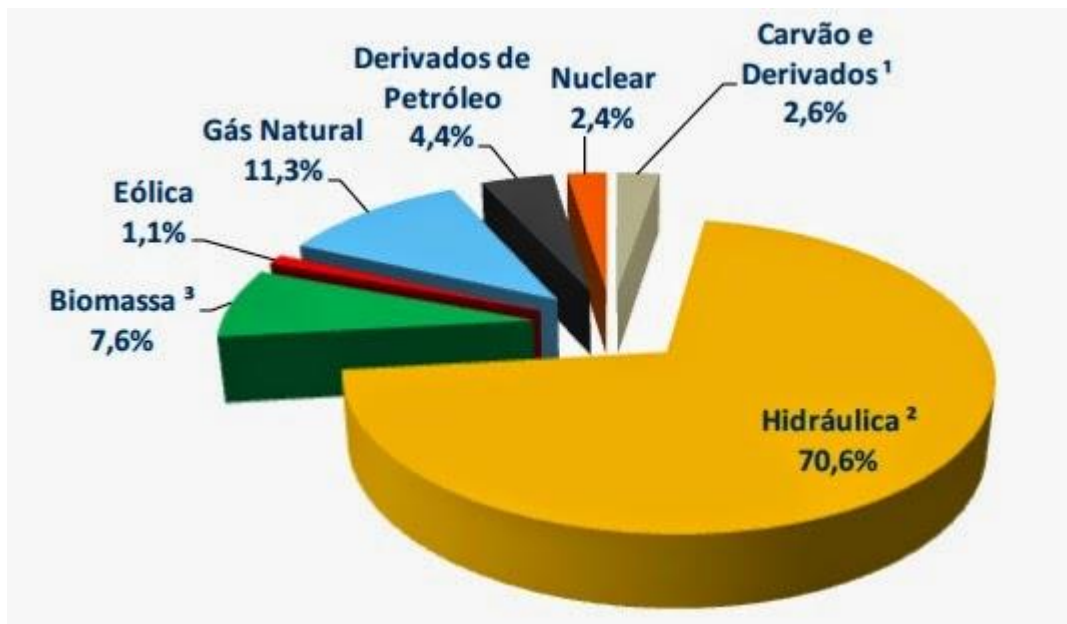


Figura 1.1: Matriz energética brasileira do ano de 2013. (Mari Eletric, 2015)

No ano de 2001 e 2002 o Brasil enfrentou uma das mais sérias crises energéticas de sua história, mais de 90% da energia elétrica era produzida nas hidrelétricas. Por conta disso, da falta de chuva, de planejamento e com o crescimento da indústria, o risco de falta de energia era eminente. Com a possibilidade de corte de energia elétrica em todo o país, a população brasileira foi obrigada a mudar seus hábitos de consumo de energia drasticamente.

Infelizmente, no ano de 2014, a ausência de chuvas também foi grande, os reservatórios operaram muito abaixo de suas capacidades máximas, prejudicando a oferta de energia. Em São Paulo, uma das cidades que mais sofre com a falta de água, houve a necessidade de racionamento de água. Podemos ver pela figura 1, a diminuição da dependência das hidrelétricas, mas ainda assim, a dependência desse recurso é muito grande.

Sabe-se que o sistema de condicionamento de ar é um dos grandes vilões do consumo de energia, alguns especialistas apontam esse dispositivo como sendo um dos responsáveis pelo apagão que atingiu 10 estados e o Distrito Federal em janeiro de 2015. Naquele dia as temperaturas em São Paulo chegaram aos 35°, por volta das 15h, horário em que se usa mais o ar condicionado, a demanda de energia ficou acima do que era esperado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e então o corte de energia foi necessário.

Diante dessas preocupações, países de todo o mundo já estudam e desenvolvem meios alternativos e sustentáveis de diminuição do consumo e produção de energia nas edificações. Existe um conceito em desenvolvimento em vários países para o uso sustentável de energia em edifícios, esse conceito é

chamado de net Zero Energy Building (nZEB) ,edifícios com uma eficiência energética muito alta e que conseguem produzir toda a energia consumida por ele, ou seja, um balanço energético nulo.



Figura 1.2: Importância de edifícios sustentáveis. (Guia Casa Eficiente, 2014)

De frente desses fatos, o presente trabalho tem como objetivo continuar os trabalhos já feitos por Geraldo Sousa Python Pinto (Pinto, 2014) e Hugo de Paula Franco Teixeira (Teixeira, 2015) ambos alunos da Universidade de Brasília (UnB).

De forma breve, os trabalhos citados visam a construção de um edifício de caráter experimental seguindo o conceito nZEB na Universidade de Brasília, ambos os trabalhos tinham como objetivo a otimização energética do prédio e de seu sistema de condicionamento de ar. Tal edifício foi projetado tendo como base uma proposta arquitetônica da Faculdade de Arquitetura (FAU), também da mesma instituição.



Figura 1.3: Proposta arquitetônica para o edifício nZEB da UnB. (Teixeira, 2015)

O foco principal do presente trabalho será buscar alternativas de geração de energia para o prédio e desenvolver sistemas de cogeração que poderiam aumentar a eficiência do edifício. Como o prédio tem um caráter experimental, a adoção de diversas tecnologias na sua concepção é, também, objetivo deste.

1.2 Revisão Bibliográfica

Tecnologias de cogeração ou trigeração vêm sendo tema de vários estudos recentes devido à grande demanda de sistemas mais eficientes e menos danosos ao meio ambiente.

Um dos primeiros estudos envolvendo o processo de cogeração foi o de (Santo, 1997), que trata da aplicação de um sistema de cogeração em um hospital da Universidade Estadual de Campinas. No projeto, foi estudado a cogeração por meio de motores de combustão interna a gás natural atuando em paralelo com a rede elétrica.

Entre as possibilidades estudadas, está uma máquina de absorção de queima indireta (utiliza o calor rejeitado como fonte de energia) capaz de produzir água gelada para o sistema de ar condicionado a partir dos gases providos da queima no motor de combustão interna.

Posteriormente, a trigeração foi estudada por Maidment (2001), que analisou um sistema de geração de frio, potência e calor combinados para uso em um supermercado. No trabalho, foram definidas as necessidades de calor, frio e eletricidade de um supermercado convencional e então apresentadas algumas possibilidades de sistemas CCHP (Combined Colling, Heat and Power).

Ao final do trabalho, a conclusão do autor foi que o sistema que de uma turbina a gás tendo sua saída conectada a um chiller de absorção de brometo de lítio era a melhor combinação. A razão para isso era o baixo custo deste tipo de equipamento e o seu curto “payback” de sete anos. Além disso, foi previsto que, no médio prazo, os sistemas CCHP teriam papel significativo na redução das emissões de CO₂.

O sistema de cogeração provedor de eletricidade e resfriamento em um laboratório na China, foi examinado por Ho e Chua (2003). O sistema composto por uma microturbina, um chiller de absorção de brometo de lítio, trocadores de calor e um sistema de abastecimento de propano apresentou uma eficiência global de 40% a 49% e um COP variando de 0,5 a 0,58 dependendo da eletricidade gerada pela turbina.

Saha (2005), fez um estudo detalhado da performance de um chiller de adsorção de gel de sílica, e mostrou que ambos, capacidade de resfriamento e COP aumentam quanto maior for a temperatura de entrada da água, porém a temperatura de saída também aumenta.

O uso residencial de sistemas de cogeração foi investigado por Clause (2008). No estudo, um sistema com coletores solares forneceria calor a um chiller de adsorção. Resultados promissores

quanto ao uso desta tecnologia foram assim descritos pelo autor, "O potencial de tal instalação foi demonstrado com este trabalho, destacando o sistema de ar condicionado movido à energia solar juntamente com a possibilidade de aquecimento solar. De fato, esses sistemas permitem o uso de coletores solares durante todo o ano o que torna sua instalação mais atraente a partir de um ponto de vista financeiro".

No mesmo ano, o autor participou de outra pesquisa que buscava encontrar o melhor par de adsorção para chillers com esse tipo de mecanismo de ativação. Estes seriam usados em sistemas de refrigeração residencial na França. Ele comparou os pares carvão ativado/metanol, gel de sílica/água e zeólito/água e chegou à conclusão que o terceiro par se mostrava como melhor solução, mesmo não tendo o melhor COP. Isso se deve a necessidade de controle da temperatura da dessorção no primeiro caso, pois a dissociação do metanol presente no par carvão ativado/metanol causaria degradação no sistema.

Um interessante estudo feito por Tse(2010) buscava descobrir o melhor método para diminuir a emissão de CO₂ por navios, a combinação de uma célula combustível de óxido sólido com uma turbina conectada a um chiller de absorção seria a melhor escolha, gerando, no melhor dos casos, um aumento de 53% da eficiência.

Conforme Chua (2011), que estudou tecnologias de energia renovável integradas para uso em sistemas de trigerção utilizando placas térmicas solares, células de energia, microturbinas e chillers de absorção, "o sistema de trigerção é autossustentável e utiliza o calor gerado pelos equipamentos de geração de energia elétrica para obter frio no chiller". E conclui que um sistema dividido em 80% microturbina, 10% Placa Térmica e 10% de células de energia é o formato mais eficiente.

No Brasil, Rocha (2011) fez testes de performance em duas pequenas plantas de trigerção. A primeira era baseada em uma microturbina de 30 kW movida a gás natural e a segunda, em um motor de combustão interna de 26 kW ambas tendo seus gases de saída acoplados a um chiller de absorção de amônia/água para produzir frio no primeiro momento, e em um segundo momento produzir água quente a partir de uma caldeira.

Os resultados do trabalho foram que o sistema de microturbina teve um fator de utilização de 56.3%, economia de energia de 15.1% e uma taxa de calor, que representa a razão entre a capacidade do combustível e a potência gerada a partir deste de 3.9 enquanto o segundo caso, com motores de combustão interna, teve 43.7%, 44.2% e 3.6 respectivamente.

"Sistemas de multigerção de produção de energia permitem maior eficiência devido à integração de diferentes sistemas de recuperação da maior parte possível da exergia da energia de entrada", concluiu Ozturk(2013). O estudo foi baseado na análise de um sistema multigerador, fundamentado em energia solar com gaseificação do carvão.

No sistema citado acima, o calor solar captado no coletor seria utilizado para gaseificar o carvão. E o mesmo seria utilizado em turbinas a gás, chillers de absorção, ciclos de Rankine, produção e utilização de hidrogênio em células combustíveis e produção de água quente.

“Micro-Trigeração para energia sustentável: Tecnologias, ferramentas e tendências” foi o título da pesquisa de Sonar (2013). Nesta, foi feita uma breve revisão de alguns sistemas de micro-trigeração. Ao final, concluiu-se que os benefícios apresentados por esses sistemas vão de encontro as metas de redução das emissões de carbono como o protocolo de Kyoto e a Agenda 21 e que existe um grande potencial de mercado para a trigeração, porém a introdução desses mecanismos ao mesmo deve ser apoiada por institutos de pesquisa, produtores e ações governamentais.

CCHP (Combined Heat Colling and Power) de pequenas e microescalas são as tendências em aplicações futuras devido aos seus benefícios econômicos, técnicos e ambientais. Novas tecnologias como microturbinas, células combustíveis, motores Stirling e chillers de absorção e adsorção estão emergindo. Eles possuem características promissoras, como baixa emissão e alta eficiência, também constatou o Autor.

Jradi(2013) fez uma abrangente revisão dos recentes avanços no campo da geração combinada de frio, calor e energia. Mecanismos de suportes, motores principais, tecnologias de resfriamento, configurações de sistemas, combustíveis e recursos renováveis empregados foram apresentados e discutidos. Ao final, o autor apresenta várias conclusões como:

1. Apesar da capacidade instalada de sistemas CCHP de 105 GW nos países Europeus em 2010 e cerca de 82 GW nos estados Unidos em 2012, o impacto de tais sistemas na geração global de energia ainda é baixo. Para promover o crescimento desta tecnologia vários países vêm implementando políticas energéticas e mecanismos de suporte, porém barreiras econômicas e de mercado atrapalham o desenvolvimento.
2. Os principais motores primários utilizados são turbinas a gás e motores de combustão interna, enquanto ciclos de Rankine orgânicos e células combustíveis são tecnologias promissoras, mas ainda carecem de pesquisas que demonstrem seu potencial.
3. Chillers de absorção são predominantes na parte de refrigeração em sistemas de trigeração. Porém, outras opções como chiller de adsorção são possíveis.
4. Diferentes combustíveis estão sendo utilizados incluindo diesel, biocombustíveis e carvão, mas o mais comumente utilizado é o gás natural devido a sua grande disponibilidade, queima limpa, facilidade de transporte e baixo preço.

A utilização de ciclos de cogeração em navios também foi estudada por Youcai e Liang(2013). No caso em questão, um ciclo de Rankine movido à água e um chiller com uma solução de água/amônia como fluido refrigerante eram os dispositivos utilizados. Os resultados obtidos foram

uma melhora de 9% na eficiência global do sistema e que o arranjo é capaz de manter de forma autônoma a embarcação.

Novamente no Brasil, foi realizado um estudo por Bazzo (2013) para análise de uma planta de cogeração de pequena escala para o propósito de geração de energia e refrigeração. Neste trabalho, obtiveram-se resultados para uma combinação de microturbina e chiller de absorção a água/amônia disparado por vapor. Este vapor seria resultado do uso do calor expelido da turbina, no seu funcionamento, em um gerador de vapor. O fluido utilizado no sistema HVAC foi uma salmoura de monoetilenoglicol. O COP encontrado foi de 0.44 e a eficiência global de 39.4%”. Assim, a performance do chiller em cogeração é 25% menor do que o valor nominal de 59% quando o calor da turbina é expelido diretamente no sistema. A modificação no sistema explica isso pois o gerador do chiller é originalmente projetado para troca de calor por radiação e convecção e enquanto utilizar vapor a transferência é majoritariamente por convecção de mudança de fase” concluiu o autor.

O uso combinado de chillers, tanto de absorção quanto de compressão, com turbinas movidas a biomassa foi estudado por Andiappan (2014). Este estudo reafirmou os benefícios significativos para as indústrias da cogeração. Estes benefícios incluem redução de custos operacionais, diminuição dos desperdícios e menor dependência da rede. Além disso, o uso da trieração melhora a utilização dos recursos, reduz as emissões de poluentes e aumenta a confiabilidades do sistema energético. Porém, como a maioria dos sistemas renováveis, a disponibilidade de biomassa é sazonal dificultando sua utilização.

Ochoa (2014) fez um estudo energético e exerético de um chiller de absorção de 10 TR integrado a uma planta de cogeração. O estudo foi feito com base em chiller de brometo de lítio/água, uma turbina a gás natural, torres de resfriamento e trocadores de calor. Nos casos extremos, a configuração apresentou COP de 0,74 a 0,24 e eficiência Global de 50% a 24%.

Malagueta (2014) apresentou uma planta CSP que supriria as necessidades de eletricidade, refrigeração e água quente em um hospital de médio porte em Bom Jesus da Lapa (RJ). No projeto, havia um concentrador parabólico, um chiller por absorção e um conjunto de turbinas a gás e a vapor. O sistema se mostrou tecnicamente viável e poderia suprir de forma autônoma a edificação. A conclusão do autor foi “O arranjo foi proposto para atender as demandas de um hospital, mas arranjos similares poderiam atender diferentes demandas de calor, frio e eletricidade de outras instalações, como indústrias e prédios comerciais (shopping centers, por exemplo) ”.

No que concerne ao prédio em foco deste trabalho, duas pesquisas foram realizadas anteriormente.

Pinto (2014), a partir da análise termoenergética feita com auxílio do software “Energy Plus”, avaliou para o clima de Brasília, o consumo e a capacidade de produção de energia do prédio.

Diversas soluções para aumento da eficiência do sistema de refrigeração da edificação foram apresentadas. Tais como uso de tubos enterrados, chaminés solares e sistema híbrido de resfriamento.

Os resultados apontaram que o prédio teria a capacidade de produzir energia em um superávit de 23,5% da energia consumida pelo edifício experimental.

Posteriormente, Texeira (2015) apresentou uma atualização da proposta realizada por Pinto (2014) em virtude da mudança de arquitetura do prédio. Foram refeitos o cálculo de carga térmica, simulações energéticas, bem como se avaliou o conforto térmico do edifício.

Com resultado da análise das mais diversas soluções, optou-se pelas seguintes: utilização do sistema free cooling na renovação de ar do sistema HVAC, utilização de caixas VAV no sistema de insuflamento de ar e o sequenciamento de chillers. A nova proposta não possui estratégia de climatização passiva como o trabalho de Pinto (2014).

O edifício seria capaz de produzir 21% a mais de energia elétrica comparado com a energia consumida.

A revisão bibliográfica mostra que o trabalho em conjunto de placas fotovoltaicas, turbinas a gás, chillers de absorção e adsorção além de ser eficiente, apresenta vantagens econômicas e ambientais.

1.3 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um projeto de engenharia que suprirá a demanda energética e térmica do edifício. Além disso, o arranjo adotado deve buscar pela máxima eficiência energética e balanço energético nulo. Agregado a estes objetivos centrais, temos os seguintes objetivos complementares:

- Estudo do tema proposto;
- Estudo do edifício;
- Utilização do maior número de tecnologias de refrigeração e geração de energia elétrica;
- Análise técnica;
- Elaborar um diagrama para a central de cogeração.
- Elaborar uma planta de engenharia da central de cogeração.

1.4 Metodologia

A metodologia utilizada inicia-se pelo estudo da relevância do tema, com o objetivo de conhecer métodos de cogeração utilizados em edifícios nZEB.

Após a revisão bibliográfica, o conceito nZEB foi descrito e algumas edificações modelo foram apresentadas.

Métodos de geração e cogeração e seus principais equipamentos empregados nesses conceitos foram expostos.

A proposta arquitetônica foi apresentada no capítulo 6 juntamente com os dados de carga térmica e consumo energético.

Ao final, foi apresentada uma solução de engenharia que utiliza vários tipos de tecnologia e atende a necessidade de balanço energético nulo requerido. Os equipamentos foram selecionados ou projetados de acordo com o modo operação, que levou em conta as emissões de CO₂ sua definição.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em dez capítulos, incluindo essa introdução e a conclusão, de modo que cada capítulo representa uma etapa do estudo necessário para a proposta final da edificação.

O primeiro capítulo é composto principalmente por uma análise do tema em estudo e sua relevância, de forma a apresentar e justificar para o leitor a importância do tema tratado. O segundo capítulo apresenta o conceito nZEB e exibe modelos de edificações já construídas e suas respectivas soluções de geração e cogeração. O terceiro capítulo mostra o conceito de geração e cogeração. O capítulo quatro retrata as principais máquinas em CAG's (Centrais de Água Gelada), chillers e torre de resfriamento respectivamente. O quinto capítulo apresenta a tecnologia de biodigestão. O sexto capítulo expõe importantes dados sobre o prédio como a carga térmica e o consumo energético e dizem a respeito das condições de projeto da central de cogeração e seleção dos equipamentos. O sétimo trata dos modos de operação da central de cogeração e da análise de emissões de CO₂. O oitavo capítulo apresenta o cálculo do balanço energético do prédio e os custos referentes a central. Por fim, o último capítulo traz as conclusões do projeto.

2 CONCEITO NZEB E SEU ESTÁGIO ATUAL DE DESENVOLVIMENTO.

O capítulo traz o estado da arte das edificações nZEB e edifícios que apresentam este título.

2.1 Conceito nZEB

Os edifícios são responsáveis por consumirem aproximadamente um terço da energia produzida no mundo e esse número só tende a aumentar. Devido a esse grande consumo e os problemas relacionados ao meio ambiente, observou-se a necessidade de fazer algo para que o consumo de energia diminuísse. Isso só seria possível reduzindo as necessidades energéticas dos prédios. Após vários estudos e avanços da tecnologia, se pôde notar que não só a melhoria da eficiência energética nos edifícios seria a solução, mas também se faz necessário a produção de energia no próprio edifício, com potencial de atingir um balanço energético nulo, surgindo o conceito de edifícios nZEBs.

Os Edifícios Net Zero Energy Buildings (NZEB), são denominações dadas aos edifícios cujos projetos tenham alta eficiência térmica e energética, ou seja, a edificação deve possuir a menor demanda de energia possível e ainda apresentarem consumo zero de energia elétrica. Os métodos de produção de energia são variados, podendo ser fotovoltaica, eólica, biomassa, biogás e geotérmicas. Na Figura 2.1 podemos observar uma ilustração do conceito NZEB.

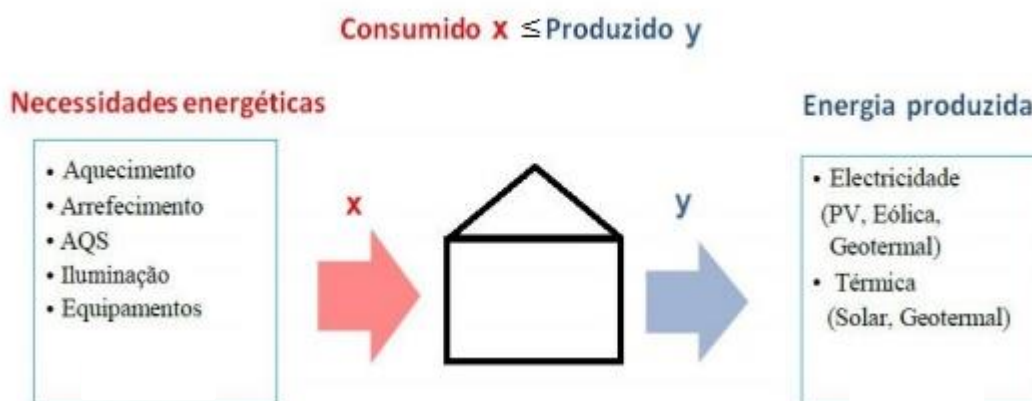


Figura 2.1: Variáveis do conceito NZEB. (Tavares, 2013)

Em 2002 foi lançada pela União Europeia a diretiva nº 2002/91/CE chamada de Energy Performance in Buildings Directive (EPBD) que trata sobre o desempenho energético dos edifícios. Essa diretiva estabeleceu exigências térmicas e de desempenho energético para edifícios novos e antigos, promoveu a obrigatoriedade de um sistema de certificação energética para informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, entre outras medidas. Posteriormente, em 2010, essa diretiva foi revisada (2010/31/EU) e reformulava medidas importantes necessárias para a redução de energia e

dos gases causadores do efeito estufa, dentre essas medidas vale destacar a obrigatoriedade de, a partir de 2020, todos os novos edifícios apresentarem um balanço energético próximo do zero, sendo que o consumo deve ser coberto por fontes de energia renováveis.

Segundo o engenheiro e professor da Escola de Projeto, Construção e Planejamento da Universidade da Flórida Charles Kibert, em visita ao Brasil em 2010 para participar do 3º Congresso de Construção Sustentável, a Califórnia determinou naquele mesmo ano que os edifícios residenciais tivessem balanço de energia zero até 2020 e os comerciais até 2030.

O conceito nZEB deve ser pensando no começo do projeto e implementado no início da construção. Isso tudo é determinado nos projetos arquitetônico, construtivo e tecnológico que estabelecerão o padrão de consumo e também a existência de áreas físicas para instalação de sistemas de geração de energia no próprio local. Por isso a necessidade de equipes multidisciplinares é essencial, exigindo um esforço conjunto de todas as disciplinas envolvidas (civil, arquitetura, mecânica, elétrica e mecatrônica) para atingir os resultados almejados.

O nZEB, geralmente, depende de fontes de energia externas, tais como eletricidade e gás natural, quando as gerações on-site não atendem à demanda do prédio. Quando a geração on-site exceder cargas do edifício, o excesso de energia é exportado para fornecedor. Ao usar o fornecedor para fazer o balanço de energia, a eletricidade excedente é exportado para a rede elétrica podendo compensar o uso de energia mais tarde. Alcançar um nZEB sem a utilização da rede seria muito difícil, já que a atual geração de tecnologias de armazenamento é limitada.

Uma construção de energia zero pode ser definida de várias formas. Diferentes definições podem ser apropriadas, dependendo dos objetivos do projeto e dos valores adotados pela equipe de projeto e proprietário do edifício. Quatro definições são frequentemente utilizadas:

- Net Zero Site Energy;
- Net Zero Source Energy;
- Net Zero Energy Costs;
- Net Zero Energy Emissions.

As definições se aplicam para diferentes casos. Para nZEBs que têm uma parte da geração renovável fornecida por fontes de fora do local, estes edifícios são referidos como "off-site NZEBs."

Net Zero Site Energy

Um local que produz pelo menos tanta energia quanto usa, quando contabilizados no final de um período. Uma limitação de um "nZEB site" é que os valores de vários combustíveis na fonte não são considerados. Por exemplo, uma unidade de energia elétrica utilizada no local é equivalente a uma unidade de energia a gás natural no local, mas a eletricidade é cerca de três vezes mais valiosa na

fonte. Para edifícios totalmente elétricos, um “nZEB site” é equivalente a um “nZEB source”. Para edifícios com o uso de gás, um site nZEB terá de gerar muito mais eletricidade no local do que um “nZEB source”.

Uma definição facilmente mensurável é importante para determinar com precisão o progresso para atingir um objetivo nZEB. Um “nZEB site” pode ser facilmente verificado através de medições locais, pois tem uma menor influência externa. Este não é o caso para a definição “nZEB cost”, porque há flutuações nos custos de energia, “nZEBs source” e “nZEBs emissions” não podem ser medidos diretamente, porque fatores externos precisam ser determinados (Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, 2006).

Net Zero Source Energy

Produz pelo menos tanta energia quanto ele usa em um ano, quando contabilizados na fonte. A fonte de energia refere-se à energia primária utilizada para gerar e entregar a energia para o local. Para calcular fonte de energia total de um edifício, a energia importada e exportada é multiplicada pelos multiplicadores de conversão da fonte apropriada.

O “nZEB source “ produz tanta energia quanto ele usa quando medido na fonte. Para calcular a energia total de um edifício, tanto a energia importada e exportada deve ser multiplicada pelos fatores de energia da fonte apropriada. (Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, 2006).

Net Zero Energy Costs

O retorno financeiro que a distribuidora “da” para o edifício com a energia exportadas é pelo menos igual ao montante que o proprietário paga com os serviços de energia, ou seja, um “nZEB cost” recebe tanto crédito financeiro que não tem nenhum custo na sua geração de energia elétrica. O crédito recebido para a eletricidade exportada terá de compensar a energia, distribuição, demanda de pico, impostos e encargos de medição de eletricidade e gás usado. O “nZEB cost” fornece uma comparação relativamente uniforme dos tipos de combustíveis utilizados no local.No entanto, como as taxas de utilidade pode variar amplamente, um edifício com um desempenho energético consistente poderia cumprir a meta “nZEB cost” um ano e não o próximo (Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, 2006).

Net Zero Energy Emissions

As emissões deixadas de produzir a partir de energia renovável têm que ser pelo menos igual as emissões por energia não renovável. Um edifício totalmente elétrico obtém toda a sua eletricidade a partir de um off-site de origem zero emissões (como energia hidráulica, nuclear, ou em grande escala centrais eólicas), já é zero emissões e não tem necessidade de gerar toda a energia no local renovável para compensar as emissões. No entanto, se o mesmo edifício utiliza o gás natural para o aquecimento

será necessário exportar o suficiente de emissões livre de energia renovável para compensar as emissões do gás.

A definição “nZEB emissions” tem dificuldades semelhantes no seu cálculo de balanço. Muitas destas dificuldades estão relacionadas com a incerteza na determinação da fonte de geração de eletricidade (Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, 2006).

2.2 Projetos nZEB

Atualmente o conceito nZEB é mais desenvolvido em países da Europa e nos Estados Unidos da América, mas estudos sobre esse tipo de edificação existem em todo o mundo. A autossuficiência energética tem atraído muita atenção devido ao aumento do preço da energia, aquecimento global e problemas climáticos. A seguir, serão apresentados alguns exemplos de edificação com o selo nZEB que a partir do uso de geração “on-site” e busca pela eficiência energética obtiveram diminuição nos seus custos e sistemas mais confiáveis.

2.2.1 Brock Environmental Center: Virginia Beach, Va.

O centro ambiental Brock, localizado em Virginia Beach, é um exemplo recente de como minimizar o impacto ambiental e ao mesmo tempo se manter resiliente aos desafios do futuro.

Com a meta de criar um prédio modelo para os projetos sustentáveis, o time de engenheiros buscou a mais avançada certificação de edifícios sustentáveis, o “Living Building Challenge”. Esta certificação requer balanço de energia, consumo de água e de resíduo nulo.

No edifício foram utilizadas várias formas de geração de energia como turbinas eólicas, placas fotovoltaicas e energia geotérmica.



Figura 2.2: Centro Ambiental Brock (Coffield, 2015)

2.2.2 Edifício Green Office Meudon

O Green Office Meudon está localizado em Paris na França, este edifício foi desenhado por Ion Enescu da empresa de arquitetura Ateliers 115 Architectes e construído pela Bouygues, um dos maiores grupos europeus de construção, no ano de 2010.

O edifício tem 7 andares e 23.300 metros quadrados de área útil e foi projetado para ter o melhor desempenho energético possível. Suas fachadas principais foram construídas principalmente com 40% de envidraçado e o restante com uma superfície opaca, assegurando o equilíbrio entre a luz natural e a incidência de radiação. Além disso, possui 40 estações para carregamento de veículos elétricos, terraço com jardim de 500 metros quadrados e mais dois terraços de madeira de 600 metros quadrados.



Figura 2.3: Edifício Green Office Meudon, Paris. (Green Office, 2015)

A produção de energia do edifício é mista, o prédio tem instalado painéis fotovoltaicos com uma área total de 4200 metros quadrados, esses painéis são responsáveis por aproximadamente 45% da energia do prédio e estão dispostos em vários pontos da planta, como o estacionamento, cobertura, fachada e até mesmo nas persianas. O outro meio de obtenção de energia, responsável pelos outros 55%, é uma central de geração e cogeração, formado por uma unidade motor-gerador que fornece energia elétrica e calor.

O consumo de energia desse estabelecimento é de aproximadamente 62 kWh/m² por ano e a produção é de aproximadamente 64 kWh/m² por ano, ou seja, produz mais energia do que consome. O excedente de energia é vendido para a concessionária que administra a rede de energia da região.

2.2.3 BedZEB

É um empreendimento de uso misto construído no sul de Londres, em 2002. BedZED é um edifício onde a maioria do seu espaço é para moradia e visa também a mudança para um estilo de vida mais sustentável, atualmente 49% dos moradores fazem o uso de bicicletas como meio de transporte. O sistema de abastecimento de água, aquecimento e eletricidade foram cuidadosamente projetados de forma a serem autônomos, ou seja, produzindo a própria energia.



Figura 2.4: BedZEB. (Peabody, 2015)

A solução encontrada para a produção de energia foi uma central de cogeração, chamada de CHP (Combined Heat and Power), esse tipo de sistema funciona a partir da queima de madeira rejeitada pela indústria. O gás gerado nessa queima alimenta o gerador elétrico e o calor gerado é aproveitado para um sistema de aquecimento de ciclo fechado (Nicholls, 2007). Além disso, há também cerca de 800 m² de células fotovoltaicas para a produção de energia. O total de energia produzida é de 82 kWh/m² por ano e essa energia é toda consumida.

2.2.4 CECAS

O Centro de Estudos de Clima e Ambientes sustentáveis (CECAS) é um projeto desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP). O prédio, que terá uma área de 6000 m² distribuídos em subsolo, térreo, três pavimentos e cobertura, funcionará para estudos relacionados a essa área. Esta é uma iniciativa do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) e a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) e integrará pesquisas multidisciplinares de várias unidades da universidade.



Figura 2.5: CECAS será construído no campus da USP em São Paulo. (Paulo Bruna, 2015)

O edifício vai gerar 100% de sua própria energia, a maioria gerada por placas solares, mas serão estudados outros tipos de produção de energia. O prédio também terá ventilação natural com controle automatizado, resfriamento do ar pelo solo, controle da radiação por meio de protetores solares externos automatizados, entre outros dispositivos.

2.2.5 Fábrica da Medice

Esse edifício está situado na Alemanha, foram investido 1,1 milhão de euros em um sistema de produção combinada de calor e potência com placas fotovoltaicas, chillers de absorção e trocadores de calor adiabático. Com este arranjo, a empresa conseguiu se tornar autossuficiente na produção de calor, frio e eletricidade.



Figura 2.6: Fábrica da Medice. (Medice, 2014)

O projeto, a partir do planejamento inicial até a instalação, foi capaz de ser implementado em apenas 12 meses. A economia em termos de consumo de eletricidade com chillers de absorção que utilizam o calor desperdiçado foi de 250.000 kW/ano que equivale a uma economia de 42.000 euros. O investimento tem um “payback” de 4,5 anos.



Figura 2.7: Chiller de absorção implementado na solução energética. (Medice, 2014)

2.2.6 Fábrica da empresa Kanodia Technoplast, Nova Delhi (Índia).

A combinação de turbinas a gás e chillers de absorção foi utilizado na planta da fábrica Kanodia. Além de produzir 1,415 MW de eletricidade, o calor perdido das turbinas é usado na produção de frio em chillers de absorção com capacidade de 200 TR. O uso dessa tecnologia tem várias utilidades como:

- Geração de energia confiável no local;
- Economia nos custos de energia;
- Redução das emissões de carbono.



Figura 2.8: Instalação de trigerção na empresa Kanodia Technoplast. (Clarke Energy, 2015)

2.2.7 Outras Edificações

O Hotel Garryvoe na Inglaterra:

- Gás natural como combustível para o sistema CCHP;
- Calor gerado é utilizado no spa do hotel;
- Outra parte do calor é utilizado em chillers de absorção;
- Economia de 130.000 euros por ano.
- Payback de 2,5 anos.
- Estabilidade no uso de energia.

Prédio comercial da Coca-Cola na Austrália.

- Sistema composto de chillers de absorção de 650 kW.
- Motor alternativo movido a gás acoplado a um gerador de 415 volts que provem energia ao prédio.
- A planta de trigeriação pode operar em modo de standby durante uma falha da rede, suprindo uma grande porção das necessidades do prédio e pode ser ligado sem a necessidade de potência externa.
- A planta opera entre 7 da manhã e 10 da noite em dias úteis e usará a energia da rede em momentos de pico de consumo.

3 GERAÇÃO E COGERAÇÃO

Apresenta as definições de geração e cogeração.

3.1 Aspectos Gerais da Geração.

A autonomia dos prédios nZEB advém da geração de energia no próprio prédio. Essa produção é feita em escalas bem menores que as realizadas pelas usinas espalhadas pelo Brasil. Esta micro geração consegue fornecer energia elétrica confiável e com perdas reduzidas, que podem chegar a 17% nas grandes linhas de transmissões.

As principais tecnologias utilizadas para a micro geração de energia englobam os já conhecidos motores de combustão interna, as microturbinas a gás e outros processos relacionados à energia renovável como a eólica, solar (fotovoltaica), geotérmica e biomassa. As microturbinas estão se tornando uma opção muito atrativa nesse meio de geração de energia e seu uso está ficando mais frequente, elas podem reduzir de 50 a 100% as emissões de partículas, dióxido de enxofre, óxido de nitrogênio e metais pesados. As turbinas também são caracterizadas por terem alta potência específica e por isso são sistemas compactos e leves, outras características desse sistema são: bom rendimento, necessidades de manutenção mínimas, poucas vibrações e uma capacidade alta de exploração dos gases liberados podendo ser usados para cogeração de alta eficiência.

3.1.1 Microturbina

Uma microturbina a gás é uma máquina composta por diversos elementos, como: Compressor, câmara de combustão e turbina. Esse sistema trabalha em ciclo Brayton aberto, em que o ar atmosférico é comprimido pelo compressor com taxas na ordem de 15:1 a 30:1, e levado para a câmara de combustão, onde o combustível é queimado na forma de uma chama contínua elevando a temperatura e pressão da mistura, os gases se expandem e são encaminhados para dentro da turbina, onde a sua energia cinética de escoamento é convertida em energia mecânica girando o rotor da turbina, que pode ser aproveitada tanto para a produção de energia elétrica com um alternador, como para pôr em funcionamento bombas, compressores, etc. A energia restante, produzida sob a forma de um fluxo elevado de gases quentes, pode ser usada para atender as exigências térmicas de alguns processos. Podendo produzir energia na forma de calor e ou frio.

Um sistema de geração de energia elétrica com a utilização de uma microturbina a gás apresenta uma eficiência da ordem dos 35%, perdendo-se por volta de 65% da energia do combustível. Com a utilização de um sistema de aproveitamento dos gases de combustão (com temperaturas de exaustão da ordem dos 300-700 °C), o rendimento do sistema passa a ser de aproximadamente 80% como pode ser visto na Figura 3.4 e Figura 3.5.

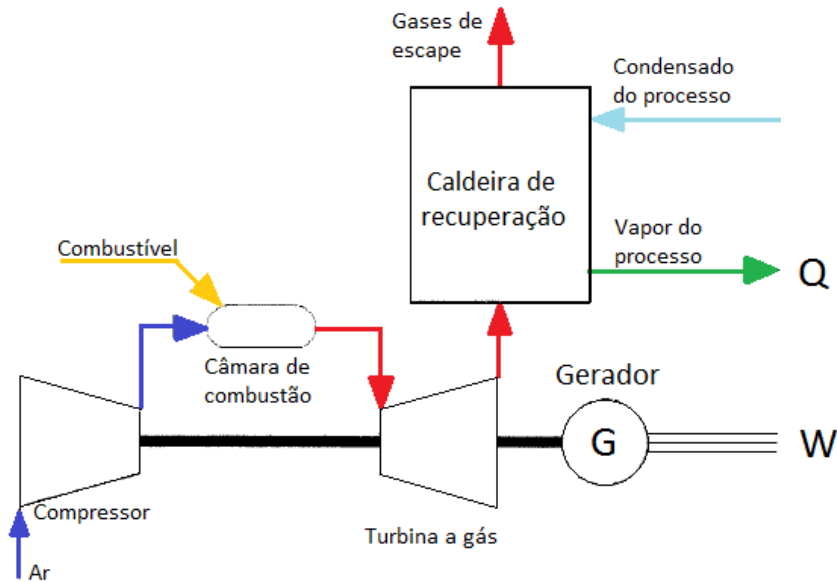


Figura 3.1: Sistema de cogeração com turbina a gás.

A rotação elevada produz correntes alternadas de alta frequência, o que traz a necessidade do uso de um inversor para sua adequação na frequência de 60 Hz. Outra solução consiste no uso de uma caixa de redução para adequação da rotação do gerador, essa opção é menos utilizada que a anterior.

Para o aproveitamento dos gases da turbina, é necessária uma caldeira de recuperação a qual tem a função de aproveitar a energia contida nos gases quentes provenientes da turbina, funcionando basicamente com um trocador de calor.

As microturbinas apresentam baixos níveis de emissões de poluentes, podendo ser utilizadas sem a necessidade de tratamento dos gases de exaustão. Em geral, são dimensionadas para operar com combustíveis gasosos (gás natural, biogás ou propano), mas podem operar com alguns combustíveis líquidos leves, porém com níveis de emissões mais elevados. O porte destes sistemas pode variar entre 30 e 1000 kW.

3.1.2 Placas Fotovoltaicas

Diferente dos aquecedores solares, que apenas geram água quente para chuveiros, torneiras ou piscinas, as placas fotovoltaicas têm a capacidade de gerar energia elétrica a partir dos raios do sol.

Nos sistemas fotovoltaicos, a radiação solar é convertida em energia elétrica por intermédio dos chamados semicondutores, elementos denominados células fotovoltaicas que têm a propriedade de criar uma diferença de potencial elétrico por ação da luz.

Os materiais mais frequentemente adotados para a fabricação destas células são o silício cristalino e o arsenieto de gálio. Um conjunto de células formam cristais, que posteriormente são cortados em pequenos discos. Com a adição de fósforo e condutores metálicos, formam-se as células, que são

posteriormente fixadas num painel rígido ou flexível e necessitam de proteção contra o meio ambiente e por isso são inseridas entre folhas de vidro.

Os semicondutores feitos de silício são os mais usados na construção das células e o seu rendimento é, atualmente, de cerca de 25-30%.

Uma vez que cada célula produz uma corrente contínua de intensidade relativamente fraca, procede-se à sua associação para obter, após encapsulamento, um conjunto denominado módulo fotovoltaica.

O agrupamento de módulos, colocados numa mesma estrutura de suporte, forma um painel. Com incidência de a luz solar com energia suficiente sobre estas estruturas, a corrente de elétrons é obtida.

Em termos de produção de eletricidade, os painéis fotovoltaicos devolvem a energia empregada na sua construção em cerca de três anos, e emitem, relativamente a uma central térmica convencional, cerca de 20% menos CO₂ (Portal Energia , 2009) para a mesma quantidade de eletricidade produzida.

Os impactos ambientais mais importantes ocorrem nas fases de produção, construção e desmontagem dos sistemas. Na construção de células fotovoltaicas utilizam-se diversos materiais perigosos para o ambiente e saúde e é consumida uma quantidade apreciável de energia, a que está ligada a emissão de poluentes atmosféricos, nomeadamente de gases de estufa (Portal Energia , 2009).

3.1.2.1 Componentes

Um sistema fotovoltaico possui quatro componentes básicos:

1. Painéis solares – Fazem o papel de coração, “bombeando” a energia para o sistema. Podem ser um ou mais painéis e são dimensionados de acordo com a energia necessária. São responsáveis por transformar energia solar em eletricidade.
2. Controladores de carga – Funcionam como válvulas para o sistema. Servem para evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho.
3. Inversores – Cérebro do sistema, são responsáveis por transformar os 12 V de corrente contínua (CC) das baterias em 110 ou 220 V de corrente alternada (AC), ou outra tensão desejada. No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.
4. Baterias – Trabalham como pulmões. Armazenam a energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado quando não há sol.

Enquanto um sistema isolado necessita de baterias e controladores de carga, sistemas conectados à rede funcionam somente com painéis e inversores, já que não precisam armazenar energia.

3.1.2.2 Sistemas

Existem dois tipos básicos de sistemas fotovoltaicos:

1. **Sistemas Isolados:** São utilizados em locais remotos ou onde o custo de se conectar à rede elétrica é elevado. Casas de campo podem fazer bom uso desse tipo de sistema.

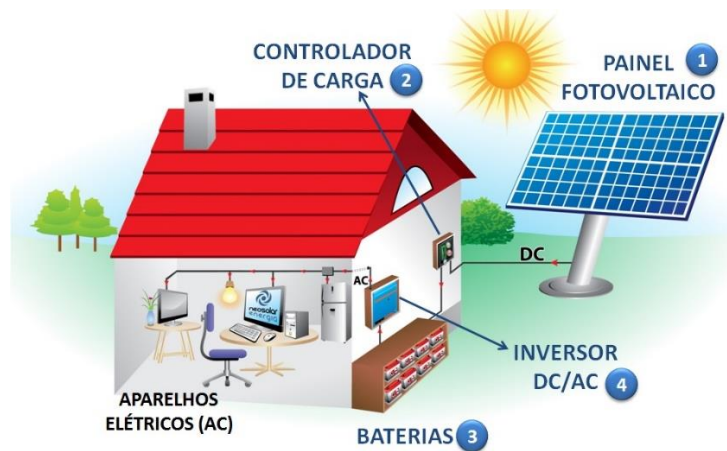


Figura 3.2: Sistema fotovoltaico isolado. (Sapa, 2016)

2. **Sistemas conectados à rede:** Substituem ou complementam a energia elétrica convencional disponível na rede elétrica.

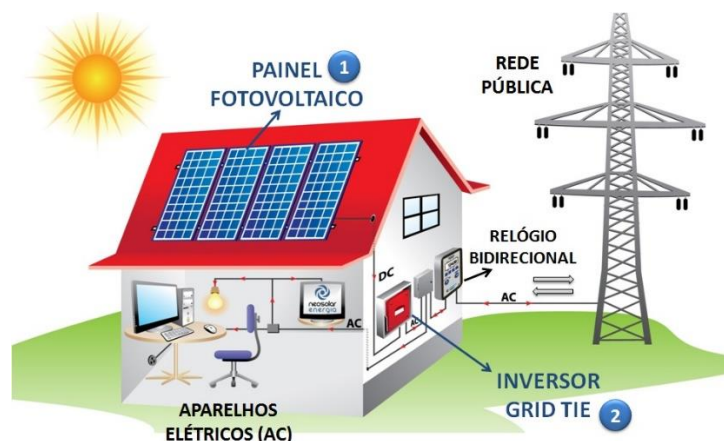


Figura 3.3: Sistema fotovoltaico conectado à rede. (Sapa, 2016)

3.1.2.3 Vantagens e desvantagens

As principais vantagens atribuídas aos sistemas fotovoltaicos são a facilidade de manutenção, a possibilidade de armazenar a eletricidade gerada em baterias, os impactos relativamente reduzidos e redução da dependência externa.

Em relação às desvantagens, referem-se os custos de implementação, as alterações de luz ao longo das 24 horas, a presença de condições climáticas desfavoráveis (chuva, nuvens) e o sombreamento causado por árvores ou edifícios – que reduzem o output do sistema, aumentam necessidade de manutenção e substituição de baterias, quando utilizadas.

3.2 Aspectos Gerais da Cogeração

Segundo a Associação da Indústria de Cogeração de Energia (COGEN), o conceito de cogeração é a produção simultânea e de forma sequenciada, de duas ou mais formas de energia a partir de um único combustível. O processo mais comum é a produção de eletricidade e energia térmica (calor ou frio) a partir do uso de gás natural e/ou de biomassa, entre outros.

Os primeiros sistemas de cogeração utilizados no mundo foram no começo do século XX, época em que a produção de energia não era majoritariamente centralizada e não existiam grandes centrais geradoras, então era comum as pessoas instalarem sua própria central de produção de energia, situação essa que perdurou até a década de 40 quando novas tecnologias ligadas às grandes centrais produtoras de energia conseguiram fornecer energia em abundância e com preço acessível.

No entanto, devido aos grandes problemas relacionados ao meio ambiente e à produção de energia, esse sistema está ganhando espaço novamente e sendo objeto de estudos.

Os sistemas de cogeração possibilitam uma maior integração energética das demandas (economia de energia), uma maior garantia no suprimento de energia e uma redução dos impactos ambientais nas atividades comerciais e industriais.

Em um sistema de geração de energia usando um combustível fóssil para gerar energia elétrica, cerca de 65% da energia contida no combustível é perdida na forma de calor e apenas 35% são de fato transformados em energia elétrica.

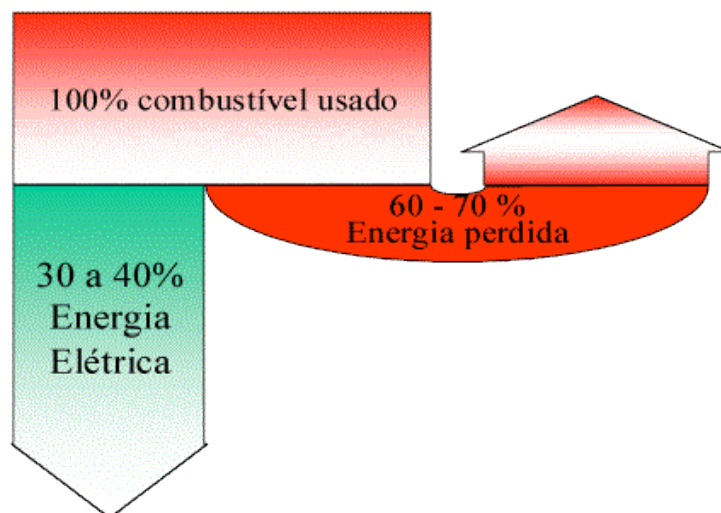


Figura 3.4: Produção de energia convencional sem cogeração. (INEE, 2014)

Já usando um sistema de cogeração, podemos melhorar esse balanço energético e conseguir um aproveitamento de até 85% da energia contida no combustível, os mesmos 35% são transformados em energia elétrica e cerca de 50% é aproveitado de outra forma.

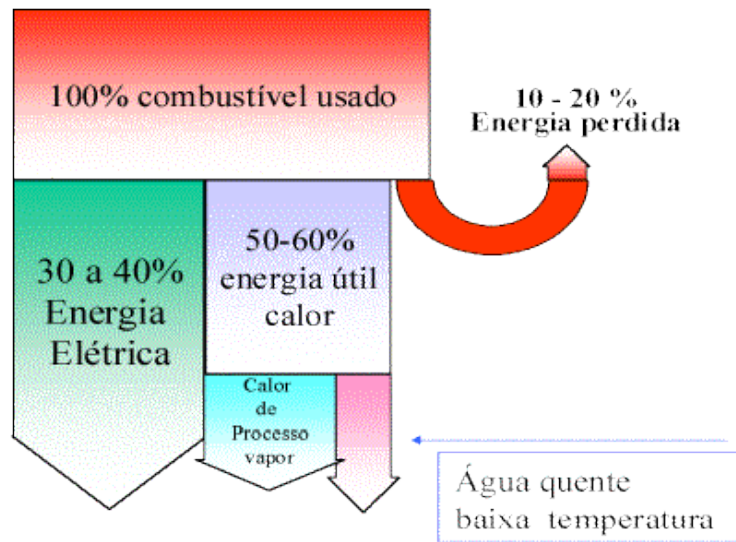


Figura 3.5: Produção de energia com cogeração. (INEE, 2014)

Para que a cogeração seja aplicada, precisamos de sistemas capazes de aproveitar essa energia não utilizada como chillers de absorção e adsorção.

4 EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO

Expõe o conceito e o princípio de funcionamento dos chillers e das torres de resfriamento e aponta a importância desses equipamentos na produção de água gelada.

4.1 Unidades Resfriadoras de Líquido

Um chiller é uma máquina que tem como função resfriar água ou outro líquido em diferentes tipos de aplicações através de um ciclo termodinâmico. O fluido refrigerado produzido por ele é usada para resfriar o ar para um sistema de condicionamento de ar de um prédio, por exemplo. Os chillers são aparelhos que tem um ótimo custo benefício, são duráveis e eficientes.

Os três principais tipos de chiller são:

- Chiller de compressão;
- Chiller de absorção;
- Chiller de adsorção.

4.1.1 Chiller de Compressão

Os chillers de compressão utilizam um compressor mecânico, usualmente acionado por um motor elétrico, de forma a aumentar a pressão em determinada fase do ciclo termodinâmico do sistema. A desvantagem deste processo reside no seu elevado consumo energético. Por ser um equipamento largamente utilizado em sistemas de refrigeração, não cabe uma explicação mais profunda sobre o mesmo.

Os chillers de absorção e adsorção, por serem tecnologias mais recente e de menor utilização, serão apresentados de maneira mais profunda.

4.1.2 Chiller de Absorção

O que distingue o funcionamento dos chillers de absorção dos chillers de compressão é o fato do primeiro ter como princípio básico a “compressão termoquímica”. Os chillers de absorção permitem produzir água gelada a partir de uma fonte de calor, utilizando para tal uma solução de um sal (e.g. brometo lítio) num processo termoquímico de absorção. Os chillers de absorção podem ser subdivididos em dois tipos:

- **Chiller de absorção de queima direta:** neste sistema o calor necessário ao processo é obtido queimando diretamente um combustível, tipicamente gás natural.

- **Chiller de absorção de queima indireta:** neste sistema o calor necessário é fornecido na forma de vapor de baixa pressão, água quente ou de um processo de purga quente.

O interesse na utilização desse equipamento vem crescendo devido às possibilidades de reutilização de rejeitos térmicos de processos industriais e sistemas de potência como fonte de energia, além de não ter gases prejudiciais ao meio ambiente.

Os chillers de absorção são muitas vezes integrados em sistemas de cogeração, de forma a permitir o aproveitamento do calor que de outra forma seria desperdiçado. O chiller de absorção de queima indireta, que utiliza água quente como fonte de calor (hot water fired absorption chiller), representa o tipo de chiller mais apropriado para a integração com sistemas de micro-cogeração, já que estes produzem água quente em temperaturas adequadas ao chiller's. Existem dois tipos distintos de chillers de absorção de queima indireta:

- Sistemas onde o absorvente é o amoníaco: estes sistemas representam um investimento relativamente elevado, sendo normalmente aplicados apenas em instalações de grande capacidade.
- Sistemas onde o absorvente é o brometo de lítio: representa o sistema mais utilizado nos casos de integração com sistemas de micro-cogeração, devido essencialmente a uma melhor relação entre o seu custo e a sua eficiência energética.

4.1.2.1 Componentes e Funcionamento de um Chiller de Absorção

Os principais componentes de um chiller de absorção e a sua função são os seguintes

- **Gerador:** Onde é fornecido o calor pela fonte quente, de forma a separar novamente o vapor de água da substância absorvente e a re-concentrar a solução.
- **Condensador:** Onde o vapor de água produzido no gerador é condensado pela água do condensador que circula nesta secção.
- **Válvula de expansão:** É utilizada para reduzir a pressão do refrigerante do condensador para o evaporador.
- **Evaporador:** Onde é arrefecida a água a gelar. O fluido refrigerante (normalmente água) evapora ao absorver calor dos tubos onde circula a água a gelar.
- **Absorvedor:** Onde o vapor de água evaporada é absorvido pela substância absorvente (solução de brometo de lítio). O calor liberado no processo de absorção é dissipado através da passagem dos tubos de água do condensador ao atravessarem o absorvedor.
- **Bomba:** Responsável por levar a solução diluída do absorvedor para o gerador.

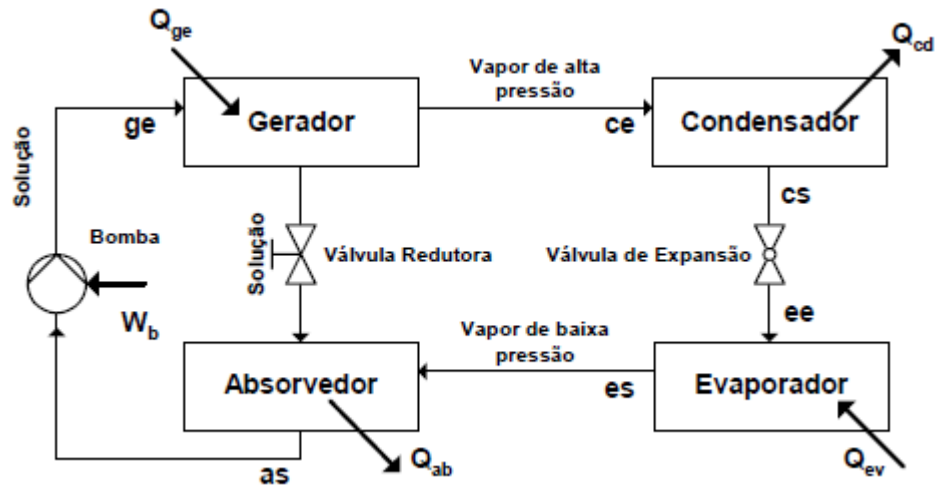


Figura 4.1: Sistema de refrigeração por absorção. (Júnior, et al., 2004)

Podemos observar que na Figura 4.1 há um consumo de energia relativo ao trabalho exercido pela bomba, mas a energia consumida por ela é muito menor comparado com as quantidades de calor existente no ciclo podendo assim ser desprezada para uma análise do ciclo.

Comparando esse ciclo com o ciclo de compressão podemos salientar que ambos os ciclos possuem condensador, válvula de expansão e evaporador, porém a função que é exercida pelo compressor, no ciclo de absorção, é exercida pelo conjunto absorvedor, bomba e gerador. À vista disso o ciclo de compressão consome trabalho mecânico e o ciclo de absorção consome em sua essência calor.

4.1.2.2 Características desejáveis para a Solução de Refrigerante Absorvente

Segundo a ASHRAE (ASHRAE , 2005), os principais requisitos desejáveis para as duas substâncias que compõem a solução são:

- Relação de volatilidade: O refrigerante deve ser mais volátil que o absorvente de modo que tenha facilidade na separação dos dois;
- Afinidade: O absorvente deve ter afinidade química com o refrigerante nas condições de trabalho do processo;
- Pressão: É melhor que as pressões de trabalho sejam moderadas;
- Entalpia de vaporização e condensação: Essas entalpias devem ser elevadas para que as vazões do refrigerante e do absorvente possam ser reduzidas;
- Viscosidade: Para que se tenha um processo de transferência de calor e massa eficientes e um menor trabalho de bombeamento os fluidos têm que ter baixa viscosidade;

- Ausência da fase sólida: Nas condições de operações esses fluidos não podem passar para a fase sólida, isso pararia o sistema;
- Estabilidade: Devem ter uma estabilidade química praticamente absoluta, pois esses fluidos são submetidos a condições extremas de operação e não podem soltar substâncias danosas ao processo e ao meio ambiente;
- Corrosão: É importante que essas substâncias não reajam com os materiais presentes no processo;
- Segurança: Os fluidos não devem ser tóxicos e nem consideravelmente inflamáveis.

4.1.2.3 Vantagens e Desvantagens

Como o princípio base de um chiller de absorção é um sistema termoquímico, não existem componentes móveis no sistema (para além das bombas hidráulicas necessárias). Como consequência, este tipo de chillers apresenta uma vida útil longa, geralmente superior a vinte anos, e exigindo pouca manutenção. Outra característica importante se dá ao fato de que as plantas de absorção são silenciosas e livres de vibrações e nos chillers onde se usa água como fluido refrigerante, não é utilizada nenhuma substância nociva da camada de ozônio (como os CFC's, por exemplo).

O consumo eléctrico de um chiller de absorção é tipicamente cerca de 10% do consumo dos chillers de compressão eléctricos. Nas regiões onde existe uma forte procura de electricidade e/ou em que o preço é bastante elevado, é possível reduzir a fatura energética investindo num sistema de arrefecimento que praticamente não necessita electricidade.

Os chillers de absorção de queima indirecta apresentam também a vantagem de funcionar com uma ampla gama de fontes quentes: vapor de baixa pressão, água quente, energia solar e processo de purga quente.

A grande desvantagem dos chillers de absorção frente aos chillers de compressão reside no seu relativamente reduzido rendimento energético - Coeficiente de Performance (COP). Os chillers de absorção apresentam COPs de 1,1, enquanto nos chillers de compressão o valor pode subir até de 6,0 e os chillers de absorção representam um investimento inicial muito superior (entre 1,5 e 2,5 vezes mais caro).

Uma solução alternativa consiste em usar um sistema híbrido integrando os dois tipos de chillers: um chiller eléctrico como base, e um chiller de absorção funcionando durante os períodos oportunos.

4.1.3 Chiller de Adsorção

A diferença entre adsorção e absorção reside no fato de que, neste último processo, o fluido mistura-se com o absorvente para formar uma solução. Um chiller de adsorção é uma instalação térmica que converte calor em frio utilizando como fonte calor inutilizado.

A adsorção é um processo espontâneo e reversível, acontece quando a superfície de um sólido é exposta a um fluido que pode ser gás ou líquido compreendendo a impregnação desse fluido na interface do sólido, esse sólido é tipicamente uma superfície constituída por um material poroso.

A adsorção ocorre com a diminuição de energia na superfície de contato, quando as moléculas da substância são fixadas e liberam energia, consequentemente a adsorção é um processo exotérmico e a quantidade de calor liberado depende do par adsorvente-adsorbato (fluido no estado adsorvido). Os chillers de adsorção utilizam apenas água como refrigerante e um gel de sílica como adsorvente. Também se utiliza carvão ativado ou resina sintética como absorvente nos processos industriais, para purificar a água ou para secar (com a adsorção da água).

A capacidade de adsorção dos adsorventes é limitada, ficando o mesmo saturado quando os poros ficam preenchidos com os adsorbatos, uma das formas utilizada para a reutilização do adsorvente é aquecê-lo a uma temperatura predeterminada, que é função do tipo de adsorvente, mantendo a superfície de adsorção em um fluxo de ar com baixa pressão de vapor de água. Depois da retirada do adsorbato, para que o adsorvente retome a sua capacidade normal de adsorção ele é resfriado. Esse processo é chamado de regeneração

Os chillers de adsorção com gel de sílica podem funcionar com temperaturas inferiores a 80 °C, o que os torna mais interessante do que os chillers de absorção em aplicações onde a fonte de calor é de baixa temperatura, como por exemplo, integrados com sistemas solares térmicos.

Para obter uma grande capacidade de adsorção é necessário ter uma grande superfície adsorvente disponível. Assim, a dimensão dos micrósporos determina a capacidade de adsorção do adsorvente.

4.1.3.1 Componentes e Funcionamento de um Chiller de Adsorção

O chiller de adsorção é composto por dois compartimentos com adsorvente, um condensador e um evaporador conforme visto na Figura 4.2.

- Compartimento 1 (adsorvente): O adsorvente é regenerado com água quente vindo de uma fonte externa. Essa regeneração se dá pela evaporação do fluido refrigerante que vai para o condensador;
- Condensador: O fluido passa da fase gasosa para a fase líquido saturado. Uma ligação entre o condensador e o evaporador enviará esse líquido para o evaporador por efeito da gravidade através de uma válvula;

- Compartimento 2 (adsorvente): O adsorvente 2 está em atividade mantendo a baixa pressão no evaporador retirando o vapor d'água. Este compartimento é arrefecido com água de resfriamento de forma a garantir uma adsorção contínua e com isso é retirado calor de adsorção, promovendo uma adsorção contínua até a saturação. Devido a essa ação a água contida no evaporador é resfriada ao ceder calor para a evaporação da mesma.
- Quando a produção de água gelada diminui devido a saturação do adsorvente 2 as funções dos compartimentos 1 e 2 são invertidas por meios de válvulas.

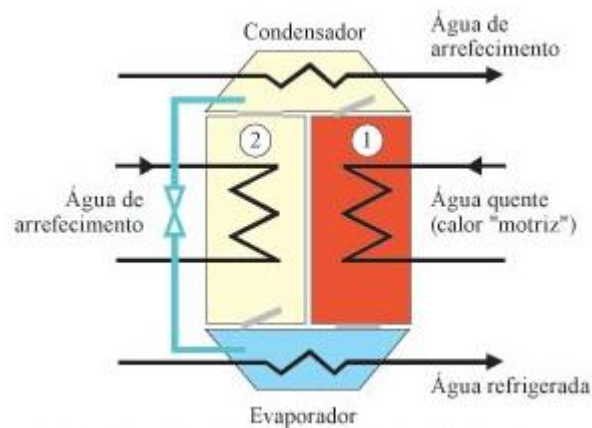


Figura 4.2: Simplificação de um chiller de adsorção. (e|a, 2013)

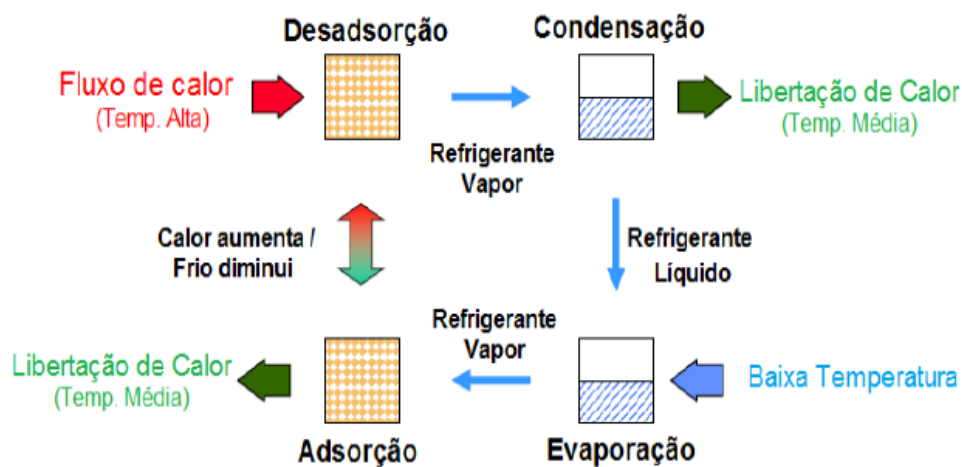


Figura 4.3: Ciclo esquemático de adsorção. (Ascensão, 2011)

4.1.3.2 Aplicações com Água Quente como Fonte de Calor

Geralmente, água quente a uma temperatura de 70 a 90 °C é suficiente para permitir a fase de desadsorção, sendo a temperatura máxima adequada de 95 °C. É possível utilizar água quente com temperaturas de até 55 °C, resultando, no entanto, eficiências bastante reduzidas para o funcionamento do chiller.

Os chillers de adsorção apresentam uma melhor eficiência do que os chillers de absorção para a gama de temperaturas entre 70 e 85 °C, mas estes últimos têm uma eficiência melhor para temperaturas mais elevadas (entre 95 e 150 °C). Neste caso, é possível usar um chiller de adsorção em série com um chiller de absorção para utilizar mais calor da água quente. Os chillers de adsorção podem também ser usados com um chiller de compressão convencional, aumentando a capacidade deste chiller sem gastos de energia suplementares significativos.

Analogamente ao caso dos chillers de absorção, quando toda a energia necessária para aquecer o adsorção é fornecida pela fonte de calor, designa-se por “ciclo de efeito simples”. Quando existe mais do que um adsorção no ciclo, pode-se recuperar calor entre os diferentes adsorções, aumentando a eficiência do ciclo. Diz-se então que se trata de um “ciclo de efeito duplo” ou “ciclo com recuperação de calor”.

4.1.3.3 Vantagens e Desvantagens

Os chillers de adsorção podem utilizar-se mesmo com fontes de calor de baixa temperatura (55 °C) com um coeficiente de performance (COP) de 0,5 – 0,6. Assim podem ser utilizados em aplicações de sistemas solares térmicos ou de sistemas de cogeração de baixa temperatura. O consumo de electricidade ronda apenas 6% da capacidade do chiller de compressão.

A manutenção é muito reduzida, pois os chillers de adsorção praticamente não têm peças móveis (apenas as bombas). O custo da manutenção de um chiller de adsorção representa apenas cerca de um décimo do que é necessário para um chiller de compressão convencional e tem um maior tempo de estabilização na operação, cerca de 30 minutos.

Os chillers de adsorção que usam gel de sílica não apresentam riscos para o ambiente, pois este gel é quimicamente neutro.

Como todas as novas tecnologias, a grande desvantagem dos chillers de adsorção reside no seu elevado custo, consumo alto de energia térmica com eficiências baixas, se usado o brometo de lítio pode ocorrer a cristalização e precisa de uma boa estanqueidade por causa da câmara de vácuo.

4.2 Torre de Resfriamento

4.2.1 Princípio de Funcionamento

Como pôde ser visto, em alguns processos é necessário a presença de uma torre de resfriamento para desempenhar o papel de remover carga térmica do fluido e transferi-lo para a atmosfera. Esse equipamento é de grande importância para diminuir o desperdício de água, pois reaproveita a água quente que já foi utilizada em um processo de resfriamento para voltar a resfriar.

As torres de resfriamento podem utilizar o processo evaporativo para resfriar a água até a temperatura de bulbo úmido ou utilizar somente ar para resfriar o fluido até a temperatura de bulbo seco. A principal contribuição para o resfriamento da água é dada pela evaporação de parte da mesma. A evaporação da água causa o abaixamento da temperatura da água que escoar ao longo da torre de resfriamento. Isso se dá, pois, o processo evaporativo precisa de calor latente e esse calor é retirado da própria água. Estima-se que aproximadamente 80% do resfriamento da água é consequência do processo evaporativo e os outros 20% pela diferença de temperatura entre o ar e a água.

A água é insuflada na torre na forma de gotejamento ou respingo, de película ou laminar ou de forma mista. Os diferentes tipos de enchimento podem ser vistos na Figura 4.4.

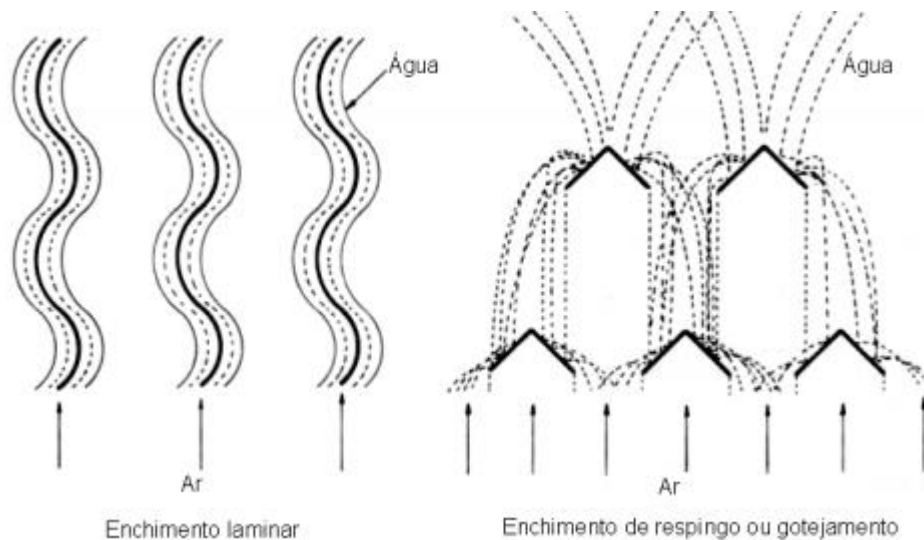


Figura 4.4: Diferentes tipos de enchimento. (Fábio Ferraz, 2008)

Dependendo do tamanho da gota, ela poderá ser arrastada pelo ar e pensando nisso é colocado eliminadores de gotas. A função principal desse equipamento é reter essas gotas provocando bruscas mudanças de direção da corrente de ar separando assim, por ação da força centrífuga, a água do ar diminuindo perdas de água.

Para o processo de transferência de calor pode ser utilizado o fluxo de ar em duas direções diferentes em relação ao fluxo de água.

4.2.2 Escoamento Cruzado

O escoamento do ar é direcionado em uma direção perpendicular ao escoamento da água conforme mostrado na Figura 4.5.

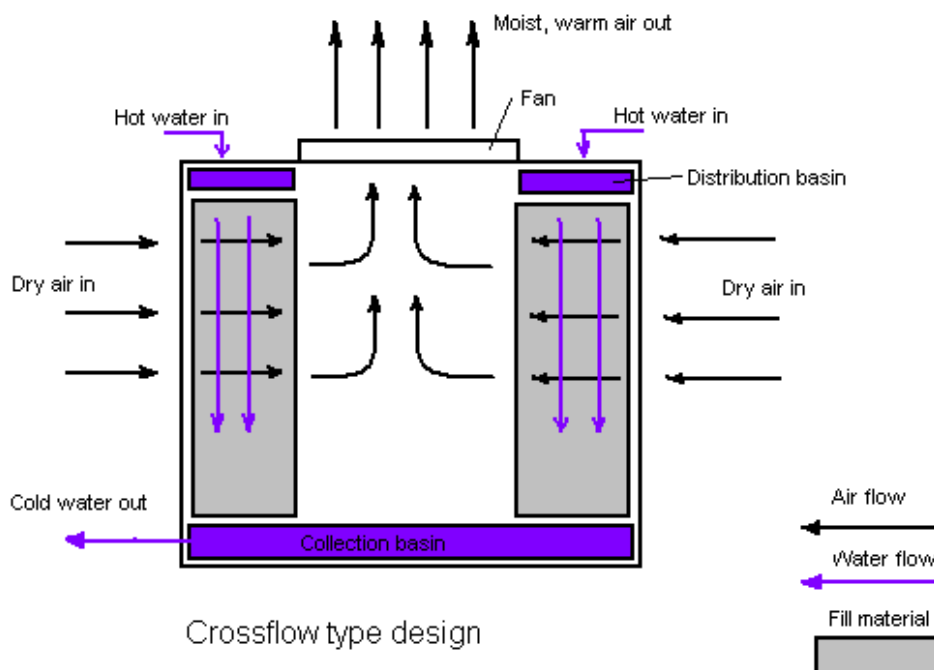


Figura 4.5: Fluxo cruzado do ar-água em uma torre de resfriamento. (Wikipédia, 2014)

Neste arranjo o acesso aos elementos mecânicos é mais fácil, o sistema de distribuição é mais simples e a entrada de ar pode ser feita ao longo de toda a altura da torre o que acarreta em torres mais baixas e com menor potência de bombeamento.

4.2.3 Escoamento Contracorrente

O fluxo de ar é oposto ao fluxo de água, geralmente o de ar é na vertical ascendente e o de água na vertical descendente conforme a Figura 4.6.

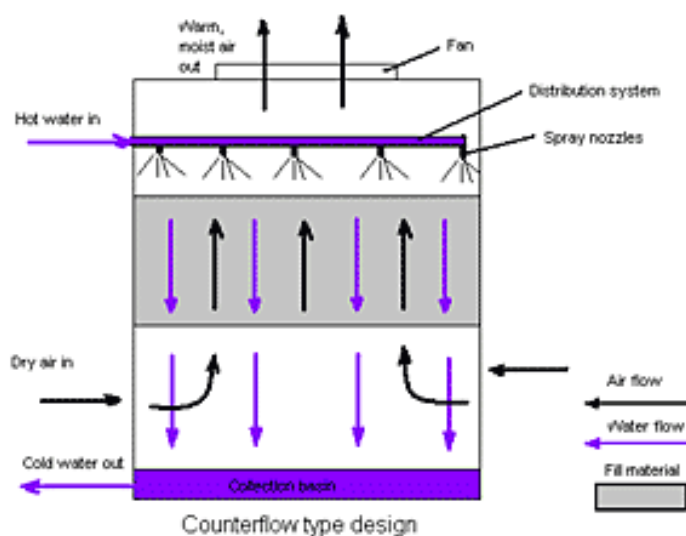


Figura 4.6: Fluxo contra corrente do ar-água em uma torre de resfriamento. (Century Cooling Tower, 2014)

Nesta disposição existe um menor risco de recirculação e a água mais fria entra em contato com o ar mais seco atingindo uma melhor eficiência.

Por fim a Figura 4.7 mostra um esquema de uma torre de resfriamento e seus principais componentes.

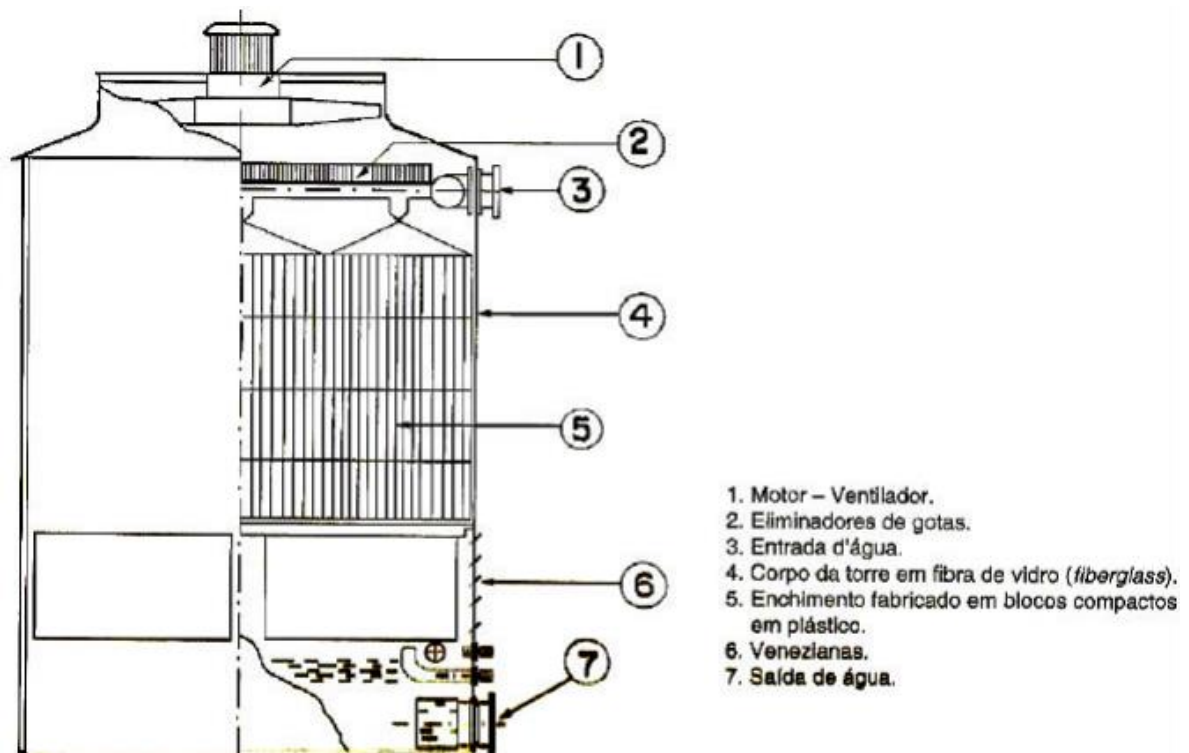


Figura 4.7: Principais componentes de uma torre de resfriamento. (Fábio Ferraz, 2008)

4.3 Termoacumulação

O processo de termoacumulação de fluidos teve início nas décadas de 30 e 40 sendo utilizados em sua maioria em sistemas de ar condicionado. Esse processo ganhou uma maior relevância a partir dos anos 60, devido ao aumento das tarifas de energia elétrica, utilizados principalmente em sistemas de refrigeração industriais.

Com o aumento do preço da energia elétrica, começou-se a pensar em alternativas para minimizar o preço pago na conta de energia, em nosso país há uma tarifação diferenciada de acordo com os horários de maior consumo de energia, portanto pode-se usar essa diferença de tarifas para economizar na conta.

Em um edifício, o sistema de ar condicionado é um dos maiores responsáveis pelo consumo de energia elétrica e um projeto adequado pode reduzir em muito a conta de eletricidade no final do mês. Levando em conta a redução do gasto com energia, muitos edifícios estão implantando sistemas de

termoacumulação. Esse sistema não leva a uma diminuição do consumo de energia. O que acontece é que essa redução se dá ao fato de usar a energia elétrica, para produzir frio, em horários alternativos aos de pico e com isso consegue-se uma redução na potência da subestação.

A termoacumulação nada mais é que um meio simples e eficiente de armazenamento de energia térmica produzida em um período de menor consumo elétrico com a finalidade de ser utilizada em horários de pico. No Brasil, se dá, em sua maioria, no período da noite onde a instalação não está sendo utilizada e a tarifa energética é mais barata.



Figura 4.8: Tanques de termoacumulação da fábrica da Mercedes Benz. (Plareng, 2011)

Os sistemas de ar-condicionado são dimensionados de acordo com a maior carga térmica que um ambiente pode chegar e por isso esses aparelhos trabalham superdimensionados na maior parte do tempo. Utilizando a termoacumulação pode-se dimensionar os equipamentos com uma capacidade inferior à capacidade demandada no estabelecimento aproveitando-se a energia acumulada para complementar a carga térmica nas horas em que a capacidade requerida ultrapassa a capacidade dos chillers ou até mesmo desligando os chillers em horários de pico, consequente a esse fato consegue-se potências menores, subestações menores e um menor consumo de energia elétrica. Na Figura 4.9 é possível ver que a demanda de carga térmica passa a capacidade instalada, mas a mesma é suprida pela energia acumulada nos tanques.

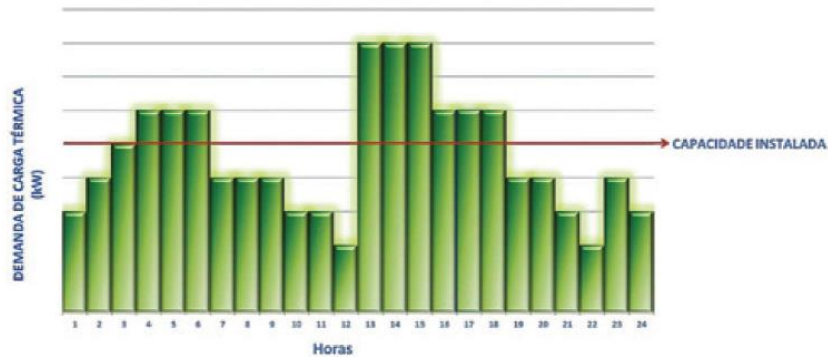


Figura 4.9: Exemplo de demanda térmica diária. (Termoacumulação Estratificada)

São utilizados dois tipos de termoacumulação, tanques de água gelada e tanques de armazenamento de gelo.

4.3.1 Sistema de acumulação de água gelada.

Esse sistema geralmente é composto de um compressor, condensador, um evaporador, bombas de água e tanques de acumulação, construídos normalmente em concreto ou em aço galvanizado.

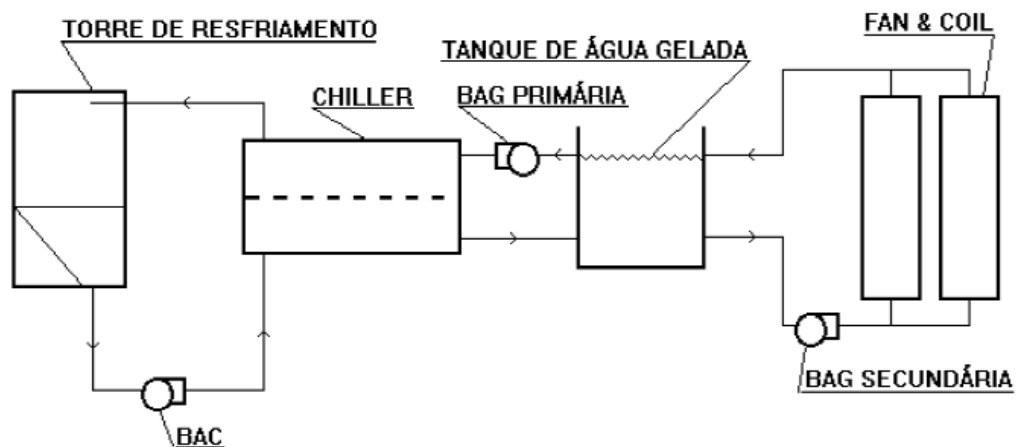


Figura 4.10: Ilustração do sistema de termo-acumulação. (Demec UFPR, 2015)

Usualmente, o condensador mais utilizado é do tipo casca e tubo e requer uma torre de resfriamento e uma bomba d'água de condensação. Na figura 3 é possível ver o funcionamento do sistema, onde a água gelada obtida pelo chiller é armazenada em um tanque. Quando preciso, água gelada é bombeada para os fancoils e essa água retorna para o tanque.

O sistema de água gelada tem suas vantagens, uma delas é consumir cerca de 10% menos de energia em relação ao de gelo, outra vantagem é poder usar a água para sprinkler em caso de incêndios e por último, a capacidade do chiller num sistema de estocagem a água e menor que a do chiller de estocagem a gelo.

4.3.2 Sistemas de acumulação de gelo.

4.3.2.1 Ice Chiller.

O sistema de acumulação de gelo é elaborado para que tenha uma acumulação de gelo em torno dos tubos do evaporador. A energia térmica desse gelo será utilizada para resfriar a água quente do retorno do sistema de ar condicionado que volta para os fancoils gelada novamente.

Esse sistema utiliza componentes iguais a um sistema básico de refrigeração. O ice chiller é composto por serpentinas multi-tubulares submersas em um tanque isolado com água, conforme a Figura 4.11.

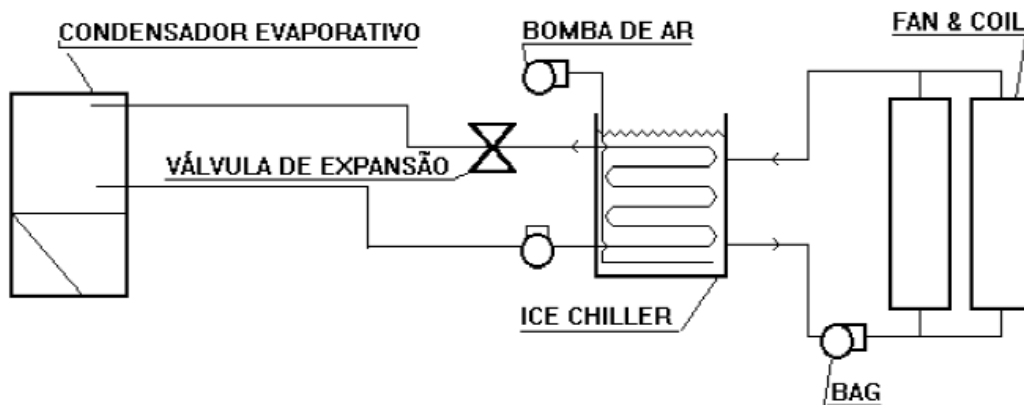


Figura 4.11: Sistema de acumulação de gelo ice chiller. (Demec UFPR, 2015)

4.3.2.2 Ice Bank

Nesse sistema é utilizado um tanque de polietileno com uma serpentina de plástico em formato de espiral. Na serpentina circula uma solução de água com etileno-glicol. O chiller tem duplo "set point", quando o ciclo é de termoacumulação a solução circula a cerca de -4°C para a produção de gelo. Quando o ciclo é de descarregamento a solução passa pelos fan-coils e na volta passa pelas serpentinas, resfriando assim a solução novamente.

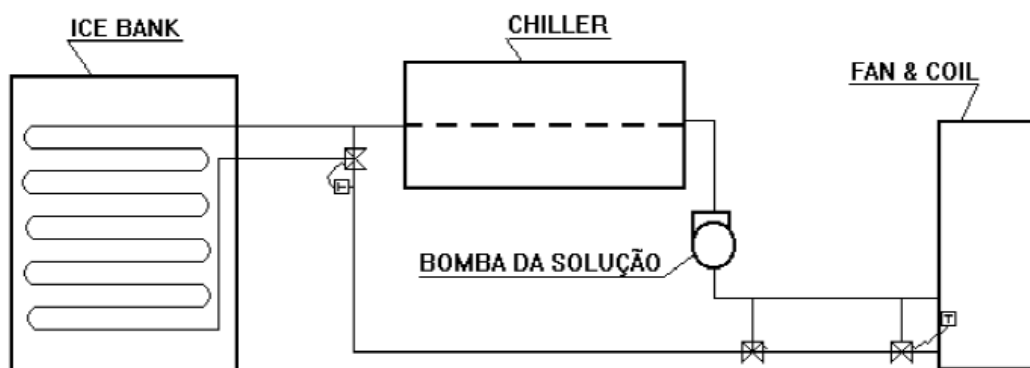


Figura 4.12: Sistema de acumulação de gelo ice bank. (Demec UFPR, 2015)

A grande vantagem desse sistema é o fato de a serpentina estar sempre limpa, sem gelo colado a ela no início do ciclo de carga que causa um aumento na eficiência, conforme mostrado na Figura 4.13.

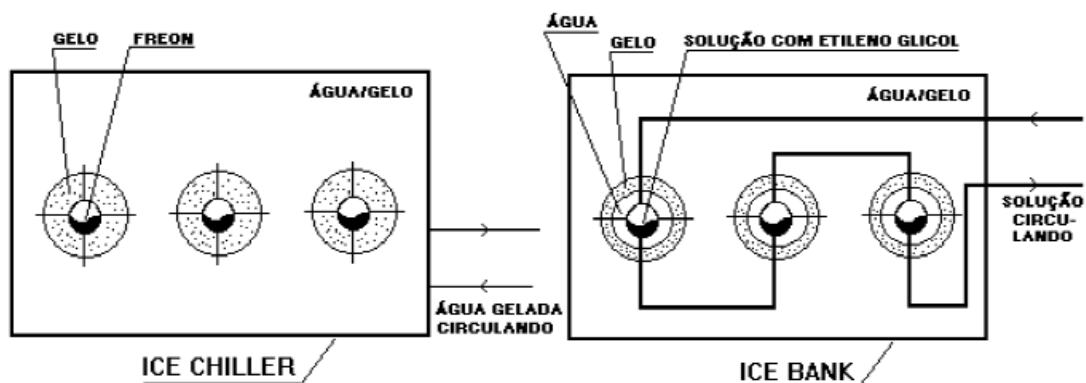


Figura 4.13: Comparação dos sistemas ice chiller e ice bank. (Demec UFPR, 2015)

4.3.2.3 Ice In Containers

Este sistema é constituído por tanques contendo recipientes plásticos em seu interior, esses recipientes possuem formato de esferas ou de paralelepípedos e contém água deionizada em seu interior misturada a um agente para facilitar o seu congelamento.

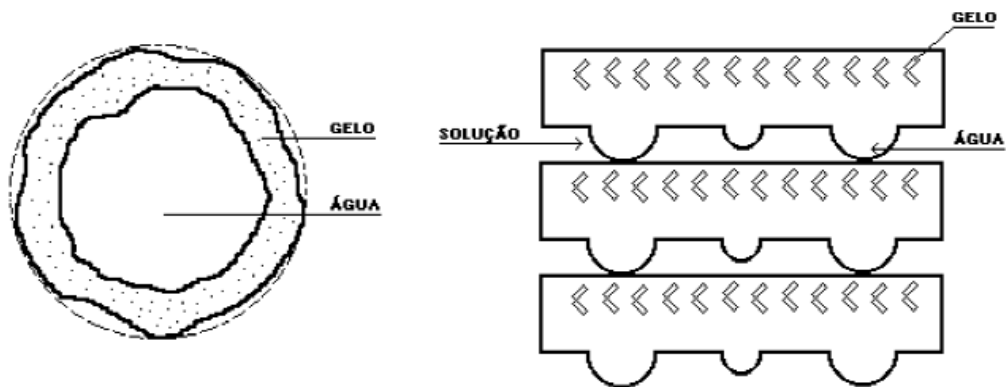


Figura 4.14: Recipientes de acumulação de gelo. (Demec UFPR, 2015)

Esse processo é parecido com o processo Ice Bank, uma solução de água com etileno-glicol circula pelo chiller e pelos tanques de termoacumulação, mas, neste caso, a solução passa pela a carcaça, conforme mostrado na Figura 4.15.

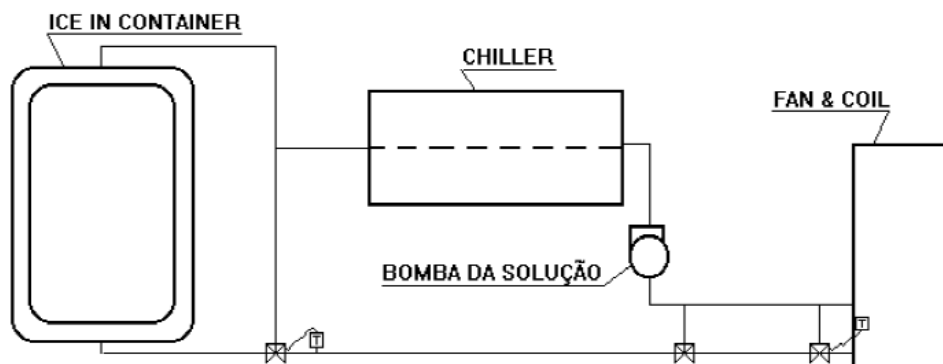


Figura 4.15: Sistema de acumulação de gelo Ice In Container. (Demec UFPR, 2015)

5 BIODIGESTOR

Apresenta a tecnologia dos Biodigestores. Discutindo seus principais componentes e métodos de funcionamento.

5.1 Biodigestão

“Bio”gás, como já indica o nome, tem origem em um processo biológico. A matéria orgânica, quando decomposta em meio anaeróbio (ausência de oxigênio), origina uma mistura gasosa chamada biogás. Esse processo ocorre naturalmente em pântanos, fundos de lagos, esterqueiras e no rúmem de animais ruminantes (PROBIOGÁS, 2010). Diversos microrganismos convertem a matéria orgânica em gás quase por completo. Os subprodutos desse processo são calor e nova biomassa.

O biogás é composto principalmente por metano (50-75% em volume) e dióxido de carbono (25-50% em volume) (PROBIOGÁS, 2010). A mistura gasosa contém ainda pequenas quantidades de hidrogênio, sulfeto de hidrogênio, amônia e outros gases. Sua composição é influenciada principalmente pelos substratos utilizados, técnica de fermentação e tecnologia de construção dos biodigestores. O processo de conversão do gás requer várias etapas (Figura 5.1). A coordenação dos estágios é preponderante para o correto funcionamento da biodigestão.

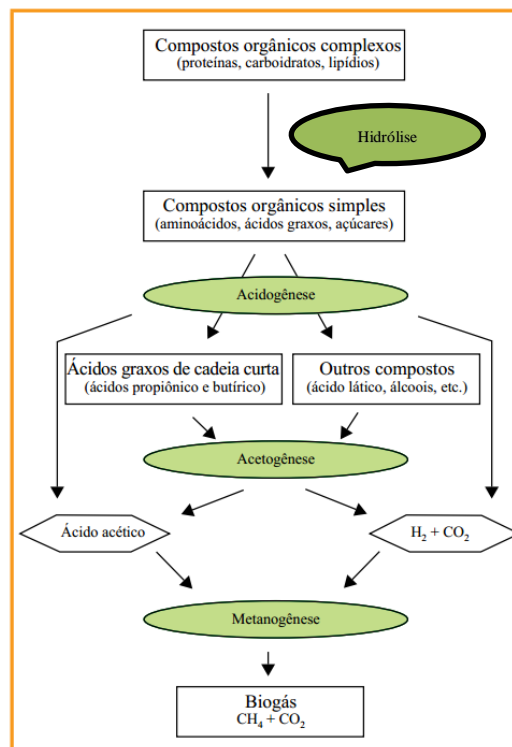


Figura 5.1 - Esquema do processo de biodigestão (PROBIOGÁS, 2010)

1ª Hidrólise: Com a correta adição de água ao tanque, compostos orgânicos, tais como carboidratos, proteínas e lipídios, são decompostos em substâncias menos complexas como aminoácidos, açúcares e ácidos graxos. Esta decomposição é realizada por bactérias hidrolíticas.

2ª Acidogênese: Nesta fase, bactérias acidogênicas simplificam, ainda mais, os compostos intermediários para ácidos graxos de cadeia curta (ácido acético, propiônico e butírico), dióxido de carbono e hidrogênio.

3ª Acetogênese: Os compostos, ácido propiônico e butírico, são convertidos, por bactérias acetogênicas, em precursores do biogás (ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono).

4ª Metanogênese: No último estágio de formação do biogás, o ácido acético, o hidrogênio e dióxido de carbono são transformados em metano. Esse processo é realizado por bactérias metanogênicas e em meio totalmente anaeróbio.

Cabe ressaltar a desnecessidade de adição de bactérias nos tanques. As bactérias atuantes estão presentes na natureza, sendo necessário o correto controle de algumas condições como quantidade de água, temperatura, pH e oxigênio para que as mesmas cresçam e possam realizar a digestão.

5.2 Condições do Meio

A digestão pode ocorrer de duas maneiras, úmida e a seco. Os dois processos apresentam diferenças quanto a umidade, concentração de nutrientes e transporte de substâncias. As indicações tratadas neste subcapítulo serão para a digestão úmida, devida a sua maior utilização nas usinas atuais.

Para que a capacidade do biodigestor seja máxima, as seguintes condições devem ser encontradas:

Oxigênio: Menor quantidade possível. Algumas bactérias metanogênicas são muito sensíveis a presença de oxigênio e podem morrer na presença prolongada ou em grande quantidade deste gás.

Temperatura: O processo de digestão gera calor como subproduto e, por isso, a temperatura no interior do tanque cresce a cada fase do processo. A variação brusca de temperatura representa um problema sério para a sobrevivência das bactérias. Portanto, o mais importante é garantir sua estabilidade, deixando que a própria digestão conduza a uma condição térmica adequada.

Valor de pH: Similarmente a temperatura, a própria biodigestão regula o pH do meio, sendo desnecessária qualquer intervenção para sua regulação. Apesar disso, é necessária uma verificação periódica desse parâmetro para garantir que o pH esteja entre 6,5-8, pois as bactérias metanogênicas não sobrevivem em concentrações fora desta faixa (Lebuhn, et al., 2008).

Disponibilidade de Nutrientes: Para que o processo ocorra de forma eficiente, é necessário a presença dos nutrientes dos quais as bactérias se alimentam e, que na sua digestão, produzem biogás. Carbono, Nitrogênio, Fósforo e Enxofre são nutrientes essenciais e sua relação C:N:P:S no biodigestor deve ser de 600:15:5:3 (Weiland, 2000).

5.3 Alimentação do Biodigestor

O regime de alimentação da usina de biogás determina em grande parte a disponibilidade do substrato fresco para os microrganismos, tendo, assim, impacto sobre a geração do biogás. Essencialmente, a alimentação se classifica em contínua, semicontínua e descontínua ou batelada.

5.3.1 Alimentação Contínua e Semicontínua

Os modos de alimentação contínua ou semicontínua se distinguem entre a técnica de fluxo contínuo e a técnica combinada de fluxo contínuo e armazenamento. Diferentemente da alimentação contínua, onde a alimentação é praticamente constante, na alimentação semicontínua, o substrato não fermentado é inserido no biodigestor ao menos uma vez por dia de trabalho. É comprovado que a alimentação várias vezes ao dia oferece vantagens (PROBIOGÁS, 2010).

Na técnica de fluxo contínuo o substrato é bombeado várias vezes por dia para o biodigestor e a mesma quantidade é retirada do tanque e vai para o tanque de biofertilizantes. Esta técnica proporciona uma produção constante, pois o tanque sempre estará cheio e seu esvaziamento sendo necessário apenas para reparos e limpezas. O fluxo contínuo traz vantagens quanto a utilização eficiente do espaço do biodigestor. No entanto, neste método, é possível que aconteça o “curto-circuito” no biodigestor, ou seja, uma pequena parte do substrato recém depositado saia de imediato do biodigestor (Weiland, 2000). Além disso, os tanques de biofertilizantes a céu aberto são emissores de metano. A EGG (Renewable Energy Act), de 2009, apresenta como boa prática de produção o uso de tanques de biofertilizantes estanques a gases, de modo que o uso da técnica de fluxo contínuo tende a ser menos utilizada.

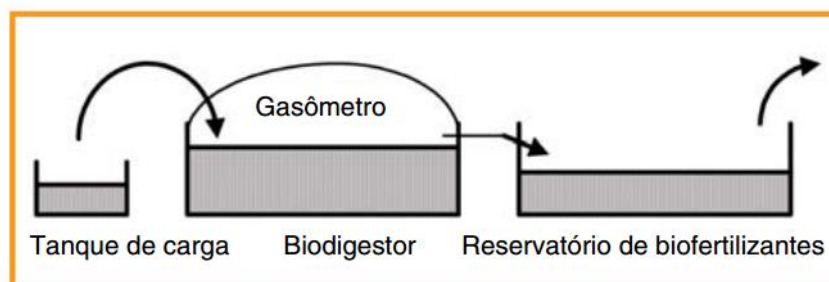


Figura 5.2: Esquema técnica de fluxo contínuo (PROBIOGÁS, 2010)

Quando um tanque de armazenamento de biofertilizantes é adicionado ao projeto, os problemas quanto aos “curtos circuitos” e emissões de metano são controlados. Neste arranjo obtém-se a técnica de fluxo combinado e armazenamento. Apesar de seu custo inicial ser mais elevado, a técnica combinada tende a ter um “payback curto” em decorrência da produção extra de gás.

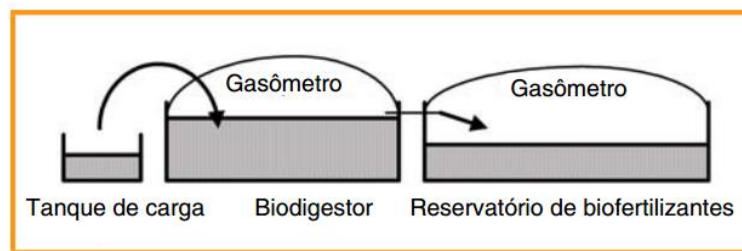


Figura 5.3: Esquema técnica combinada de fluxo contínuo e armazenamento (PROBIOGÁS, 2010)

5.3.2 Alimentação Descontínua

Na fermentação por batelada, enche-se o tanque por completo. Após isso, o mesmo é fechado hermeticamente e só será aberto quando a substituição do substrato for feita. Este modo alimentação é mais indicado para aplicações nas quais seja possível o uso de tanques, de gás e substrato, de grandes dimensões.

Uma forma de sanar a dificuldade de produção contínua é o uso de vários biodigestores de alimentação descontínua trabalhando em conjunto, sendo a alimentação de cada um deles planejada de maneira que o suprimento de gás seja regular, mas esta ideia também só é possível em ambientes de grande extensão.

5.4 Geração de Biogás

O tipo de biodigestor adotado está intimamente ligado ao seu processo de fermentação. Na digestão de substrato podem ser utilizados os processos de mistura completa, técnica de fluxo pistonado ou processos especiais.

5.4.1 Processo de mistura completa

A geração de biogás na agricultura utiliza, principalmente, reatores de mistura completa cilíndricos em posição vertical, perfazendo atualmente (2009) cerca de 90% do total de usinas (PROBIOGAS). Os biodigestores se compõem de um reservatório com fundo de concreto e paredes de aço ou concreto armado. O reservatório pode ser parcial ou totalmente enterrado, ou ser posicionado completamente sobre o solo. Sobre o reservatório é montada uma cobertura impermeável a gás, que pode ser construída de diferentes formas, conforme as exigências. São utilizados normalmente tetos de lona e concreto. A mistura completa é realizada por agitadores posicionados no interior do reator ou ao lado dele.

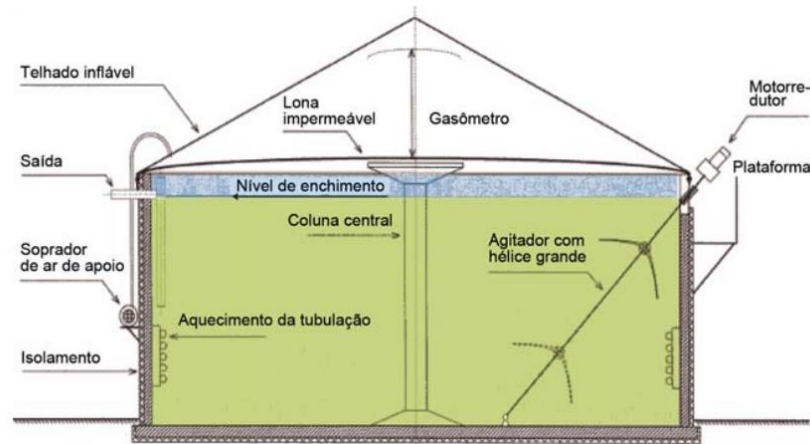


Figura 5.4: Esquema de biodigestor de mistura completa (PROBIOGÁS, 2010)

5.4.2 Técnica do fluxo pistonado

A técnica de fluxo pistonado tira proveito do efeito de recalque do substrato fresco. Este substrato será introduzido de forma a produzir um fluxo através de um biodigestor de seção transversal circular ou retangular. A agitação normalmente é feita por meio de eixos com palhetas ou por canalização especialmente desenvolvida para tal. Os biodigestores de fluxo pistonado se dividem, fundamentalmente, em horizontais e verticais. Os tanques horizontais representam uma parcela mais significativa das instalações atuais (PROBIOGÁS, 2010). Os tanques de biodigestão, principalmente os horizontais e de aço, são confeccionados na fábrica e então fornecidos. Uma grande vantagem no uso deste método é a redução no risco da retirada de substratos não completamente fermentados do digestor, assegurando o tempo de retenção adequado para todo o material.

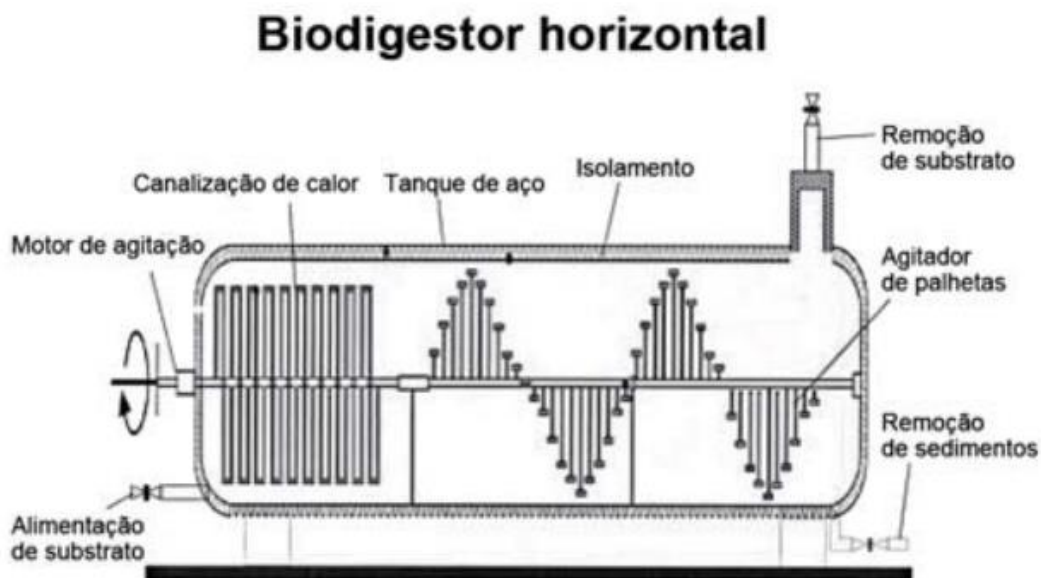


Figura 5.5: Biodigestor de fluxo pistonada horizontal (Neubarth, et al., 2000)

5.4.3 Processamento em batelada

A técnica da batelada se destina a usinas do tipo container e digestores de baía estacionários. Recentemente, este processo atingiu maturidade para uso em escala comercial e se estabeleceu no mercado (PROBIOGÁS, 2010). No processamento em batelada, os biodigestores são encheidos com biomassa e fechados hermeticamente. Os microrganismos inóculantes misturados ao substrato fresco aquecem o substrato na primeira fase, na qual é adicionado ar ao digestor. Isso provoca a liberação de calor associada ao processo de compostagem. Depois de atingida a temperatura ideal, o fornecimento de ar é desligado. Após o consumo do oxigênio aplicado, entram em atividade os microrganismos que, como na digestão úmida, começam a converter a biomassa em biogás. O biogás é capturado na tubulação coletora de gás e transferido para o local de geração de energia.

A prática provou ser adequada com uma bateria de biodigestores com 2 a 8 unidades – em geral 4. Assim, é possível atingir uma produção semicontínua de gás (PROBIOGÁS, 2010).

5.5 Tratamento do Biogás

A utilização atual do biogás geralmente é representada pela conversão descentralizada do gás bruto em eletricidade no local de origem. Normalmente, são utilizados geradores acionados por motores de combustão para produzir a energia elétrica. Também é possível utilizar o biogás em microturbinas a gás, células de combustível e motores Stirling. A princípio, embora essas técnicas também sirvam para converter o biogás em energia elétrica, até hoje vêm sendo pouco utilizadas para essa finalidade. Outra possibilidade é o aproveitamento do calor em queimadores e caldeiras adequados.

Ultimamente, a opção do tratamento do biogás e injeção do mesmo na rede de gás natural se apresentou como uma excelente alternativa na Alemanha. Em agosto de 2010, o país europeu já contava com 38 usinas que injetavam biometano tratado na rede de gás natural (PROBIOGÁS, 2010).

Geralmente, devido a presença de algumas substâncias presentes no biogás bruto, não é possível aproveitar diretamente o gás nas usinas. Os principais compostos que impedem o uso direto são o dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio e os solixanos. Para a retirada destas impurezas o biogás deve ser submetido a alguns estágios de purificação.

6 ESPECIFICAÇÕES DO EDIFÍCIO, PROJETO E SELEÇÃO.

Exibe as características construtivas do prédio, bem como o seu consumo de carga térmica e de energia e a partir dessas características será feito o projeto, as seleções e dimensionamentos referentes aos dispositivos implantados no trabalho.

6.1 Proposta Arquitetônica

O edifício foi projetado por uma equipe de alunos e professores da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da Universidade de Brasília (UnB). A localização do prédio já foi definida no trabalho de Pinto (2014) e estaria posicionado no Parque Científico e Tecnológico da UnB, no campus Darcy Ribeiro conforme visto na Figura 6.1.



Figura 6.1: Local onde será construído o edifício nZEB. (Pinto, 2014)

Para que este prédio tenha sucesso desde a sua concepção até o seu funcionamento pleno é necessário uma intercambiabilidade entre vários departamentos. A ideia é ter uma equipe de coordenação composta entre membros de quatro departamentos: Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica, Engenharia Civil e Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

Resumidamente, o prédio proposto inicialmente no projeto da (Birck, 2014) é composto por salas multiuso, auditório, laboratórios e escritórios, um modelo do prédio onde esses espaços estão dispostos pode ser visto na Figura 6.2.

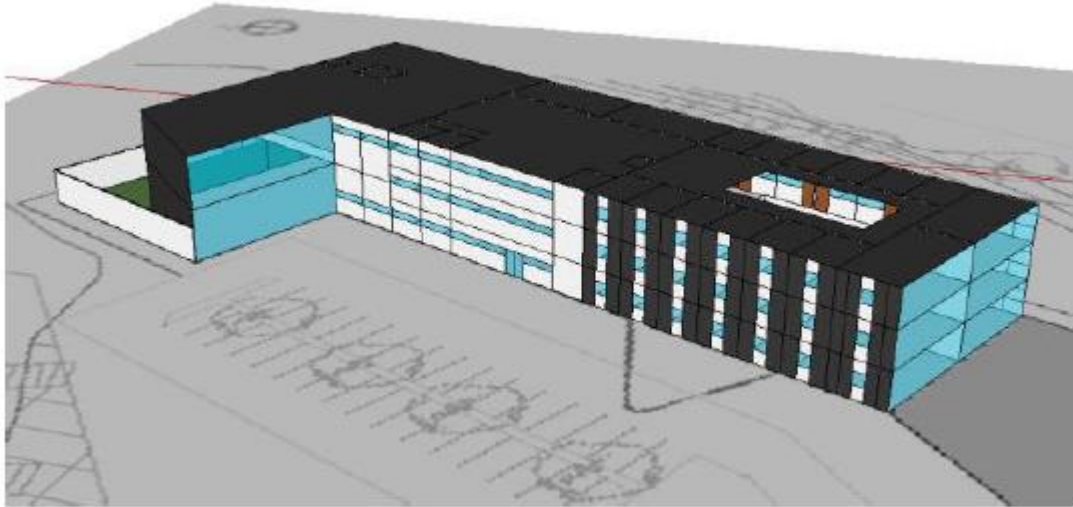


Figura 6.2: Modelo tridimensional proposto. (Birck, 2014)

Esse modelo foi analisado por Pinto (2014) e a partir de simulações feitas em seu trabalho a equipe da FAU propôs mudanças no projeto. A mudança mais impactante foi a subdivisão do prédio em três edifícios menores (blocos), mas continuam integrados um ao outro por rampas.



Figura 6.3: Modelo atualizado do prédio proposto pela FAU. (Birck, 2014)

Esses modelos foram idealizados para que se aproveite o máximo do sol para energia fotovoltaica e para que se tenha uma alta eficiência energética.

Os tipos de ambientes propostos nesse projeto atualizado são os mesmos daqueles propostos anteriormente, o que muda é sua disposição no prédio.

Tabela 6.1: Relação dos ambientes da proposta atualizada. (Teixeira, 2015)

Tipo de Ambiente	Quantidade
Sala para professores e coordenador	2
Sala para pesquisadores	2
Sala de reunião	1
Sala para empresas	4
Laboratório de experimentação	4
Sala multiuso	5
Auditório e Apoio	1
Salas Administrativas	6
Sanitários	24
Depósito	8
Circulação	8

6.2 Carga Térmica do Prédio.

A partir da análise feita por (Teixeira, 2015), foi obtida uma carga térmica para o prédio com base na simulação termoenergética. A simulação definiu uma carga térmica de 80,10 TR (282,52 kW) distribuída pelo edifício conforme a Tabela 6.2.

Tabela 6.2: Carga térmica dos diferentes blocos. (Teixeira, 2015)

Bloco	Carga Térmica (TR)
Laboratórios	24,75
Escritórios e Administração	26,25
Público	29,10
Total	80,10

Para a análise da carga térmica e consumo energético, foi proposto que o prédio irá funcionar das 7 horas da manhã às 19 horas da noite de segunda a sexta dando, na média, 21 dias por mês. A utilização dos equipamentos e ocupação do prédio será conforme a Tabela 6.3.

Tabela 6.3: Nível de uso do prédio. (Teixeira, 2015)

Horário	Nível de uso (%)
00:00 – 7:00	0
7:00 – 8:00	20
8:00 – 18:00	100
18:00 – 19:00	20
19:00 – 00:00	0

A demanda de carga térmica do edifício se comporta conforme a Figura 6.4. Nota-se que o horário de máxima demanda se dá às 15:00 da tarde.

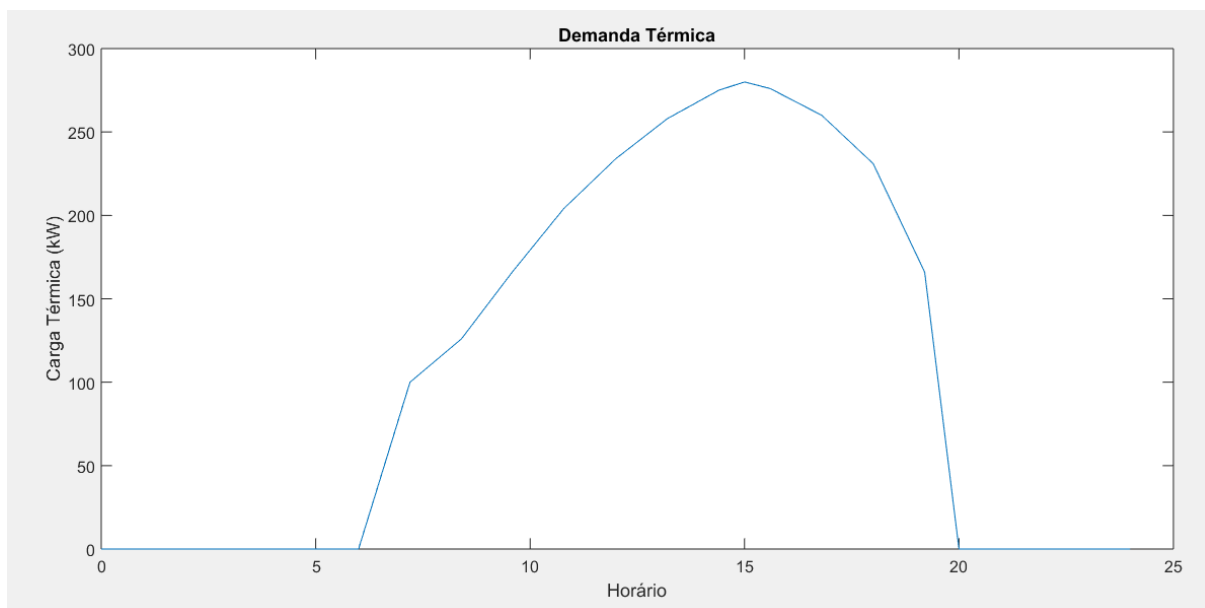


Figura 6.4: Gráfico da demanda térmica do edifício.

6.3 Consumo Energético do Prédio.

No projeto de (Teixeira, 2015) foi proposto um sistema de climatização ativa que mescla um sistema de resfriamento evaporativo e um sistema de expansão indireta com o emprego de dois chiller's sequenciados. Com base nesses sistemas foi calculado um consumo energético do edifício conforme mostrado na Figura 6.5.

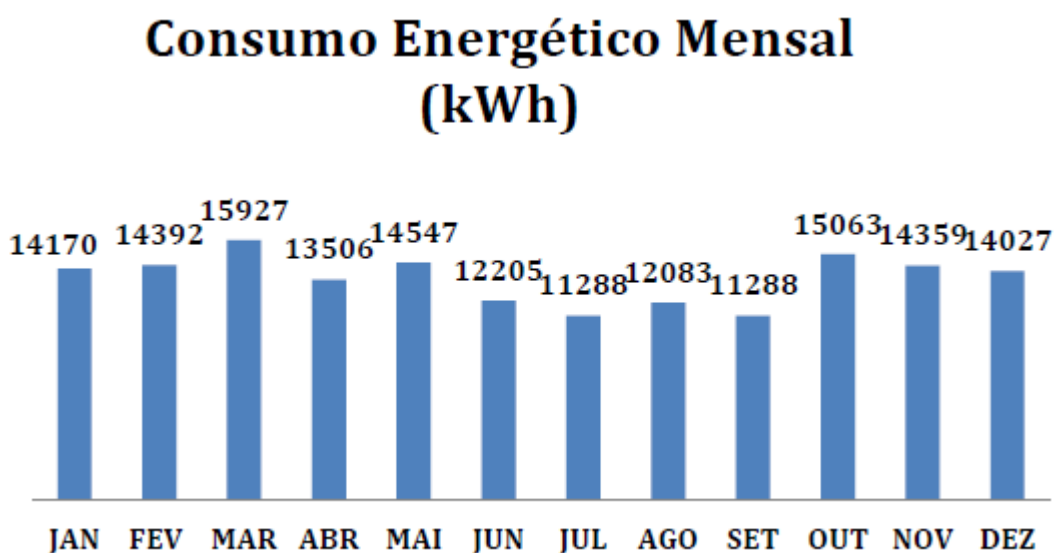


Figura 6.5: Consumo mensal do edifício nZEB. (Teixeira, 2015)

Baseado nesta figura, conclui-se que o consumo anual do prédio é de 162.854 kWh o que nos dá uma razão consumo/área de 69,6 kWh/m² ao ano.

As Figura 6.6 e Figura 6.7 apresentam, respectivamente, o consumo de cada componente no decorrer do ano e a porcentagem do consumo de cada componente com relação ao consumo total do prédio.

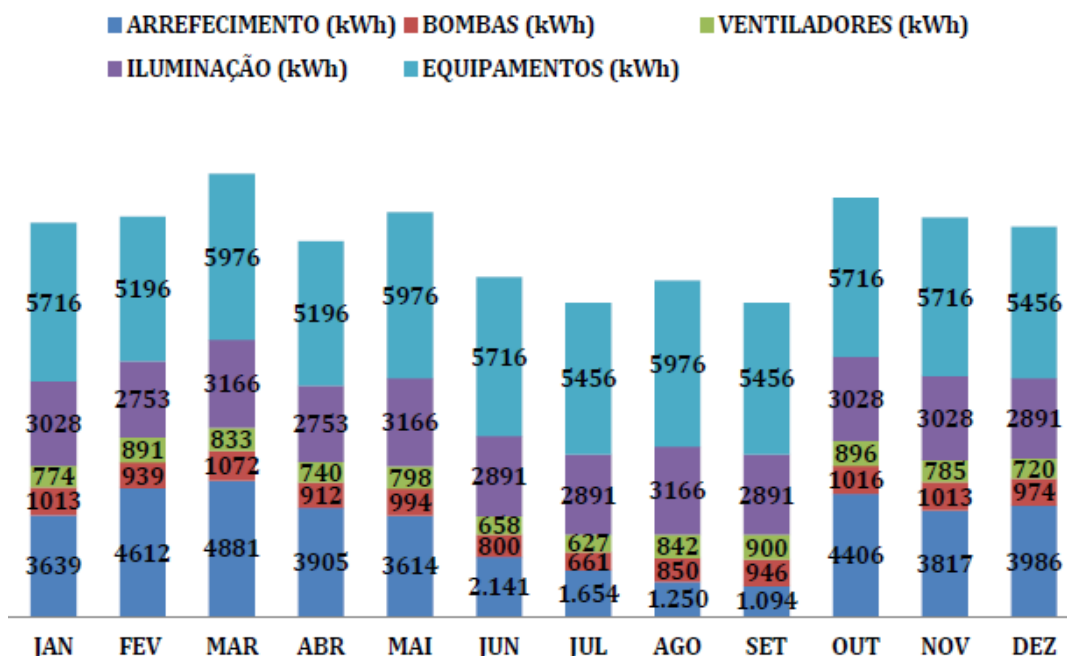


Figura 6.6: Consumo de cada componente ao decorrer do ano. (Teixeira, 2015)

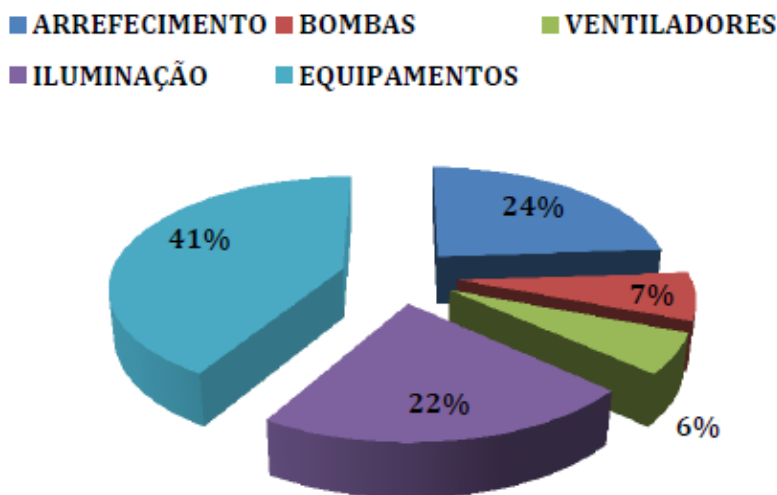


Figura 6.7: Porcentagem do consumo de cada componente em relação ao total. (Teixeira, 2015)

Pode-se notar que o consumo relativo à climatização do ar é de 24% da energia gasta pelo prédio. Como o presente trabalho visa meios de geração e cogeração de energia, a proposta apresentada

afetará diretamente no consumo, pois o uso de chillers de absorção e adsorção gera menores consumo de energia e ainda existe a produção de energia da microturbina.

6.4 Condições de Projeto

Apresentar uma proposta para atender a demanda térmica e energética do prédio utilizando diversas tecnologias de refrigeração e de produção de energia, foi a meta deste projeto. Aliado a isso, é imprescindível que o balanço energético ao final de cada ano seja zero.

A definição das condições referentes ao tempo de operação, combustível utilizado, tecnologias de refrigeração, geração de energia elétrica e tratamento da energia excedente deu todo o embasamento para a seleção e projeto dos componentes da central de cogeração.

A possível localização da central pode ser encontrada no Anexo - 11.14 e a planta completa do sistema de produção de água gelada na planta em anexo ao final do trabalho.

6.4.1 Combustível

Os combustíveis utilizados na central de cogeração serão o Biogás e GLP.

A alimentação da microturbina será realizada pelo biodigestor. O tanque de biodigestão será localizado em uma região a certa distância do prédio, de modo a não gerar incômodos aos usuários do prédio, e os substratos utilizado na digestão serão os resíduos orgânicos do restaurante universitário da universidade de Brasília.

Após o processo de digestão, o biogás produzido será tratado e armazenado em gasômetros. O biogás só será utilizado no momento em que microturbina entrar em operação.

O chiller de absorção de queima direta utilizará o gás GLP como sua fonte de energia principal. O GLP deverá ser comprado diretamente da concessionária e deve ser reabastecido com regularidade. Com o prédio construído pretende-se estudar a inserção do biogás nesse equipamento.

6.4.2 Energia Elétrica

A central de cogeração fara o uso de painéis fotovoltaicos e de uma microturbina movida a biogás para a geração de energia elétrica.

Quando há excedente, a energia gerada é exportada à rede por meio de um medidor bidirecional que registra o fluxo de energia nos dois sentidos e, ao final do mês, faz o chamado “balanço energético”, registrando a energia consumida e a exportada, caso ocorra. A geração excedente de energia é regida pela nova resolução nº 687 da ANEEL.

A partir de primeiro de março deste ano entraram em vigor as novas regras para a geração de energia distribuída, ou seja, casas, edifícios, comércios e indústria ganham incentivos adicionais para

gerar energia elétrica, essas mudanças tiveram o intuito de estimular pessoas físicas e jurídicas a produzir sua própria energia.

A ANEEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica) aprovou em audiência pública no dia 24 de novembro de 2015 a revisão da resolução normativa nº 482. A publicação da nova resolução normativa nº 687 traz grandes melhorias para o incentivo e desenvolvimento da geração de energia elétrica solar. O consumidor pode instalar pequenos geradores, painéis fotovoltaicos, microturbina, microturbina eólica, entre outras, e troque essa energia com a distribuidora local.

Segundo a Aneel, até 2024 cerca de 1,2 milhão de unidades consumidoras devem produzir sua própria energia elétrica passando de simples consumidores a também geradores, somando a centenas de unidades geradoras já em funcionamento desde 2012.

Algumas das novas regras:

- Antes o processo de registro realizados pela companhia demorava cerca de 90 dias, com a nova resolução houve uma simplificação do processo e esse número caiu para 34 dias e foi reduzido a uma única etapa;
- Quando a quantidade de energia gerada exceder, em um mês, a energia consumida no mesmo período, o consumidor irá ficar com créditos podendo ser utilizados em um período de no máximo 5 anos, antes era 3 anos.
- Agora é permitida a geração distribuída nos condomínios, cooperativas e associações de vizinhos em percentuais definidos pelos próprios consumidores. Com isso a energia produzida pode ser dividida entre os condôminos mesmo que o sistema esteja instalado num único medidor do condomínio, as quotas de crédito para compensação de energia serão abatidas das contas dos participantes de forma independente, desde que a geração esteja na mesma área de propriedade do condomínio ou empreendimento.
- O consumidor pode produzir a energia em um lugar e utilizá-la em outro se o local estiver na mesma área de distribuição. Antes, os donos dos sistemas de geração só podiam compensar os créditos excedente em locais com o mesmo CPF ou CNPJ, agora poderão transferir percentuais de créditos de energia para compensar em outras unidades consumidoras com CPF ou CNPJ diferentes, desde que seja comprovado o vínculo entre os integrantes.
- Será permitido o uso de qualquer fonte renovável para a micro e mini geração distribuída, enquadrando nesse conceito central geradora com potência instalada até 75 kW para microgeração e para minigeração distribuída com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW.

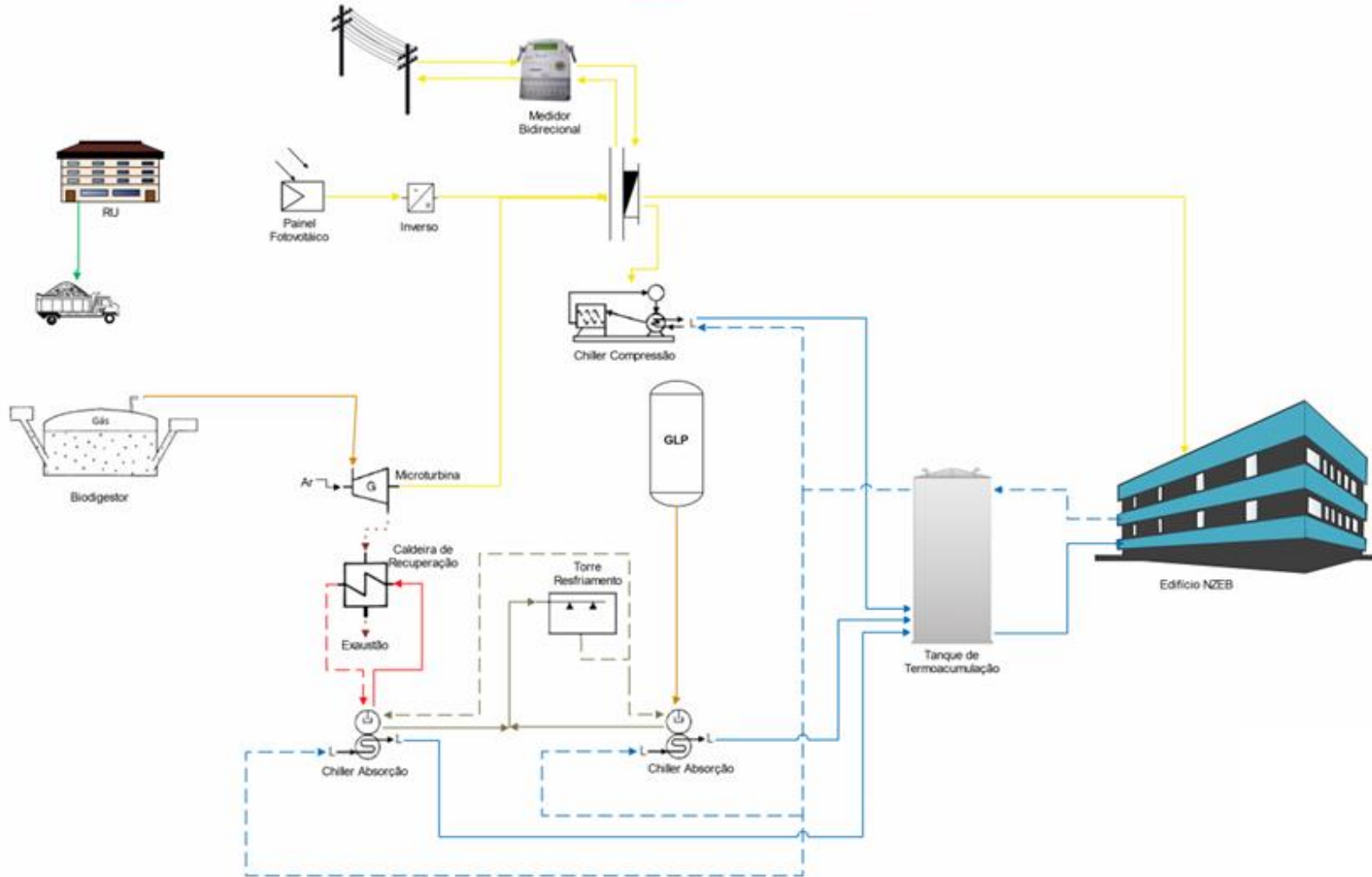
6.4.3 Produção de Água Gelada

Serão empregadas três tecnologias de refrigeração, compressão, absorção de queima direta e absorção de queima indireta. Nos ciclos sem compressão os gases de exaustão serão utilizados para produzir água quente ou a própria combustão será feita no equipamento.

Para atender os picos de demanda térmica do prédio, será instalado um tanque de termoacumulação no prédio. Esta tecnologia permite “estocar” energia térmica e utiliza-la em momentos oportunos. As diferentes tecnologias podem ser vista no diagrama simplificado a seguir.

Legenda

Gás		Água Condensação	
Água Quente		Energia Elétrica	
Água Gelada		Resíduos Orgânicos	
Gases de Escape			



6.5 Chillers

A seleção dos chillers se baseou na intenção de abrigar o máximo de tecnologias refrigeração possíveis. Para tal, foram escolhidos os seguintes equipamentos.

Tabela 6.4: Chillers Seleccionados

Equipamento	Qtd	Marca	Modelo	Capacidade	Potência consumida
Chiller absorção QI.	1	Yakazi	WFC-SC 10	10 TR	50,2 kW
Chiller absorção QD	1	Yazaki	CH-K30	30 TR	104 kW
Chiller de compressão.	1	Trane	CGAM52	52 TR	55,5 kW

As respectivas capacidades foram seleccionadas de modo a atender a demanda térmica do prédio de 80,1 TR.

6.5.1 Análise chiller de absorção de queima direta

O consumo do chiller de absorção de queima direta foi contabilizado levando em consideração o poder calorífico do GLP que é de 11500 kcal/kg ou 48148,2 kJ/kg (Copagáz, 2015). A partir disso, pode-se calcular a quantidade de GLP necessário para atender o chiller.

$$\text{Consumo GLP} \left(\frac{kg}{h} \right) = \frac{104 \left(\frac{kJ}{s} \right)}{48149,2 \left(\frac{kJ}{kg} \right)} = 0,00216 \left(\frac{kg}{s} \right) 3600(s) = 7,78 \left(\frac{kg}{h} \right)$$

Foram feitos cálculos para o consumo de outros combustíveis o que resultou na tabela a seguir.

Tabela 6.5: Consumo do chiller de absorção queima direta.

Combustível	Poder Calorífico	Consumo
GLP	48149,2 kJ/kg	7,78 kg/h
Gás Natural	34 MJ/m ³	10,52 m ³ /h
Biogás	21 MJ/m ³	16,12 m ³ /h

6.6 Microturbina

Para a escolha da microturbina, utilizamos o catálogo da fabricante Capstone. Das capacidades apresentadas no catálogo, somente a de 30 kW e a de 65 kW foram analisadas devida a baixa demanda energética do prédio.

A escolha da microturbina deve estar alinhada a capacidade do chiller de absorção de queima indireta, pois a água, que é a fonte de energia do chiller, será aquecida a partir dos gases exaustão do processo de combustão.

A turbina de capacidade de 30 kW não é capaz de suprir a demanda térmica do aquecimento da água conforme a análise feita, sendo assim, optou-se pela utilização da turbina com capacidade maior. Além disso, a turbina de maior capacidade já vem com um trocador de calor embutido na sua carcaça o que corrobora a seleção da mesma.

6.6.1 Análise Microturbina Capstone CR65

No modelo C65 da Capstone há um recuperador de calor embutido no equipamento que fornece água quente a partir dos gases de exaustão. Com base no catálogo do fabricante podemos obter alguns parâmetros que podem ser vistos na Tabela 6.6.

Tabela 6.6: Característica da microturbina

Potência elétrica	65 kW
Fluxo de combustível HHV	807 MJ/h
Fluxo dos gases de exaustão	0,49 kg/s
Temperatura dos gases de exaustão	309 °C
Recuperação de calor água quente	74 kW

O valor de 74 kW é baseado em uma temperatura de entrada da água a 38 °C e um fluxo de 2,5 l/s. A partir destes valores podemos mensurar a quantidade de combustível consumida pela turbina e a eficiência do trocador de calor.

Para o cálculo do consumo é necessário saber o valor de HHV (Higher Heating Value) do biogás, o biogás tem um HHV de 21 MJ/m³.

Para achar o consumo volumétrico basta dividir o fluxo de combustível pelo HHV do biogás.

$$\text{Consumo volumétrico} = \frac{807}{21} = 38,42 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Para o cálculo da eficiência do trocador de calor da microturbina utiliza-se o método da efetividade (NTU). Esse método é baseado em um parâmetro adimensional chamado de efetividade da transferência de calor (ϵ).

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{m\acute{a}x}} = \frac{\text{taxa de transfer\^encia de calor real}}{\text{taxa de transfer\^encia de calor m\acute{a}ximo poss\^ivel}}$$

A taxa de transfer\^encia m\acute{a}xima pode ser calculada pela equa\~ao abaixo.

$$\dot{Q}_{m\acute{a}x} = C_{min}(T_{g,ent} - T_{a,ent})$$

Em que $T_{g,ent}$ \^e a temperatura de entrada do g\^as na entrada do trocador, $T_{a,ent}$ \^e a temperatura de entrada da \^agua no trocador e C_{min} \^e o $\min(c_{p,\acute{a}gua}\dot{m}_a, c_{p,g\acute{a}s}\dot{m}_g)$. O C_p do biog\^as \^e de 1,6 kJ/m³.\^oC (EnergiasRenov\^aveis, 2016) e o da \^agua \^e calculado pelo EES de acordo com a temperatura.

Com essas equa\~oes e usando o EES obtivemos um $\dot{Q}_{m\acute{a}x} = 212,5 \text{ kW}$ e uma efici\^encia aproximada de 35% para o trocador de calor, o que nos remete aos 74 kW especificado pelo fabricante. A partir desses valores podemos analisar como esse trocador se comportaria trabalhando em temperatura de entrada de \^agua mais elevada.

Para essa an\^alise, utilizou-se um chiller de absor\~ao de queima indireta de 10 TR com as seguintes especifica\~oes.

Tabela 6.7: Dados do chiller de absor\~ao de queima indireta da Yakazi

Consumo (Calor consumido da \^agua)	50,24 kW
Fluxo de \^agua para recupera\~ao	2,4 l/s
Temperatura de entrada de \^agua no chiller	88 \^oC
Temperatura de sa\^ida de \^agua no chiller	83 \^oC

Usando o EES obtivemos um $\dot{Q}_{m\acute{a}x} = 177,2 \text{ kW}$ e com uma efici\^encia aproximada de 35% para o trocador de calor, temos que a quantidade de calor que a caldeira de recupera\~ao consegue trocar com a \^agua \^e de 59,57 kW, portanto essa microturbina consegue atender a esse chiller de 10 TR.

Por fim, a capacidade de produ\~ao de energia da microturbina \^e afetada conforme a temperatura ambiente. A m\^edia da m\acute{a}xima temperatura de Bras\^ilia fica por volta dos 26 \^oC, tornando esse valor como base, temos que a microturbina tem uma capacidade de 62 kW de produ\~ao de energia, esse valor \^e conservador e a produ\~ao pode ser maior que isso.

6.6.2 An\^alise Microturbina Capstone CR30

Diferente do outro modelo, esse n\^ao vem com um recuperador de calor embutido, por isso utilizaremos a mesma efetividade do trocador encontrado na microturbina anterior como base para mensurar quanta de energia \^e poss\^ivel trocar com a \^agua.

Tabela 6.8: Característica da microturbina

Potência elétrica	30 kW
Fluxo de combustível HHV	415 MJ/h
Fluxo dos gases de exaustão	0,31 kg/s
Temperatura dos gases de exaustão	275 °C
Recuperação de calor água quente	Não incluso.

Com esses valores podemos encontrar o consumo mássico e volumétrico de combustível da turbina C30.

$$\text{Consumo volumétrico} = \frac{415}{21} = 19,76 \text{ m}^3/\text{h}$$

O cálculo da quantidade de calor que a microturbina pode transferir para a água usa o método da efetividade (NTU). Conforme visto anteriormente, será considerado que o trocador de calor tem a mesma efetividade do anterior e a temperatura de entra da água será do mesmo chiller de absorção de 10 TR. A partir do EES foi encontrado o valor de $\dot{Q}_{m\acute{a}x} = 95,3 \text{ kW}$ e com uma efetividade de 35 % essa turbina pode transferir até $\dot{Q} = 33,36 \text{ kW}$ para gerar água quente. Portanto, não conseguiria atender o chiller de 10 TR e assim não seria viável para nosso trabalho usar essa turbina, visto que chillers com capacidade inferior a 10 TR são raros e o seu impacto sobre a carga térmica do prédio é irrisório.

6.7 Tanque de Termoacumulação

O tanque de termoacumulação servirá de apoio nos momentos de pico de demanda térmica do prédio. Seu projeto é baseado na determinação do seu volume e tempo de carga.

6.7.1 Volume do Tanque

O cálculo da capacidade do tanque de termoacumulação será feito com base na configuração ótima dos dispositivos para que emita menos dióxido de carbono.

Com a capacidade de refrigeração dada em kWh podemos calcular a quantidade de água gelada que será necessário armazenar e assim podemos obter o volume do tanque.

Para esse cálculo iremos partir da seguinte equação:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

\dot{Q} = Capacidade do tanque de termoacumulção em kWh

\dot{m} = massa de água a ser armazenada, kg/s;

$c_p = 4,182 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$

$\Delta T = T_{entrada} - T_{saída}$, que é a diferença de temperatura entre a água que entra e a que sai do edifício.

$$m[kg] = \frac{Q \left[\frac{kJ}{s} \cdot h \right]}{c_p \left[\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \right] \cdot \Delta T [^\circ C]} \times \frac{3600[s]}{1[h]}$$

Com isso pode-se calcular o volume do tanque de termoacumulação já que a densidade da água é de 1000 kg/m³.

$$Volume [m^3] = \frac{m[kg]}{1000 \left[\frac{kg}{m^3} \right]}$$

Em um tanque há perdas de calor para o meio ambiente e a separação entre a água fria armazenada e a água de retorno não é perfeita, por isso será considerado para o dimensionamento do tanque uma margem adicional de 10% no volume de água gelada armazenada.

6.7.2 Tempo de Carga do Sistema

O cálculo do tempo necessário para termoacumular é simples, basta analisar o fluxo de água que o chiller produz, o que é facilmente encontrado nos catálogos dos fabricantes. Sabendo o fluxo de água podemos calcular o volume usando a seguinte fórmula:

$$t_{carga}[h] = \frac{Volume[m^3]}{\dot{m}_{chiller} \left[\frac{m^3}{h} \right]}$$

6.8 Biodigestor

Para o presente trabalho, condições quanto a fonte de substrato, nível de produtividade e regularidade de produção foram os principais fatores para a escolha da solução a ser implementada.

6.8.1 Fonte de Substrato

Os substratos utilizados para a alimentação do biodigestor serão os resíduos orgânicos do RU (Restaurante Universitário da Universidade de Brasília). Iniciativas como está já foram implementadas na UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) e apresentaram resultados satisfatórios (Ayer, 2014).

Para a estimativa da quantidade de resíduos gerados pelo restaurante usaremos o trabalho de (Carneiro, et al., 2010). Neste estudo, a quantidade de resíduos orgânicos produzido pelo restaurante universitário da UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte) foi contabilizado e sua composição apresentada.

Tabela 6.9: Quantidade de resíduos orgânicos UFRN (Carneiro, et al., 2010)

Quantidade de resíduos orgânicos produzidos pela UFRN	
Nº refeições/ dia (Dias úteis - 21)	2260
Quantidade produzida (kg / mês)	8457,2
Nº refeições/ dia (FDS - 10)	575
Quantidade produzida (kg / mês)	1517,7

Para estimar o número de refeições servidas diariamente na UNB foram usados os dados do site do restaurante, (UNB, 2013). A tabela abaixo apresenta o número de refeições servidas diariamente na instituição bem como uma estimativa da quantidade de resíduos produzidos. Esta estimativa levou em conta a proporção de resíduos produzidos vs número de refeições obtido no trabalho de (Carneiro, et al., 2010).

Tabela 6.10: Quantidade de resíduos orgânicos UNB

Quantidade de resíduos orgânicos produzidos pela UNB	
Nº refeições/ dia (Todos os dias - 31)	2692
Quantidade produzida (kg/ mês)	14849
Quantidade produzida (kg/ dia)	479

6.8.2 Produção de Biogás

Com auxílio da pesquisa de (El-Mashad, et al., 2010), foi possível estimar a produtividade diária do biodigestor. Neste trabalho, várias composições de resíduos foram armazenadas em biodigestores e a sua produtividade diária foi medida a partir de gasômetros.

Considerando que os resíduos do RU sejam apenas comida, podemos utilizar os resultados da linha “100 % Food Waste” (100% Resíduo Alimentar) como base para o cálculo de produtividade.

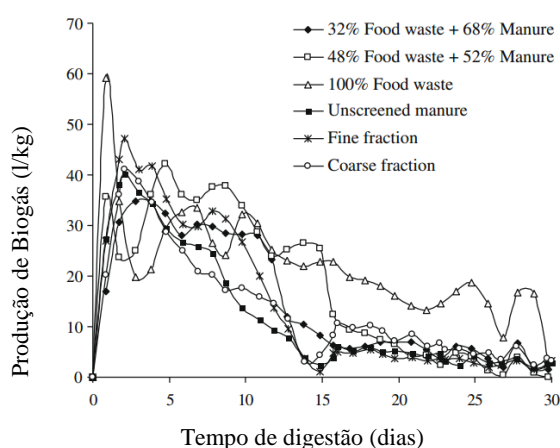


Figura 6.8: Produtividade biogás (El-Mashad, et al., 2010)

Considerando que o tempo de retenção dos resíduos no biodigestor será de 13 dias e utilizando os pontos de produtividade apresentados no gráfico dentro deste intervalo, podemos encontrar a produtividade diária esperada.

Tabela 6.11: Tabela de Produtividade (El-Mashad, et al., 2010)

Pontos	Produtividade (l/ kg dia)
1	60,00
2	35,00
3	20,00
4	22,00
5	32,00
6	33,00
7	25,00
8	22,00
9	32,00
10	30,00
11	25,00
Média	30,55

A partir do momento em que o tanque entre em regime permanente, cerca de 13 dias, a quantidade de resíduos dentro do tanque será constante e igual a 6227 kg.

$$\text{Quantidade de lixo diariamente [kg]} = 479$$

$$\text{Dias de Retenção [dias]} = 13$$

$$\text{Quantidade de resíduos [kg]} = 6227$$

$$\text{Produtividade diária} \left[\frac{m^3}{dia} \right] = 6227 \left[\frac{kg}{dia} \right] \times 30,55 \left[\frac{m^3}{kg} \right] = 190,24$$

A produção estimada é de 190 m³/ dia de biogás. Quantidade suficiente para a alimentação da turbina a biogás.

6.8.3 Indicações para o projeto

Como o projeto detalhado do biodigestor não é o foco deste trabalho, serão apresentadas algumas indicações para os futuros trabalhos que abordarão este tema;

- Volume do tanque deve ser maior que o volume acumulado de lixo de treze dias;
- Recomenda-se que o biodigestor seja instalado em local afastado do prédio de modo que o mesmo não gere desconforto aos usuários do edifício;
- A utilização da técnica de fluxo pistonado, apresentada na seção 5.4.2, pode representar um ganho de produtividade e deve facilitar a alimentação do biodigestor;
- O uso da técnica combinada de fluxo contínuo e combinado apresentada na seção 5.3.1;

- A alimentação do Biodigestor deve ser feita ao menos uma vez o dia, porém a entrada de substrato fresco após cada uma das 3 (três) refeições diárias servidas no restaurante (Café da Manhã, Almoço e Janta) pode aumentar a eficiência na produção;

- O biogás produzido deve ser tratado de modo a garantir o adequado funcionamento da microturbina. O uso de sulfíon (Anexo -11.8) e carvão ativado (Anexo-11.9) no tratamento é indicado.

6.9 Placas Fotovoltaicas

O painel escolhido para o trabalho foi da Mitsubishi com capacidade de 255 W e dimensões de 1625 x 1019 x 46 mm. O edifício tem 1128 m² de cobertura, as placas serão instaladas nesse espaço.

Para o cálculo do potencial de produção elétrico anual foi utilizado o software System Advisor Model (SAM).

O SAM mostrará a partir de gráficos e tabelas a quantidade de placas necessárias, produção e área instalada. Para começar a simulação devemos selecionar que tipo de produção de energia vai usar, conforme Figura 6.9.

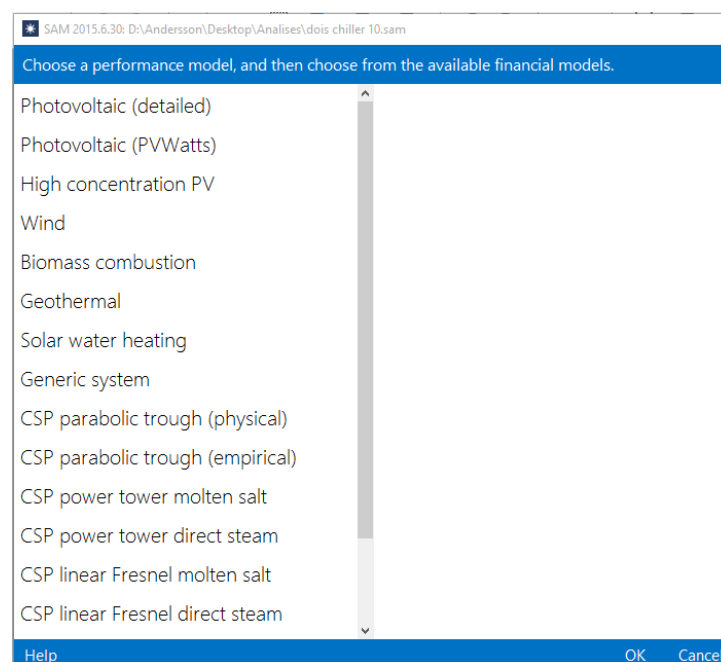


Figura 6.9: Exemplo "SAM"

A partir da escolha do tipo de energia utilizada, uma tela de seleção dos parâmetros do projeto aparecerá. Clicando no botão simulate o software simulará o caso proposto.

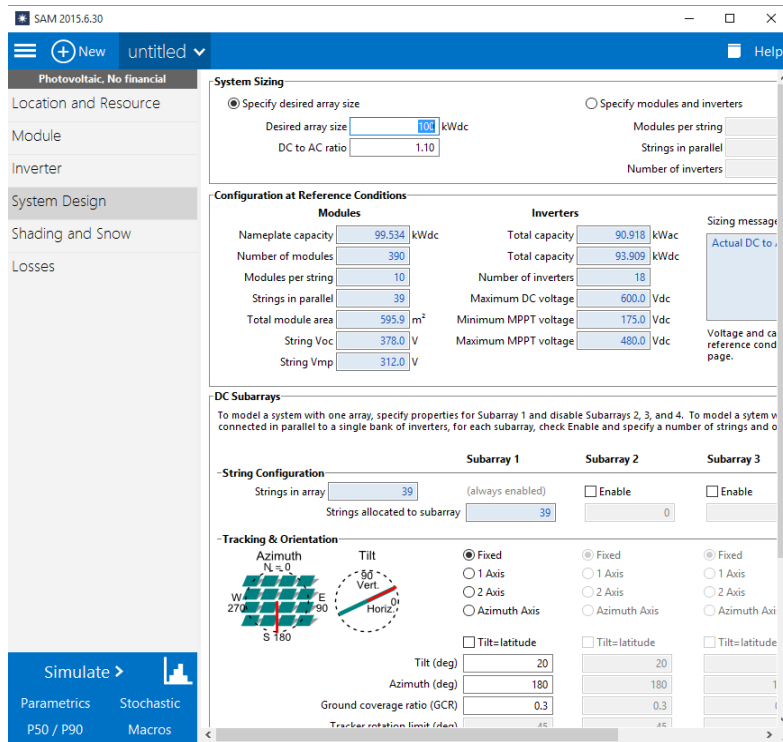


Figura 6.10: Exemplo "SAM"

Toda a simulação das placas fotovoltaicas está presente no anexo 11.10. A tabela a seguir apresenta a área ocupada pelas placas e sua produção. O gráfico na Figura 6.11 mostra a produção mensal das placas.

Tabela 6.12: Seleção Placas Fotovoltaicas

Placas Fotovoltaicas	
Nº módulos	575
Área dos módulos	878,6 m ²

Metric	Value
Annual energy	296,814 kWh
Capacity factor	23.1%
First year kWhAC/kWDC	2,023 kWh/kW
Performance ratio	0.74

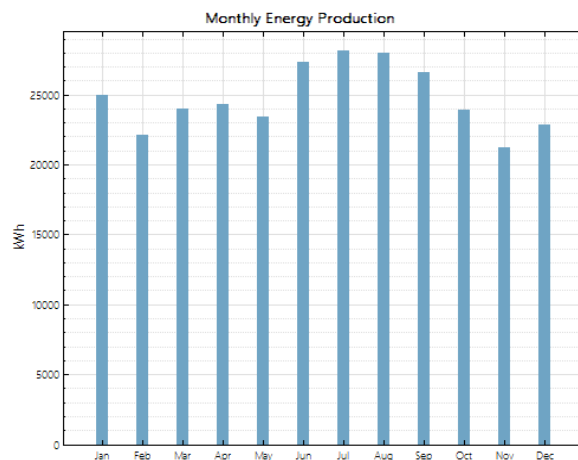


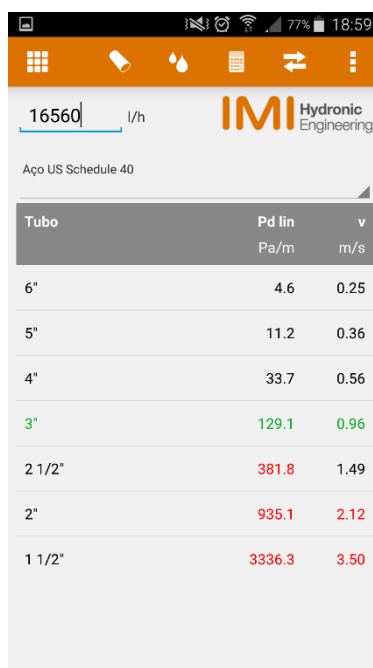
Figura 6.11: Produção Mensal Placas Fotovoltaicas

6.10 Tubulações e Isolamento

Para o dimensionamento das tubulações, utilizou-se o software “HyTools” disponibilizado por uma empresa especializada no assunto. As entradas do programa são o material da tubulação e vazão. É válido ressaltar que o software utiliza as regras da ASHRAE. O programa apresenta vários diâmetros adequados, sendo a opção pintada de verde, a solução ótima.

As tubulações de água gelada serão de aço US Schedule 40, material largamente utilizado em tubulação de água gelada. Para as tubulações de água quente será usado o Cobre ISO 274.

A imagem abaixo é um exemplo do funcionamento do “HyTools”.



Tubo	Pd lin Pa/m	v m/s
6"	4.6	0.25
5"	11.2	0.36
4"	33.7	0.56
3"	129.1	0.96
2 1/2"	381.8	1.49
2"	935.1	2.12
1 1/2"	3336.3	3.50

Figura 6.12: Exemplo do funcionamento do “HyTools”

O isolamento é de suma importância na busca pela eficiência do sistema de produção de água gelada. Sua seleção deve ser feita de modo a impedir a troca de calor da tubulação com o meio externo.

A tabela de um fabricante de isolamento de tubulações serviu de base para a escolha dos materiais do isolamento e a sua dimensão.

Toda a rede de água gelada deverá ser isolada com espuma elastomérica à base de borracha nitrílica, isolamento térmico flexível de estrutura celular fechada e com elevado fator de resistência à difusão do vapor de água ($\mu \geq 7.000$), espessura técnica crescente, condutividade térmica 0,035 w/(m.k) à 0°C, comportamento em caso de incêndio m-1 (não propaga chama), isento de gás CFC.

Diâmetro Tubulação (polegadas)	Diâmetro Tubulação (mm)	Espessura (mm)	Referência, Ref. ARMAFLEX
3"	75	30,5	R-89
4"	100	31,5	R-114
5"	125	32	R-140
6"	150	32,5	R-168
8"	200	38	Dupla camada 2 x manta M-99-E (2 x 19)
10"	250	38	Dupla camada 2 x manta M-99-E (2 x 19)
12"	300	44	Dupla camada manta R-99-E + manta M-99-E (25 + 19)
14"	350	44	Dupla camada manta R-99-E + manta M-99-E (25 + 19)
16"	400	44	Dupla camada manta R-99-E + manta M-99-E (25 + 19)
18"	450	50	Dupla camada 2 x manta R-99-E (2 x 25)
20"	500	50	Dupla camada 2 x manta R-99-E (2 x 25)
24"	600	50	Dupla camada 2 x manta R-99-E (2 x 25)
28"	700	76	Dupla camada 2 x manta R-99-E (2 x 32)
30"	750	76	Dupla camada 2 x manta R-99-E (2 x 32)

Figura 6.13: Catálogo de seleção.

Na Figura 6.14, é apresentada um diagrama com as tubulações dimensionadas.

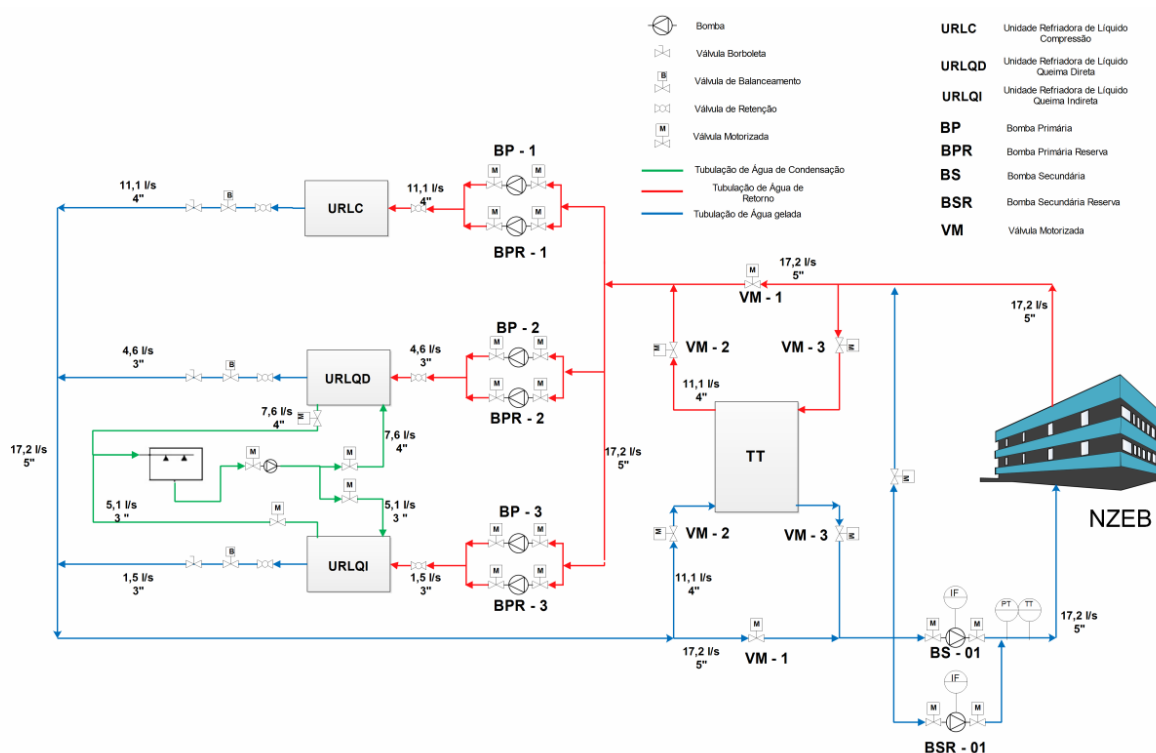


Figura 6.14: Diagrama Tubulações

No anexo 11.7 está apresentada a seleção dos diâmetros das tubulações.

6.11 Válvulas

Para a seleção das válvulas de balanceamento, semelhantemente ao dimensionamento das tubulações, usaremos o software “HyTools”. Essas válvulas serão utilizadas no controle da pressão de saída dos chillers’s, pois como a capacidade térmica destes equipamentos é variada, a vazão e a pressão serão diferentes na entrada do barrilete. As válvulas de balanceamento irão normatizar a pressão de saída e evitarão um possível refluxo.

A válvula de balanceamento selecionada foi a “STAD” da empresa “IMI Hydronic Engineering”. A Figura 6.15 é um exemplo do método de seleção no “HyTools”.



Válvulas	Pd 100% Pd 50%	
	kPa	kPa
STAF 200	< 0,5	1,4
STAF 150	0,9	5,6
STAF 125	1,8	23,1
STAF 100	4,4	40,2
STAF 80	11,1	189,5
STAF 65-2	22,1	127,9
STAD 50	146,2	1161,4

Figura 6.15: Exemplo Seleção Válvula de Balanceamento

As válvulas de controle de fluxo seguiram o mesmo padrão de seleção das válvulas de balanceamento. Foi utilizado o modelo “TA-FUSION-C” da empresa IMI Hydronic Engineering”.



Válvulas	Pd 100% Pd 50%	
	kPa	kPa
TA-FUSION-C 150	1	40,5
TA-FUSION-C 125	2,2	92,1
TA-FUSION-C 100	6,2	267,7
TA-FUSION-C 80	15,9	571,5
TA-FUSION-C 65	38,6	1502,4
TA-FUSION-C 50	146,4	551,5

Figura 6.16: Exemplo Seleção Válvula de Controle de Fluxo

Todas as seleções serão apresentadas nos anexos 11.11 e 11.11.

6.12 Torre de resfriamento

A seleção da torre de resfriamento será feita seguindo a recomendação do catálogo da fabricante Caravela. Parâmetros como temperatura de entrada e de saída da água no condensador, temperatura de bulbo úmido no local e vazão de água são chave para a seleção do equipamento.

O anexo 11.6 apresenta o método de seleção utilizado.

6.13 Sistema de bombeamento

O Sistema de Água Gelada será composto por 2 (dois) circuitos hidráulicos:

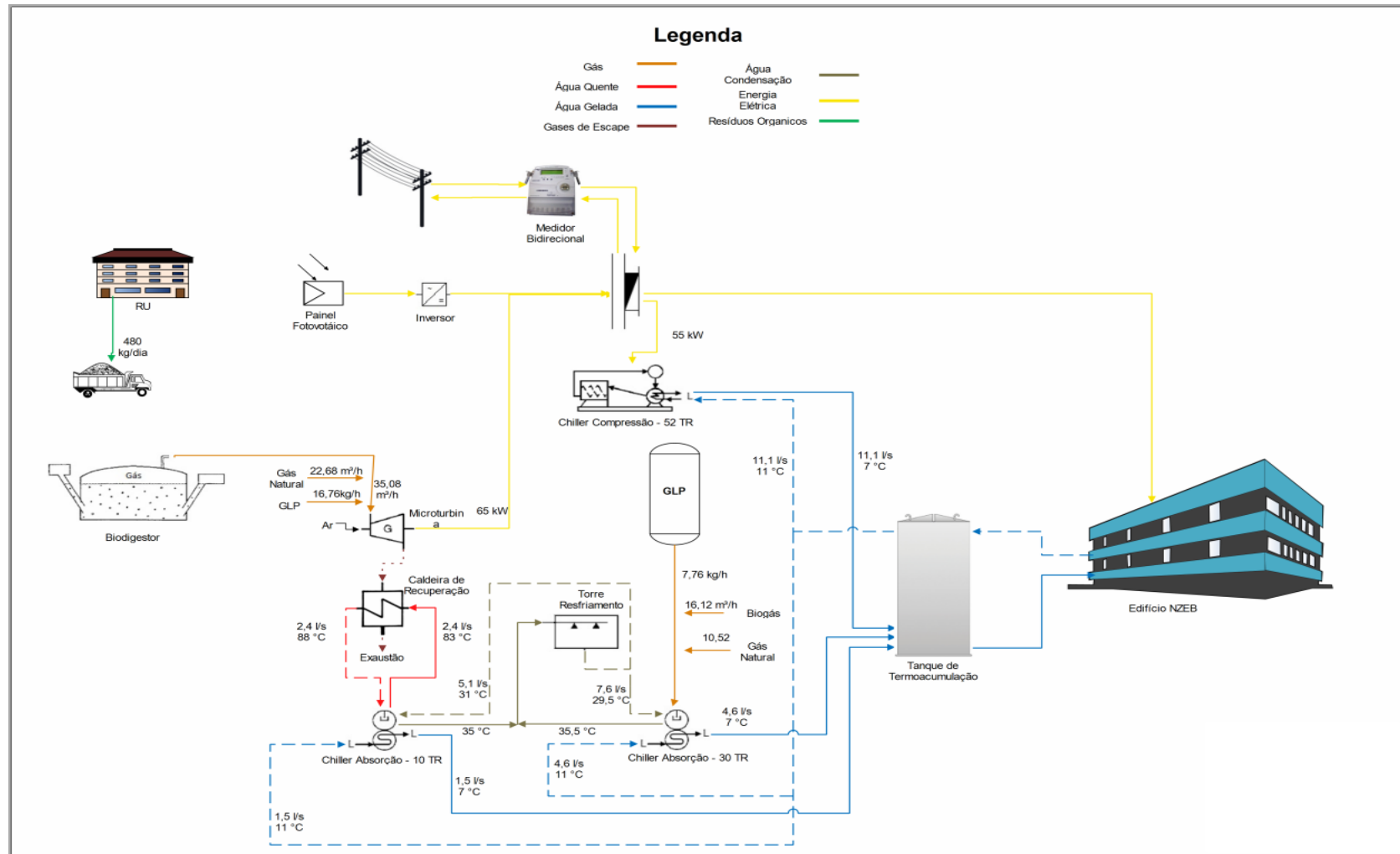
- **Sistema Primário** - Vazão Constante: Interliga as bombas primárias (BP) com as unidades resfriadoras (UR);

- **Sistema Secundário** - Vazão Variável: As bombas secundárias (BS) recirculam a água gelada através dos climatizadores nos prédios.

As Bombas Primárias (BP) recalcam a água através das Unidades Resfriadoras (UR) e as Bombas Secundárias (BAGS) distribuem a água gelada pelas Unidades Climatizadoras. Para uma maior economia de energia, foi prevista a utilização de conversor de frequência nas bombas secundárias (BAGS), os quais deverão ser atuados em função da pressão na rede secundária.

Como o objetivo deste trabalho era o dimensionamento da central de água gelada e não o projeto do sistema de condicionamento de ar, não foi possível determinar as perdas de carga advindas deste processo. Sendo assim, não foi possível realizar a seleção das bombas.

6.14 Sistema Completo



7 OPERAÇÃO

Estuda os modos de operação da central de cogeração.

7.1 Modos de Operação

A demanda térmica do prédio será atendida pela transferência de calor do ar para a água gelada advinda da CAG (central de água gelada) pelos fancoils localizados em diferentes áreas do edifício.

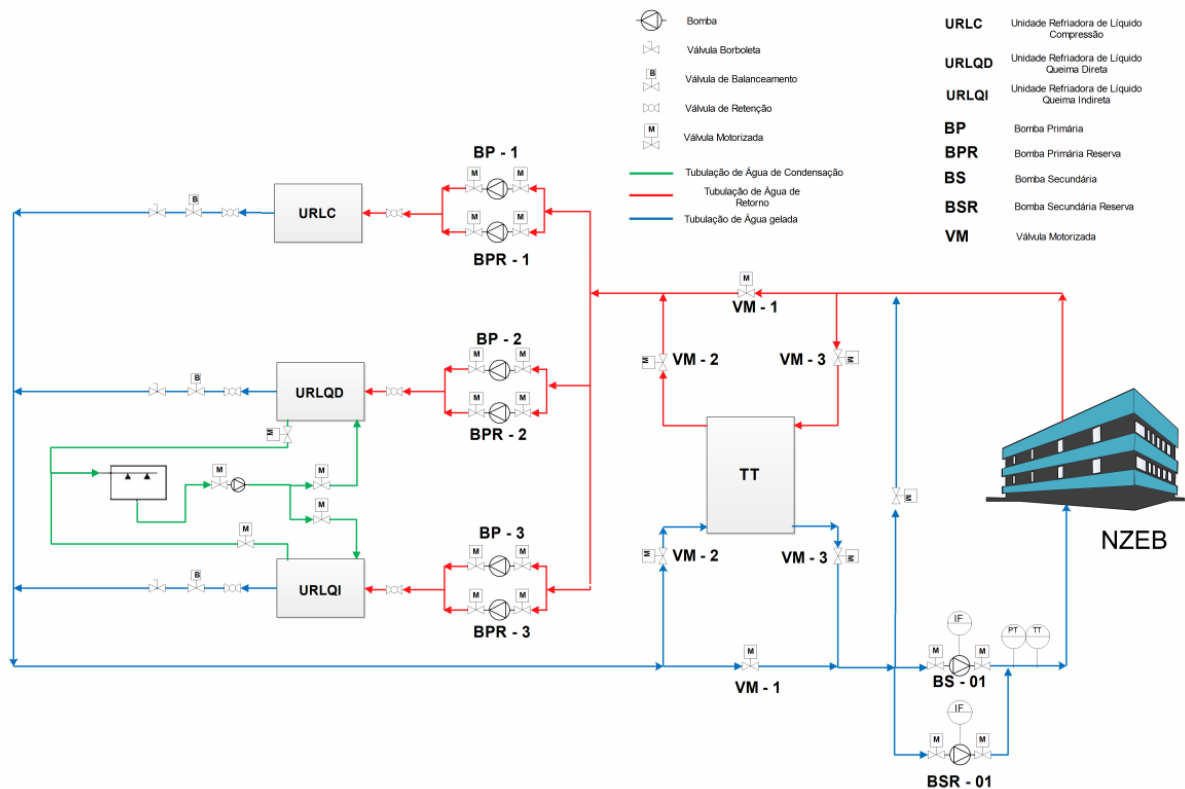


Figura 7.1: Esquema Sistema de Produção de Água Gelada

A CAG pode ser operada de 5 (cinco) maneiras distintas. Cada um desses modos pode ser necessário dependendo da demanda do prédio, necessidade de manutenção e otimização energética.

1. Produção Direta (PD)
2. Termoacumulação (TA)
3. Descarregamento (DT)
4. Produção Direta e Descarregamento (PD+DT)
5. Produção Direta e Termoacumulação (PD+TA)

7.1.1 Produção Direta

No modo de produção direta a central água funcionará de modo convencional. O suprimento da demanda do prédio será realizado unicamente pelas URL's (unidades resfriadoras de líquido). A operação dessas URL's é regulada pelo set point estabelecido previamente e pela lógica de operação implementada de modo a otimizar o consumo energético.

A operação neste modo requer o fechamento das válvulas VM-2 e VM-3 e a abertura das válvulas VM-1 conforme Figura 7.2.

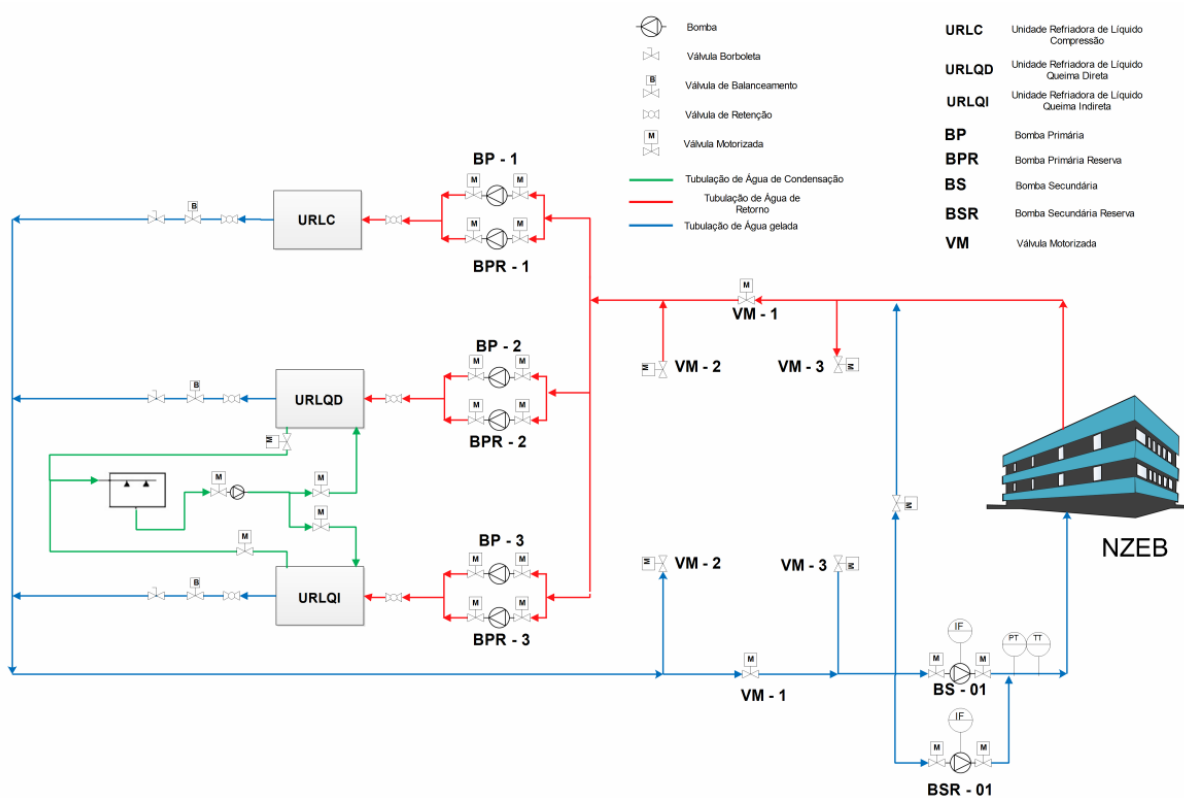


Figura 7.2: Esquema Produção Direta

7.1.2 Termoacumulação

A termoacumulação consiste em estocar água gelada em um tanque e utilizar esse estoque em momentos oportunos. Para isso, é necessário que o sistema fique fechado, ou seja, a água gelada produzida nas URL's entre na parte de baixo dos tanques e água que está localizada na parte de cima do tanque seja bombeada para a linha de água de retorno.

A operação neste modo requer o fechamento das válvulas VM-1 e VM-3 e a abertura das válvulas VM-2 conforme a Figura 7.3.

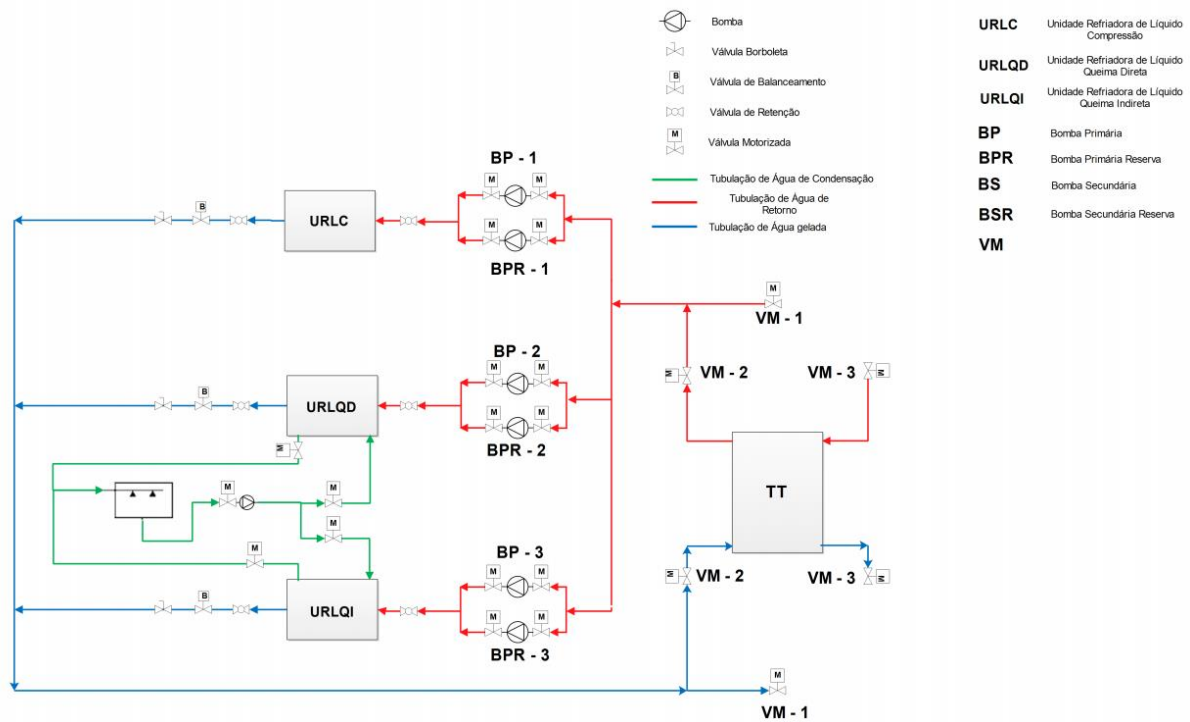


Figura 7.3: Esquema Termoacumulação

7.1.3 Descarregamento

Quando a demanda térmica do prédio for baixa e possa ser atendida somente com a energia térmica armazenada no tanque, podemos utilizar somente o descarregamento, inutilizando as URL's o período.

A operação neste modo requer o fechamento das válvulas VM-1 e VM-2 e a abertura das válvulas VM-3 conforme Figura 7.4.

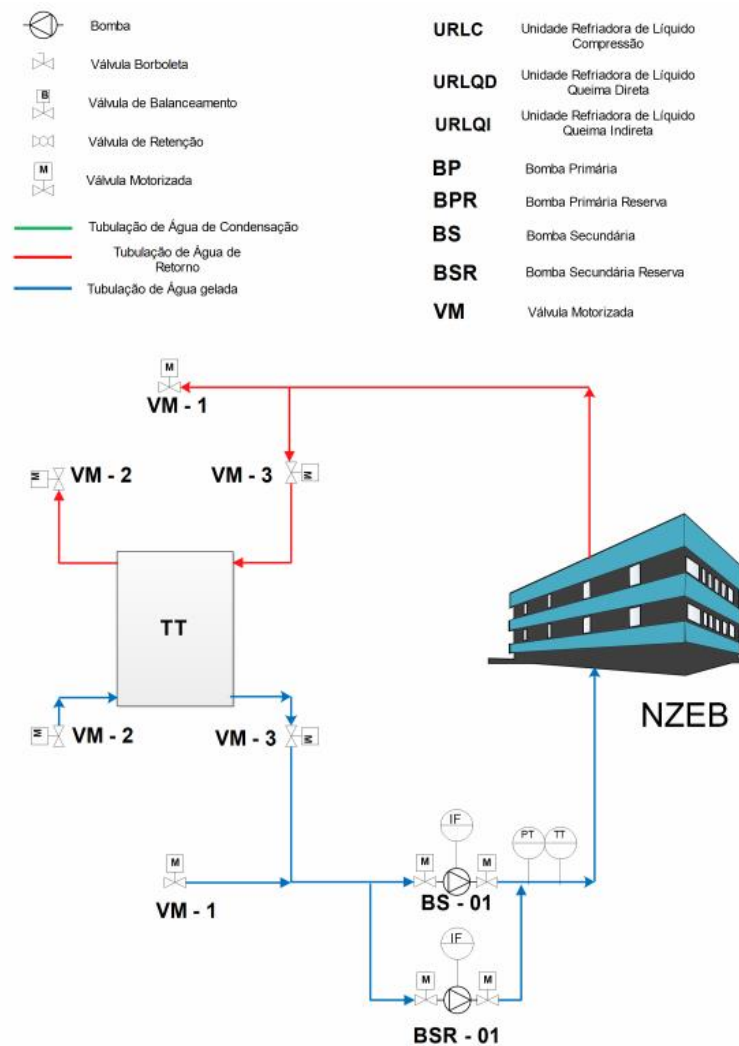


Figura 7.4: Esquema Descarregamento

7.1.4 Produção Direta e Descarregamento

Em casos onde a demanda térmica é maior que a capacidade instalada ou deseja-se diminuir o consumo de energia elétrica em horários de pico, onde a eletricidade é mais cara, a CAG operará em um sistema combinado de produção direta e descarregamento.

A operação neste modo requer o fechamento das válvulas VM-2 e abertura das válvulas VM-1 e VM-3 conforme Figura 7.5.

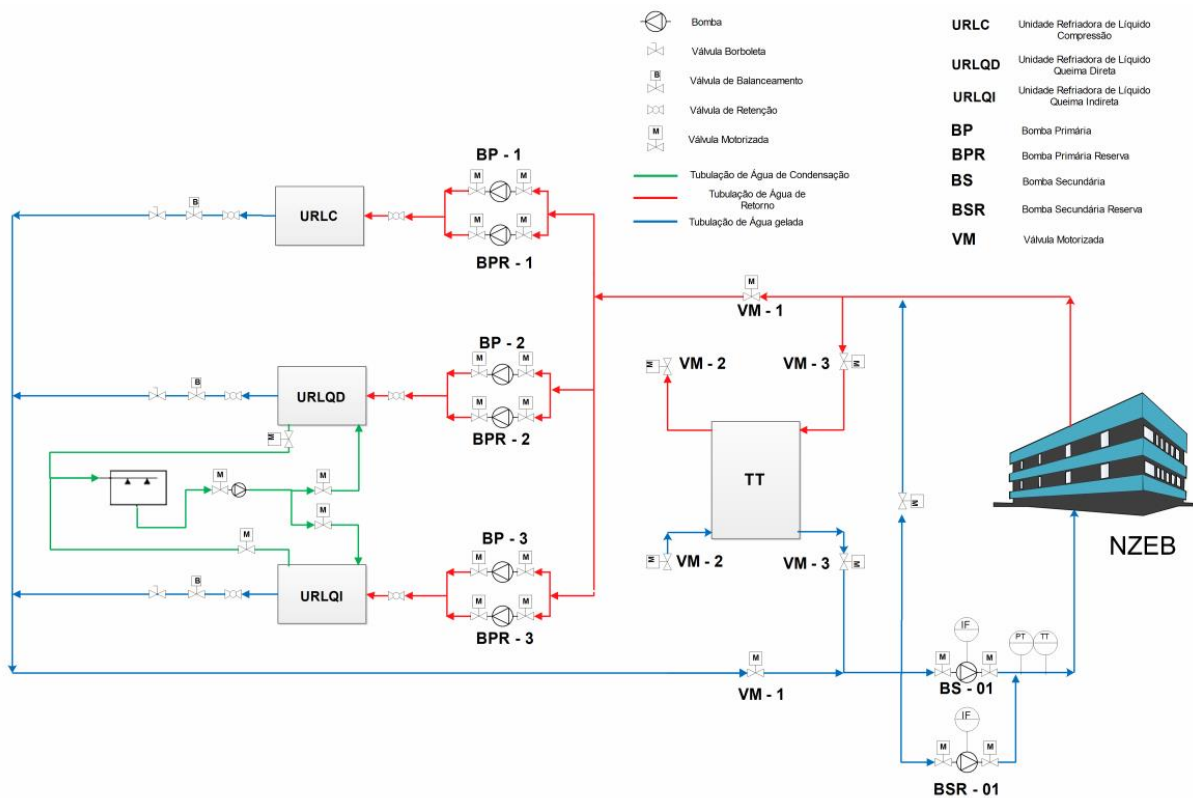


Figura 7.5: Esquema Produção Direta e Descarregamento.

7.1.5 Produção Direta e Carregamento

Ao contrário de modo de produção anterior, enquanto URL's produzem água gelada que vai diretamente para o prédio, parte dessa produção é utilizada para produzir termoacumulação.

A operação neste modo requer o fechamento das válvulas VM-3 e a abertura da válvula VM-1 e VM-2 conforme Figura 7.6.

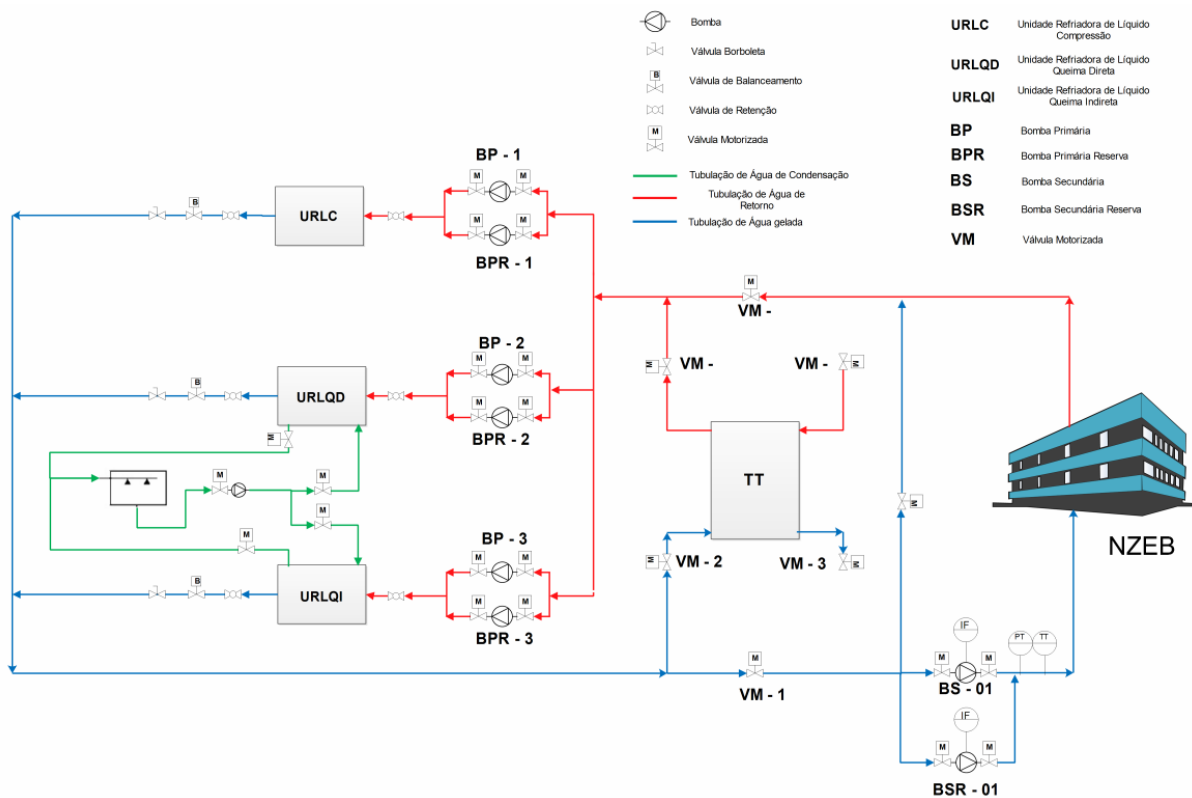


Figura 7.6: Esquema Produção Direta e Carregamento.

7.1.6 Operação das válvulas

A tabela a seguir apresenta o funcionamento das válvulas responsáveis pela coordenação dos modos de produção.

Tabela 7.1: Operação das válvulas

	VM-1	VM-2	VM-3	Chillers
PD	1	0	0	Funcionando
TA	0	1	0	Funcionando
DT	0	0	1	Desligados
PD + DT	1	0	1	Funcionando
PD + TA	1	1	0	Funcionando

0 Fechada 1 Aberta

Observações:

1- O sistema DT (Descarregamento) não será utilizado neste trabalho. O tanque de termoacumulação foi projetado para funcionar na operação PD + DT (Produção e Descarregamento) e ser acionado nos momentos de pico de demanda do prédio.

2 – O período de carregamento será durante a noite, momento em que não é necessário o uso produção direta, e por isso o modo de operação PD + TA (Produção Direta e Carregamento) não será empregado no presente trabalho.

3 - As demais válvulas abrirão e fecharão em função do funcionamento dos chillers e não tem relação direta com os modos de operação.

7.1.7 Funcionamento típico

A menor quantidade de CO₂ foi fator decisivo na elaboração do funcionamento típico da central. A seguir, são apresentados possíveis dias típicos de funcionamento e ao final o que apresentou menor emissão foi escolhido.

Para o cálculo da emissão de CO₂ no chiller de compressão, foi utilizado o método TEWI (Total Equivalent Warming Impact) que representa a soma do impacto direto gerado por um vazamento de fluido refrigerante no sistema e do impacto indireto pelo consumo da energia usada ao longo da vida do equipamento, calculado da seguinte forma.

TEWI = emissão equivalente direta de CO₂ + emissão equivalente indireta de CO₂.

$$Emiss\tilde{a}o\ Direta = C.R.VS.GWP$$

$$Emiss\tilde{a}o\ Indireta = P.O.VS.E_{CO_2, Ele}$$

C: Carga de refrigerante no produto [kg]

R: % carga de refrigerante emitida por ano (reposições / vazamentos)

VS: Vida em serviço - operação do equipamento [anos]

GWP (Global Warming Potential): kg CO₂/kg refrigerante para um horizonte de 100 anos (ASHRAE)

P: Potência do equipamento

O: Horas de operação anual do equipamento

$E_{CO_2, Ele}$: Emissão de CO₂ na geração de eletricidade [kg CO₂ / kWh]

Para o cálculo do TEWI foi considerado um período de emissão (VS) de 1 ano, o tipo de fluido e a quantidade retida no chiller de compressão é o HFC-410A seu GWP é 2000 (REFRIGERATION,2010) e tem 22,8 kg de fluido (C) com um vazamento (R) de 15% ao ano e por fim foi considerado uma emissão de CO₂ por kW gerado de 0,7 ($E_{CO_2, Ele}$). Os outros parâmetros mudam conforme a configuração do sistema.

Para a microturbina, foi considerado, de acordo com fabricante, uma emissão 0,004361 kg/h de CO₂ quando está trabalhando em conjunto com a produção de água quente e para o chiller de absorção de queima direta levou-se em conta que a cada 1 kg de GLP queimado emite 3 kg de CO₂ e sabendo que o chiller consome 7,76 kg por hora então ele irá emitir 23,28 kg/h de CO₂.

7.1.7.1 Configuração 1

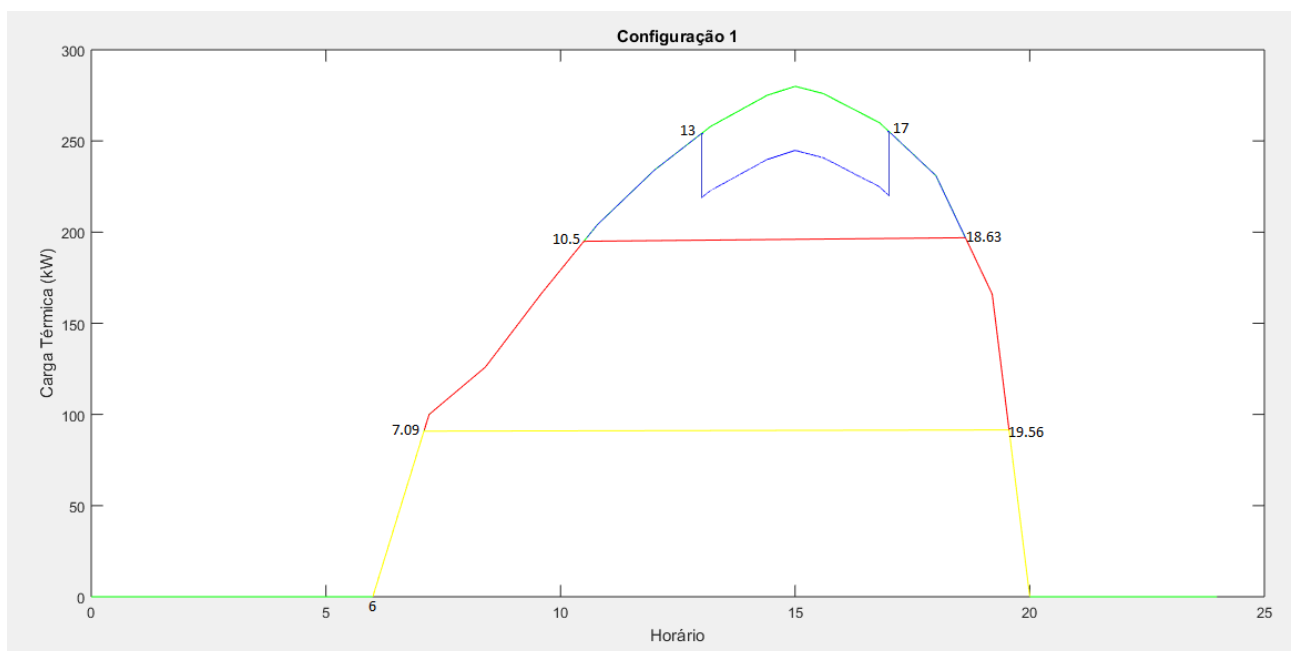


Figura 7.7: Demanda térmica do prédio (Configuração 1)

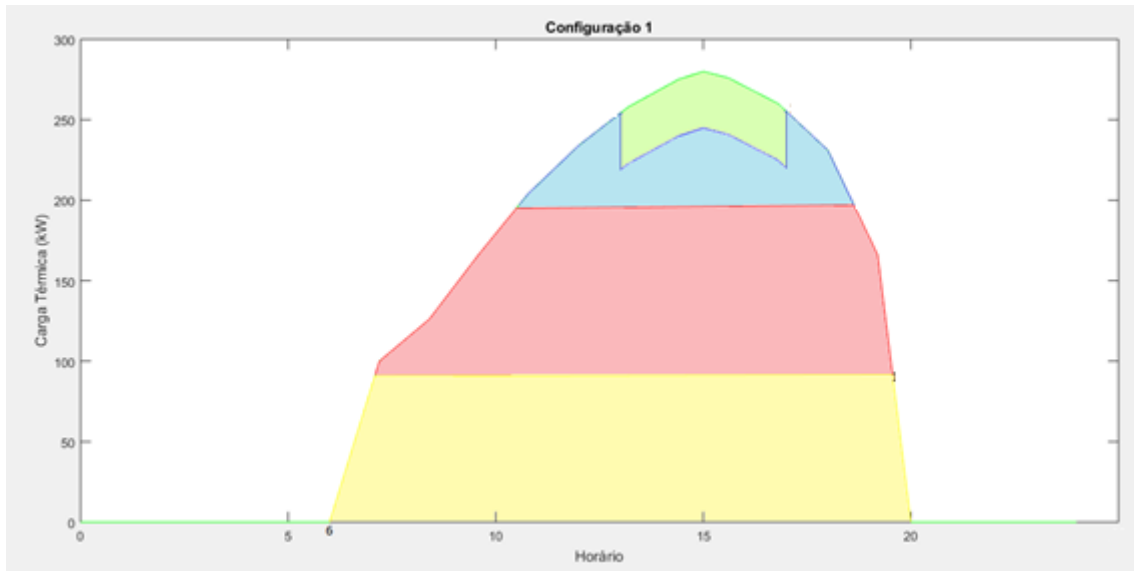


Figura 7.8: Demanda térmica do prédio (Configuração 1)

- No horário das 6:00 às 7:05 horas, ocorre o funcionamento direto, o chiller de compressão funciona com 50% de sua carga buscando uma melhor otimização do COP visto que nessa carga ele é máximo.
- No horário das 7:05 às 10:30 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando em um regime de meia carga juntamente com o chiller de absorção de queima direta.
- No horário das 10:30 às 13:00 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando em um regime de meia carga juntamente com o chiller de absorção de queima direta mais o descarregamento do tanque de termoacumalção.
- No horário das 13:00 às 17:00 horas, ocorre o funcionamento dos chillers de compressão operando em um regime de meia carga juntamente (26 TR) com o chiller de absorção de queima direta (30 TR) e o chiller de absorção de queima indireta (10 TR) mais o descarregamento do tanque de termoacumalção.
- No horário das 17:00 às 18:40 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando em um regime de meia carga juntamente com o chiller de absorção de queima direta mais o descarregamento do tanque de termoacumalção.
- No horário das 18:40 às 19:00 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando em um regime de meia carga juntamente com o chiller de absorção de queima direta.

Tabela 7.2: Dimensionamento do tanque de termoacumulação.

Cálculo Termoacumulação	
Armazenamento (área azul)	281 TRh
Volume do tanque	60,5 m ³
Volume do tanque final	67 m ³
Tempo de Carga	3,03 horas

Nessa configuração temos as seguintes emissões:

Emissão direta equivalente = 6840 kg CO₂/ano

Emissão indireta equivalente = 56777,34 kg CO₂/ano

TEWI = 63617,34 kg CO₂/ano

Chiller Absorção 30 TR = 73156 kg CO₂/ano

Chiller Absorção 10 TR = 4,4 kg CO₂/ano

Emissão total de CO₂ = 130158,5 kg CO₂/ano

7.1.7.2 Configuração 2

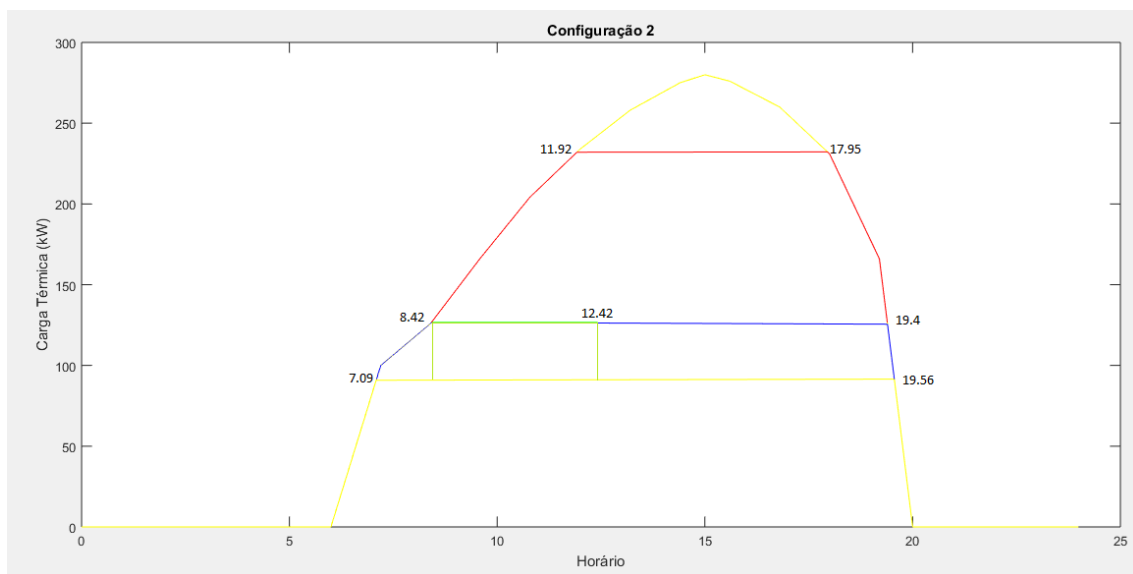


Figura 7.9: Demanda térmica do prédio (Configuração 2)

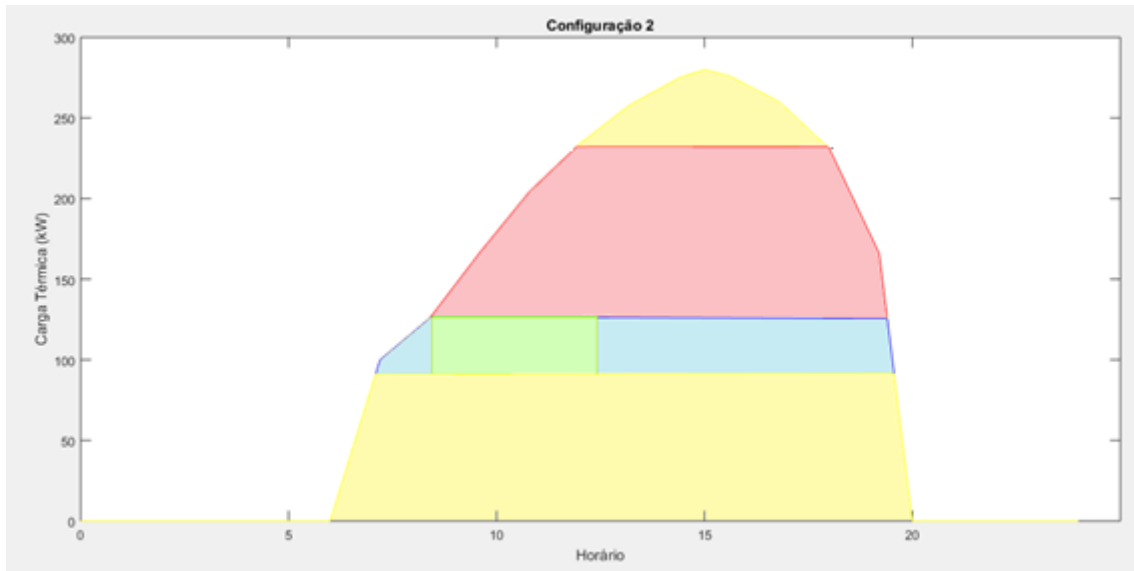


Figura 7.10: Demanda térmica do prédio (Configuração 2)

- No horário das 6:00 às 7:05 horas, ocorre o funcionamento do chiller de compressão com 50% de sua carga buscando uma melhor otimização do COP visto que nessa carga ele é máximo.
- No horário das 7:05 às 08:25 horas, ocorre o funcionamento do chiller de compressão operando em um regime de meia carga e o descarregamento da termoacumulação.
- No horário das 8:25 às 11:55 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando em um regime de meia carga juntamente com o chiller de absorção de queima direta e o chiller de absorção de queima indireta.
- No horário das 11:55 às 12:25 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando em um regime maior que 50% de acordo com a demanda do prédio juntamente com o chiller de absorção de queima direta e o chiller de absorção de queima indireta.
- No horário das 12:25 às 17:57 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando que atinge cerca de 75% no pico juntamente com o chiller de absorção de queima direta mais o descarregamento do tanque de termoacumulação.
- No horário das 17:57 às 19:24 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando em um regime de meia carga juntamente com o chiller de absorção de queima direta mais o descarregamento do tanque de termoacumulação.
- No horário das 19:24 às 19:00 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando em um regime de meia carga mais o descarregamento do tanque de termoacumulação.

Tabela 7.3: Dimensionamento do tanque de termoacumulação.

Cálculo Termoacumulação	
Armazenamento (área azul)	276 TRh
Volume do tanque	59,5 m ³
Volume do tanque final	66 m ³
Tempo para termoacumular	2,98 horas

Nessa configuração temos as seguintes emissões:

Emissão direta equivalente = 6840 kg CO₂/ano

Emissão indireta equivalente = 77778,11 kg CO₂/ano

TEWI = 84618,11 kg CO₂/ano

Chiller Absorção 30 TR = 64414,83 kg CO₂/ano

Chiller Absorção 10 TR = 4,4 kg CO₂/ano

Emissão Total de CO₂ = 143356,8 kg CO₂/ano

7.1.7.3 Configuração 3

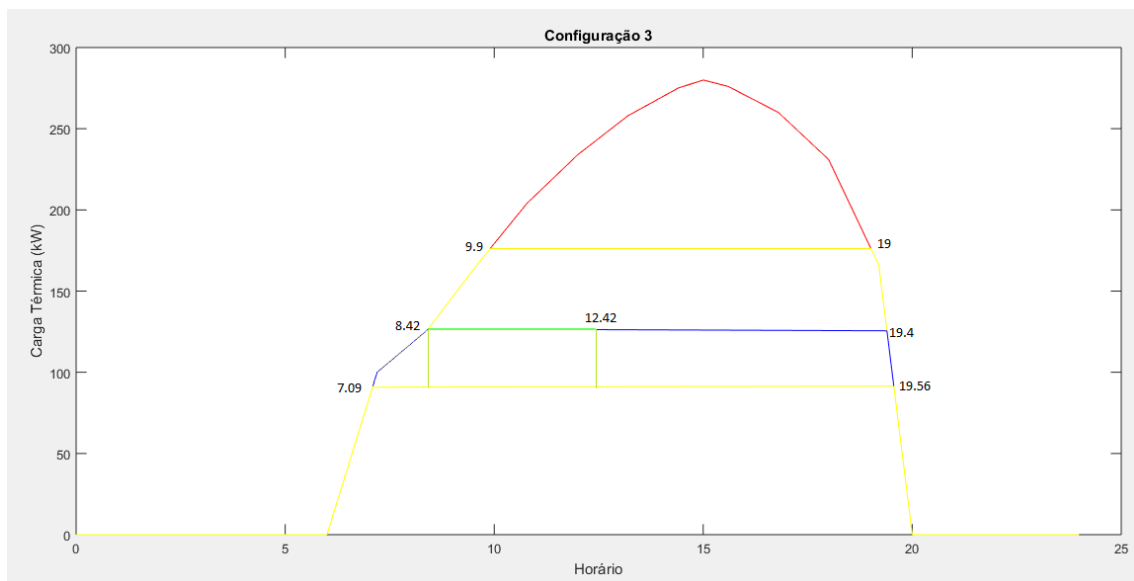


Figura 7.11: Demanda térmica do prédio (Configuração 3)

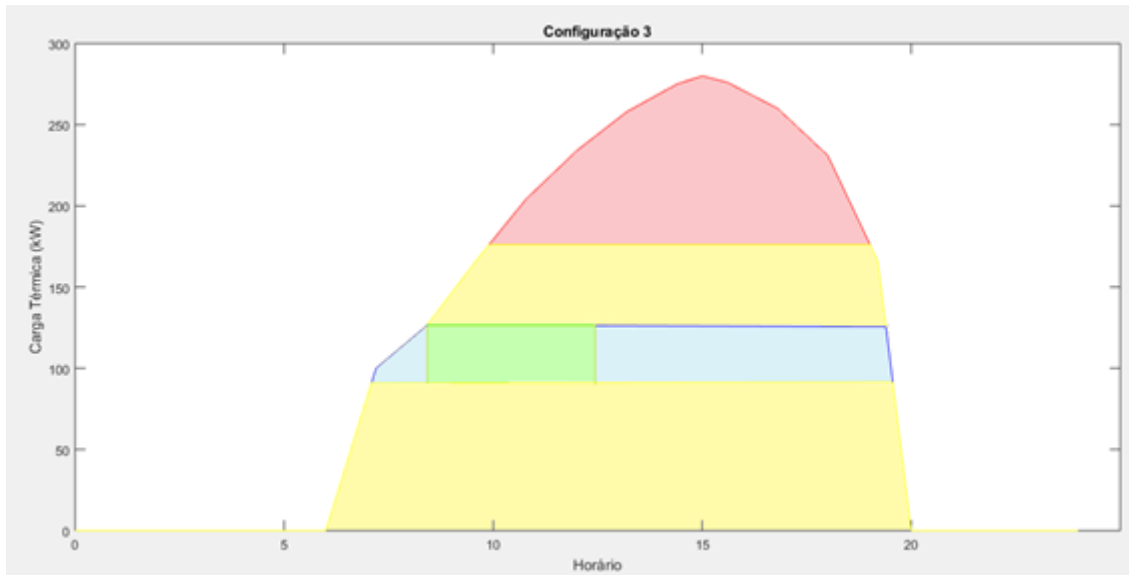


Figura 7.12: Demanda térmica do prédio (Configuração 3)

- No horário das 6:00 às 7:05 horas, ocorre o funcionamento do chiller de compressão com 50% de sua carga buscando uma melhor otimização do COP visto que nessa carga ele é máximo.
- No horário das 7:05 às 08:25 horas, ocorre o funcionamento do chiller de compressão operando em um regime de meia carga e o descarregamento da termoacumulação.
- No horário das 8:25 às 9:54 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando de acordo com a curva de demanda e que atinge cerca de 75% de sua carga total com o chiller de absorção de queima indireta.
- No horário das 9:54 às 12:25 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando em um regime próximo a 75% juntamente com o chiller de absorção de queima direta que muda de acordo com a curva de demanda do edifício e o chiller de absorção de queima indireta.
- No horário das 12:25 às 19:00 horas, ocorre o funcionamento dos chiller de compressão operando a cerca de 75% juntamente com o chiller de absorção de queima direta mais o descarregamento do tanque de termoacumulação.

Tabela 7.4: Dimensionamento do tanque de termoacumulação.

Cálculo Termoacumulação	
Armazenamento (área azul)	276 TRh
Volume do tanque	59,5 m ³
Volume do tanque final	66 m ³
Tempo para termoacumular	2,98 horas

Nessa configuração temos as seguintes emissões:

Emissão direta equivalente = 6840 kg CO₂/ano

Emissão indireta equivalente = 111657,5 kg CO₂/ano

TEWI = 118497,5kg CO₂/ano

Chiller Absorção 30 TR = 53385,7 kg CO₂/ano

Chiller Absorção 10 TR = 4,4 kg CO₂/ano

Emissão total de CO₂ = 168553,6 kg CO₂/ano

7.1.7.4 Escolha da melhor configuração

A melhor configuração escolhida foi a primeira, pois emite menos dióxido de carbono, conforme a tabela a seguir:

Tabela 7.5: Tabela de emissões das diferentes configurações

Configuração	Emissão Total de CO ₂
1	130158,5 kg CO ₂ /ano
2	143356,8 kg CO ₂ /ano
3	168553,6 kg CO ₂ /ano

7.2 Instrumentação e Controle

Para que a CAG funcione de maneira adequada é necessário um controle apurado das condições operacionais do sistema como pressão, temperaturas e vazões. Sensores devem ser alocados nos pontos importantes do sistema e devem exercer variadas ações de controle das condições operacionais.

Na Figura 7.13, é apresentado um diagrama com a indicação das possíveis localizações dos sensores.

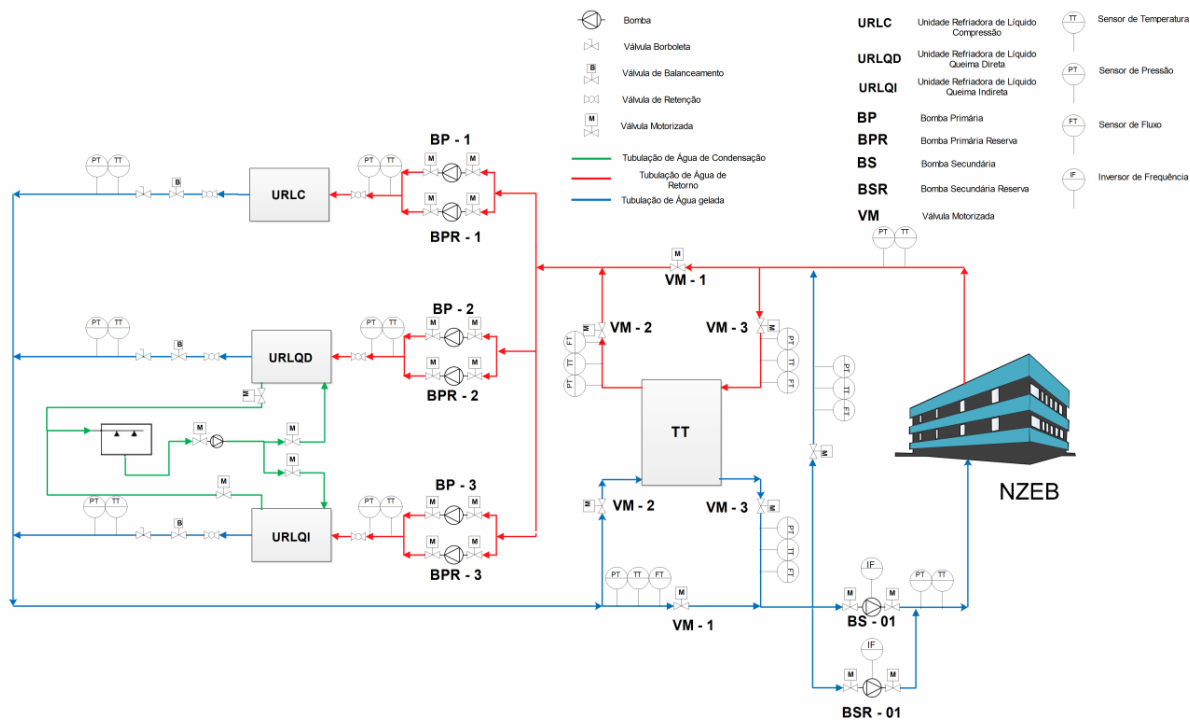


Figura 7.13: Diagrama Sensores

7.2.1 Indicações para o projeto

De maneira similar ao projeto do biodigestor, serão apresentadas algumas indicações para a concepção do sistema de instrumentação e controle da central.

- É necessária a instalação de um sistema supervisório que controlara todas as variáveis do sistema e operara, quando necessário, as válvulas motorizadas do sistema.

- O sistema de automação e controle da CAG Central deverá ser integrado aos sistemas de automação dos sistemas de condicionamento de ar.

- É necessário que o sistema permita duas formas distintas de controle dos equipamentos: automático, para funcionamento direto pelo controlador e manual para operação local, possibilitando testes, regulagens e manutenções;

8 ANÁLISE DE RESULTADOS

O capítulo tem como objetivo apresentar o balanço energético do edifício e mostrar os custos associados.

8.1 Balanço Energético

O modelo de edificação nZEB tem como premissa um balanço energético nulo ou positivo ao final de um período estabelecido.

No presente trabalho o período de análise foi de 1(um) ano e o balanço foi feito com base na definição de Net Zero Site Energy. A seguir será apresentado o balanço energético do edifício nZEB da UnB.

Tabela 8.1: Balanço Energético

Produção			Gasto		
Placas Fotovoltaicas	296814	kWh	Energia Elétrica	143357,5	kWh
Microturbina	62496	kWh	GLP	199429,4	kWh
Total	359310	kWh	Total	342786,9	kWh

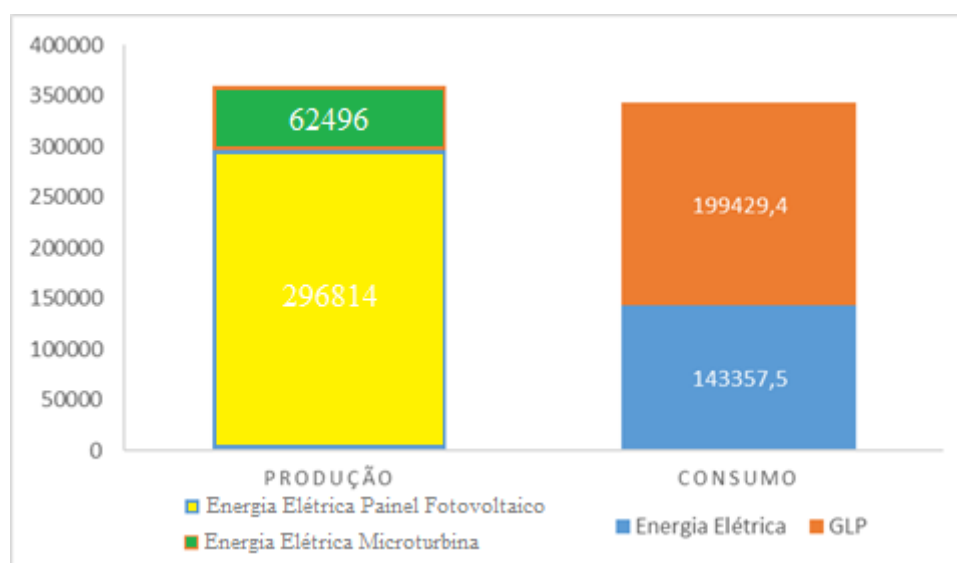


Figura 8.1: Balanço Energético

8.2 Custos

Para estimativa de custo foram utilizados catálogos, consulta em trabalhos acadêmicos e informações advindas de fornecedores.

Tabela 8.2: Custo dos equipamentos e sua respectiva manutenção.

	Custo (R\$)	Manutenção (R\$)	
Chiller de Queima Indireta	13.000,00	14.000,00	
Chiller de Queima Direta	37.000,00	41.460,00	
Chiller de Compressão	78.000,00	145.000,00	
Placas Fotovoltaicas	862.500,00	234.464,00	
Microturbina	65.000,00	10.000,00	
Torre de Resfriamento	20.000,00	35.000,00	
Total	1.075.500,00	479.924,00	1.555.424,00

Os custos relacionados ao consumo de energia elétrica e de GLP foram contabilizados a seguir.

Considerando a tarifa conforme anexo 11.13.

$$Economia\ real = 143357,5 \times 0,4108309 = 58.895,48\ R\$/ano$$

$$Energia\ extra\ injetada\ na\ rede = 296814,00 - 143357,5 = 153.456,5\ kWh$$

O chiller de queima direta consome 199429,4 kWh por ano de GLP e sabe-se que o poder calorífico do GLP é de 11500 kcal/kg que corresponde a 48148,2 kJ/kg (Copagáz, 2015). O consumo anual em kg de GLP se dá a seguir.

$$Consumo\ Anual = \frac{199429,4 \left(\frac{kJ}{s} h\right)}{48148,2 \left(\frac{kJ}{kg}\right)} = 4,142 \left(kg \frac{h}{s}\right) \times 3600 \left(\frac{s}{h}\right) = 14911,2\ kg/ano$$

De acordo com (Sindigás, 2015) o preço da tonelada de GLP a granel é 1780,00 R\$ e considerando um aumento de 40% neste valor para instalação dos gasômetro e manutenção, temos que tonelada GLP = 2492,00 R\$.

$$Custo\ GLP\ por\ ano = 2,492 \times 14911,2 = 37.158,71\ R\$\$$

9 CONCLUSÃO E PASSOS FUTUROS

Neste projeto de graduação foi realizada uma revisão bibliográfica ampla acerca métodos de geração e cogeração e sua relevância no contexto atual servindo como base para o presente trabalho.

No decorrer da análise feita, percebeu-se a viabilidade energética da inserção de um sistema cogenerativo no prédio piloto nZEB da Universidade de Brasília que traz benefícios energéticos, econômicos e ambientais para a edificação.

Um projeto da central de cogeração contendo variadas tecnologias de refrigeração, um biodigestor, uma microturbina, placas fotovoltaicas, diferentes chillers e termoacumulação foi apresentado e seus respectivos componentes foram projetados ou selecionados. O chiller de queima direta emite mais CO₂ que o chiller de compressão, mas a escolha por preservar esse equipamento na central é devido a possibilidade de estudar as mais variadas tecnologias e uma possível inserção de biogás no equipamento.

A central de cogeração é composta por um chiller de compressão, de absorção de queima direta e indireta sendo capaz de produzir em carga plena 92 TR suprimindo a demanda do prédio de 80,1 TR. O balanço energético foi feito utilizando a definição de Net Zero Site Energy, e com isso obtivemos um consumo total do edifício de aproximadamente 342787 kWh e uma produção de energia de 359310 kWh supridas pela microturbina e painéis fotovoltaicos.

Conclui-se do projeto de graduação a importância do desenvolvimento de novas formas de se projetar uma edificação, formas essas que buscam a sinergia de vários fatores como custos, consumo térmico e energético, soluções passivas, reutilização de recursos entre outros.

Apesar das dificuldades empreendidas para a construção deste Projeto de Graduação, ele foi de suma importância para sedimentar importantes conceitos relacionados à Engenharia Mecânica, sobretudo no que tange aos conceitos de transferência de calor, tubulações industriais e instalações termomecânicas.

Sugere-se que, no futuro, o projeto detalhado do Biodigestor e da automação do sistema seja realizado.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril.** [Online] [Citado em: 10 de Agosto de 2015.] http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/casa/conteudo_349011.shtml.
- . [Online] [Citado em: 08 de Agosto de 2015.] <http://veja.abril.com.br/noticia/economia/ar-condicionado-vira-novo-vilao-para-consumo-de-energia/>.
- Ambiente Gelado.** [Online] [Citado em: 10 de Agosto de 2015.] <http://www.ambientegegado.com.br/v40//instala-a-manuten-mainmenu-49/724-a-importancia-das-edificacoes-nzeb-no-perfil-de-consumo-energetico.html>.
- Andiappan, V., Ng, D. K. S. e Bandyopadhyay, S. 2014.** Synthesys of biomass-based trigenerations system with uncertainties. *ACS*. 2014.
- Ascensão, Jorge Moreira Santos. 2011.** *Avaliação do potencial energético e económico de uma unidade de*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2011.
- ASHRAE . 2005.** *ASHRAE Handbook-Fundamentals*. 2005.
- Ayer, Flavia. 2014.** Ciência e Saúde. *Correio Braziliense*. [Online] 27 de 05 de 2014. [Citado em: 31 de 05 de 2016.] http://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2014/05/27/interna_ciencia_saude,429487/iniciativa-transforma-restos-organicos-em-combustivel-e-fertilizante.shtml.
- Barja, Gabriel de Jesus Azevedo. 2006.** *A cogeração e sua inserção no sistema elétrico*. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília. Brasília : s.n., 2006.
- Bazzo, E., Carvalho, A. N. e Matelli, J. A. 2013.** Experimental results and thermodynamic analysis of a natural gas small scale cogeneration plant for power and refrigeration purposes. *Elsevier*. 2013.
- Bereche, Reynaldo Palacios. 2007.** *Avaliação de sistemas de refrigeração por absorção H2O/LiBr e sua possibilidade de inserção no setor terciário utilizando gás natural*. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. 2007.
- biogaspartner.** <http://www.biogaspartner.de/>. *biogaspartner*. [Online] [Citado em: 06 de 06 de 2016.] <http://www.biogaspartner.de/index.php?id=10104>.
- Birck, Márcia. 2014.** *Apresentação do projeto arquitetônico de edificação experimental nZEB para UnB*. Universidade de Brasília. Brasília : s.n., 2014.
- CAESB. 2015.** CAESB. [Online] 10 de novembro de 2015. <http://www.caesb.df.gov.br/esgoto/conheca-as-unidades.html>.
- Carneiro, Cláudia, et al. 2010.** DIAGNÓSTICOS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PRODUZIDOS NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFRN. *ENEGEP*. 2010.
- casaeimoveis.uol.** casaeimoveis.uol. [Online] [Citado em: 08 de abril de 2016.] <http://casaeimoveis.uol.com.br/tire-suas-duvidas/arquitetura/como-funciona-o-sistema-de-energia-solar-com-placas-fotovoltaicas.jhtm>.
- CEEETA.** *Tecnologias de Micro-Geração*.
- CEFETSC.** [Online] [Citado em: 10 de 06 de 2016.] <http://www.sj.cefetsc.edu.br>.
- Century Cooling Tower. 2014.** [Online] 2014. [Citado em: 04 de Novembro de 2015.] <http://www.centurycoolingtower.com/images/product/counterFlow-type.gif>.
- Chua, K. J., et al. 2011.** Integrate renewable energy technologies to support building trigeneration - A multi-criteria analysis. *Elsevier*. 2011.
- Clarke Energy. 2015.** [Online] 2015. [Citado em: 23 de Agosto de 2015.] <https://www.clarke-energy.com/2015/kanodia-technoplast-haryana/>.
- Clausse, M., Alam, K. C. A. e Meunier, F. 2008.** Residential air conditioning and heating by means of enhanced solar collectors coupled to an adsorption system. *Elsevier*. 2008.
- Coffield, Brian. 2015.** *Brock Environmental Center: Virginia Beach, Va*. 2015.
- COGEN.** [Online] [Citado em: 05 de Agosto de 2015.] http://www.cogen.com.br/cog_conceito.asp.

Colombo, Professor Fabrício. [Online] [Citado em: 09 de Agosto de 2015.] <http://f1colombo-geografando.blogspot.com.br/2013/06/8a-energia-no-mundo.html>.

Copagáz. 2015. http://www.copagaz.com.br/representantes/o_que_e_glp.asp.
http://www.copagaz.com.br/representantes/o_que_e_glp.asp. [Online] 2015. [Citado em: 19 de 04 de 2016.]

Cortinovis, Giorgia Francine e Song, Tah Wun. hottopos. [Online] [Citado em: 04 de Novembro de 2015.] <http://hottopos.com/regeq14/giorgia.pdf>.

Cristaldo, Mácia Ferreira e Ortega, Jeferson Meneguim. *Análise econômico-financeira da utilização do gás natural em sistemas de co-geração aplicados a instalações prediais comerciais e residenciais*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Demec UFPR. 2015. [Online] 2015. [Citado em: 6 de 09 de 2015.] http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM182/CLIMATIZACAO/apostila/8_TERMOACUMULACAO.pdf.

Diário de Notícias. [Online] [Citado em: 13 de Agosto de 2015.] <http://www.dn.pt/arquivo/2008/interior/edificio-poupa-energia-em-vez-de-a-gastar-994410.html>.

Duarte, Ricardo Alexandre Felipe. 2014. *Reabilitação de Edifícios com Novas Tendências NZEB – Caso De Estudo – Edifício de Serviços em Setúbal*. Departamento de Engenharia Civil, INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA. 2014.

e|a. [Online] e|a engenharia arquitetura. [Citado em: 08 de Agosto de 2015.] <http://www.engenhariaarquitectura.com.br/noticias/573/Edificios-Zero-Energia.aspx>.

—. **2013.** [Online] e|a engenharia arquitetura, 2013. [Citado em: 23 de Agosto de 2015.] <http://www.engenhariaarquitectura.com.br/noticias/997/Ar-condicionado-por-adsorcao.aspx>.

ECOInteligência. [Online] [Citado em: 08 de Agosto de 2015.] <http://www.ecointeligencia.com/2013/05/arquitectura-ecologica-ejemplos-6/#lightbox/4/>.

Edifícios e Energia. [Online] [Citado em: 08 de Agosto de 2015.] <http://www.edificioseenergia.pt/pt/a-revista/artigo/europa-3>.

El-Mashad, Hamed e Zang, Ruihong. 2010. Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. *ELSEVIER*. 2010.

Empresas Tuma. [Online] [Citado em: 06 de Setembro de 2015.] http://www.empresastuma.com.br/tumainstalacoes/produtos/index_serv5_4.php.

Energia pura. 2015. Energia pura. [Online] 2015. [Citado em: 10 de novembro de 2015.] <https://www.energiapura.com/content/painel-fotovoltaico-mitsubishi-255w>.

EnergiasRenováveis. 2016. EnergiasRenováveis. *EnergiasRenováveis*. [Online] 2016. [Citado em: 15 de abril de 2016.] http://energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID_conteudo=65&ID_area=2&ID_sub_area=2.

Exame. [Online] Exame Abril. [Citado em: 10 de Agosto de 2015.] <http://exame.abril.com.br/mundo/noticias/predios-energia-zero-sao-o-futuro-da-arquitetura-afirma-especialista>.

Fábio Ferraz. 2008. Wordpress. [Online] 2008. [Citado em: 04 de Novembro de 2015.] <https://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2008/08/torres-de-resfriamento2.pdf>.

Gasmig. 2015. Gasmig. [Online] 10 de novembro de 2015. <http://www.gasmig.com.br/Tarifa/Tarifa.aspx>.

Globo. [Online] [Citado em: 10 de Agosto de 2015.] <http://g1.globo.com/Noticias/Vestibular/0,,MUL919738-5604,00-USP+TERA+PRIMEIRO+PREDIO+AMBIENTALMENTE+SUSTENTAVEL.html>.

Gomes, Christian Marquezini. 2001. *Análise termodinâmica, exérgica e termoeconômica de uma instalação trmelétrica em ciclo combinado, com cogeração a vapor*. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas : s.n., 2001.

- Green Office. 2015.** [Online] 2015. [Citado em: 22 de Agosto de 2015.] http://www.green-office.fr/sites/default/files/styles/general-presentation/public/media/general%20presentation/greenoffice-meudon-presentation-generale-slide.jpg?itok=s_BrwPa_.
- Guia Casa Eficiente. 2014.** [Online] 2014. [Citado em: 20 de Agosto de 2015.] <http://www.guiacasaeficiente.com/EEZ/Portugal-Brasil.html>.
- Ho, J. C., Chua, K. J. e Chou, S. K. 2003.** Performance study of a microturbine system for cogeneration application. *Elsevier*. 2003.
- INEE. 2014.** [Online] Instituto Nacional da Eficiência Energética, 2014. [Citado em: 23 de Agosto de 2015.] http://www.inee.org.br/forum_co_geracao.asp.
- Infra. 2012.** 05 de 09 de 2012, Revista Infra. <http://www.revistainfra.com.br/portal/imprime.asp?secao=3&codigo=12966&edicao=Edi%20C3%A7%C3%A3o%20146>.
- Instituto de Engenharia. [Online]** [Citado em: 10 de Agosto de 2015.] http://www.institutodeengenharia.org.br/site/noticias/exibe/id_sessao/4/id_noticia/1196/USP-construir%20A1-pr%20A9dio-sustent%20A1vel.
- ITeCons. [Online]** [Citado em: 10 de Agosto de 2015.] <http://www.itecons.uc.pt/index.php?module=inst&id=7>.
- Jradi, M. e Riffat, S. 2013.** Tri-generation systems: Energy policies, prime movers, cooling technologies, configurations and operation strategies. *Elsevier*. 2013.
- Júnior, Sílvio de Oliveira, et al. 2004.** *Sistema de refrigeração por absorção*. Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo : s.n., 2004.
- Khan, M. Z. I., et al. 2006.** Study on solar/waste heat driven multi-bed adsorption chiller with mass recovery. *Elsevier*. 2006.
- Kobayarawa, Fábio Akio. 2011.** *Eficiência energética em ar condicionado e refrigeração através da aplicação da*. Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá. Guaratinguetá : s.n., 2011.
- LabEEE. 2009.** *Apostila do Curso Básico do Programa EnergyPlus*. Florianópolis : s.n., 2009.
- Lebuhn, M., Bauer, C. e Gronauer, A. 2008.** Probleme der Biogasproduktion aus nachwachsenden Rohstoffen im Langzeitbetrieb und molekularbiologische Analytik. *VDLUFA-Schriftenreihe*. 2008.
- Macedo, Ney Guilherme Leal de. 2007.** *Avaliação econômica da substituição de um chiller de compressão por um chiller de absorção alimentado por coletores solares com base em medições em um prédio da CHESF em Recife*. Recife : s.n., 2007.
- Maidment, G. G. e Tozer, R. M. 2001.** Combined cooling heat and power in supermarkets. *Pergamon*. 2001.
- Malagueta, D. C., Szklo, A. S. e Dutra, R. M. 2014.** *Análise paramétrica de uma planta CSP-ISCO de trieração para um hospital em Bom Jesus da Lapa*. UFRJ. Rio de Janeiro : s.n., 2014.
- Mari Eletric. 2015.** [Online] 2015. [Citado em: 20 de Agosto de 2015.] <http://marieletric.com.br/2015/01/11/matriz-eletrica-brasileira-e-as-bandeiras-tarifarias/>.
- Medice. 2014.** [Online] 2014. [Citado em: 23 de Agosto de 2015.] https://www.medice.de/unternehmen/standort-iserlohn/g04-medice-aktuelle-luftaufnahme-2014.jpg/image_gallery.
- Neosolar. Neosolar. [Online]** [Citado em: 08 de Abril de 2016.] <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>.
- Neubarth, J. e Kaltschmitt, M. 2000.** *Regenerative Energien in Österreich*. Viena : s.n., 2000.

Nicholls, Richard. 2007. *The Green Building Bible*. 3ª. London : s.n., 2007, Vol. 2, p. 177.

Oak Ridge National Laboratory. 2015. [Online] 2015. [Citado em: 10 de novembro de 2015.]
http://cta.ornl.gov/bedb/appendix_a/Lower_and_Higher_Heating_Values_of_Gas_Liquid_and_Solid_Fuels.pdf.

Ochoa, A. A. V., et al. 2014. Energetic and exergetic study of a 10RT absorption chiller integrated into a microgeneration system. *Elsevier*. 2014.

OECD. 2015. OECD. [Online] 10 de novembro de 2015.
<http://www.oeco.org.br/reportagens/20354-energia-produzida-a-partir-do-esgoto/>.

Ozturk, M. e Dincer, I. 2013. Thermodynamic assessment of an integrated solar power tower coal gasification system for multi-generation purposes. *Elsevier*. 2013.

Pacheco, Miguel Teixeira Gomes, Ghis, Eneide e Lamberts, i Roberto. 2013. *Proposição de estratégias para obtenção de Edifícios de Energia Zero*. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis : s.n., 2013.

Palomino, Raúl Gonzales. 2004. *Cogeração a partir de gás natural: Uma abordagem política, econômica, energética, exergética e termoeconômica*. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas : s.n., 2004.

Paulo Bruna. 2015. [Online] 2015. [Citado em: 23 de Agosto de 2015.] <http://www.paulo-bruna.com.br/>.

Peabody. 2015. [Online] 2015. [Citado em: 22 de Agosto de 2015.]
<http://www.peabody.org.uk/media/1084/bedzed-exterior.jpg>.

Pensamento Verde. [Online] [Citado em: 08 de Agosto de 2015.]
<http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/relacao-entre-revolucao-ambiental-e-meio-ambiente/>.

Pinto, Geraldo Sousa Pithon. 2014. *Proposta de edificação experimental com balanço energético nulo para a Universidade de Brasília*. Universidade de Brasília. Brasília : s.n., 2014.

Plareng. 2011. [Online] 2011. [Citado em: 06 de Setembro de 2015.]
http://www.plareng.com.br/wp-content/plugins/portfolio-slideshow-pro/inc/timthumb.php?w=980&h=435&zc=3&q=95&src=/wp-content/uploads/2011/10/Mercedes_011.jpg.

Pontes, André Brito e Maricato, Bruno Rúben. 2013. *Estudo da viabilidade econômica da implementação de uma microturbina*. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra. Coimbra : s.n., 2013.

Portal e Educação. [Online] [Citado em: 08 de Agosto de 2015.]
<http://www.portaleducacao.com.br/biologia/artigos/49543/o-meio-ambiente-nos-dias-de-hoje#ixzz3jy1hLwoT>.

Portal Energia . 2009. Portal Energia . [Online] 2009. [Citado em: 20 de Abril de 2016.]
<http://www.portal-energia.com/teoria-funcionamento-energia-solar-fotovoltaic/>.

PROBIOGÁS. 2010. *Guia Prático Biogás*. s.l. : Projeto Brasil Alemanha de Fomento ao Aproveitamento Energético do Biogás, 2010.

Protocolo de Kyoto. [Online] [Citado em: 08 de Agosto de 2015.] <http://protocolo-de-kyoto.info/conferencias-sobre-meio-ambiente.html>.

Rio Renovavel. [Online] [Citado em: 08 de Agosto de 2015.]
<http://riorenovavel.com/efficient-design/efficient-air-conditioning>.

Rocha, M. S., Andreos, R. e Simões-Moreira, J. R. 2011. Performance tests of two small trigeneration pilot plants. *Elsevier*. 2011.

SAC. [Online] SAC - Sistemas de Ar Condicionado. [Citado em: 06 de Agosto de 2015.]
<http://www.sistemasdearcondicionado.com.br/2008/11/sistemas-de-termoacumulao.html>.

Saha, Bidyut B., et al. 2005. Study on a dual-mode, multi-stage, multi-bed regenerative adsorption chiller. *Elsevier*. 2005.

Santo, Denilson Boschiero do Espírito. 1997. *Possibilidades de Conservação de Energia e Estudos de Caso de Cogeração no Hospital de Clínicas da UniCamp.* Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas : s.n., 1997.

Sapa. 2016. Sapa. [Online] 2016. [Citado em: 08 de abril de 2016.] <http://www.sapa-solar.com/portugal/fotovoltaicas/Como-funciona-uma-celula-fotovoltaica.html>.

Shu, G., et al. 2013. A review of waste heat recovery on two-stroke IC engine aboard ships. *Elsevier*. 2013.

Sindigás. 2015. Sindigás. *Sindigás*. [Online] 1 de 1 de 2015. <http://oglobo.globo.com/economia/petroleo-e-energia/petrobras-aumenta-preco-do-glp-para-comercio-industria-em-11-17592765>.

Sua Pesquisa. [Online] [Citado em: 08 de Agosto de 2015.] http://www.suapesquisa.com/geografia/aquecimento_global.htm.

Tavares, Francisco Mousinho Latino. 2013. *Metodologia para edifícios de balanço energético nulo.* Universidade Nova de Lisboa. Lisboa : s.n., 2013. http://run.unl.pt/bitstream/10362/11461/1/Tavares_2013.pdf.

Teixeira, Hugo de Paula Franco. 2015. *Proposta de um Edifício de Caráter Experimental Segundo o Conceito nZEB para a Universidade de Brasília.* Universidade de Brasília. Brasília : s.n., 2015.

Termoacumulação Estratificada. Allenge . Allenge Refrigeração Industrial.

Trane. 2015. [Online] 2015. [Citado em: 10 de novembro de 2015.] <https://www.trane.com/commercial/uploads/pdf/865/ctv-trt-001-en.pdf>.

Tribuna do Planalto. [Online] [Citado em: 08 de Agosto de 2015.] http://tribunadoplanalto.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13981:principais-conferencias-ambientais-do-mundo&catid=64:comunidades&Itemid=6.

Tse, L. K. C., et al. 2010. Solid oxide fuel cell/gas turbine trigeneration system for marine application. *Elsevier*. 2010.

UFPR. [Online] [Citado em: 06 de Setembro de 2015.] http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM182/CLIMATIZACAO/apostila/8_TERMOACUMULACAO.pdf.

UNB, RU. 2013. <http://www.ru.unb.br/informacoes-gerais>. *Informações gerais sobre o RU - 2013.* [Online] 31 de 12 de 2013. [Citado em: 14 de 06 de 2016.]

UniCamp. [Online] [Citado em: 26 de Outubro de 2015.] http://www.fem.unicamp.br/~franklin/ES672/pdf/turbina_gas.pdf.

UOL. [Online] [Citado em: 08 de Agosto de 2015.] <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/desenvolvimento-sustentavel-3-conferencias-da-onu.htm>.

Weiland, P. 2000. Stand und Perspektiven der Biogasnutzung und -erzeugung in Deutschland. *Energetische Nutzung von Biogas*. 2000.

Wikipédia. 2014. [Online] 2014. [Citado em: 04 de Novembro de 2015.] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Crossflow_diagram.PNG.

Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. **NREL National Renewable Energy Laboratory. 2006.** California : s.n., 2006.

11 ANEXOS

11.1 Chiller de absorção WFC-SC 10



WFC-SC 10 & -SH 10

Specifications:

Water Fired Chiller absorption type with H₂O/LiBr

System functionality provides cooling

Heating with an automatic change over control mode (SH model only)

Utilizing Hot Water



Model	Production
WFC-SC10	Chilled Water
WFC-SH10	Chilled & Heating Water

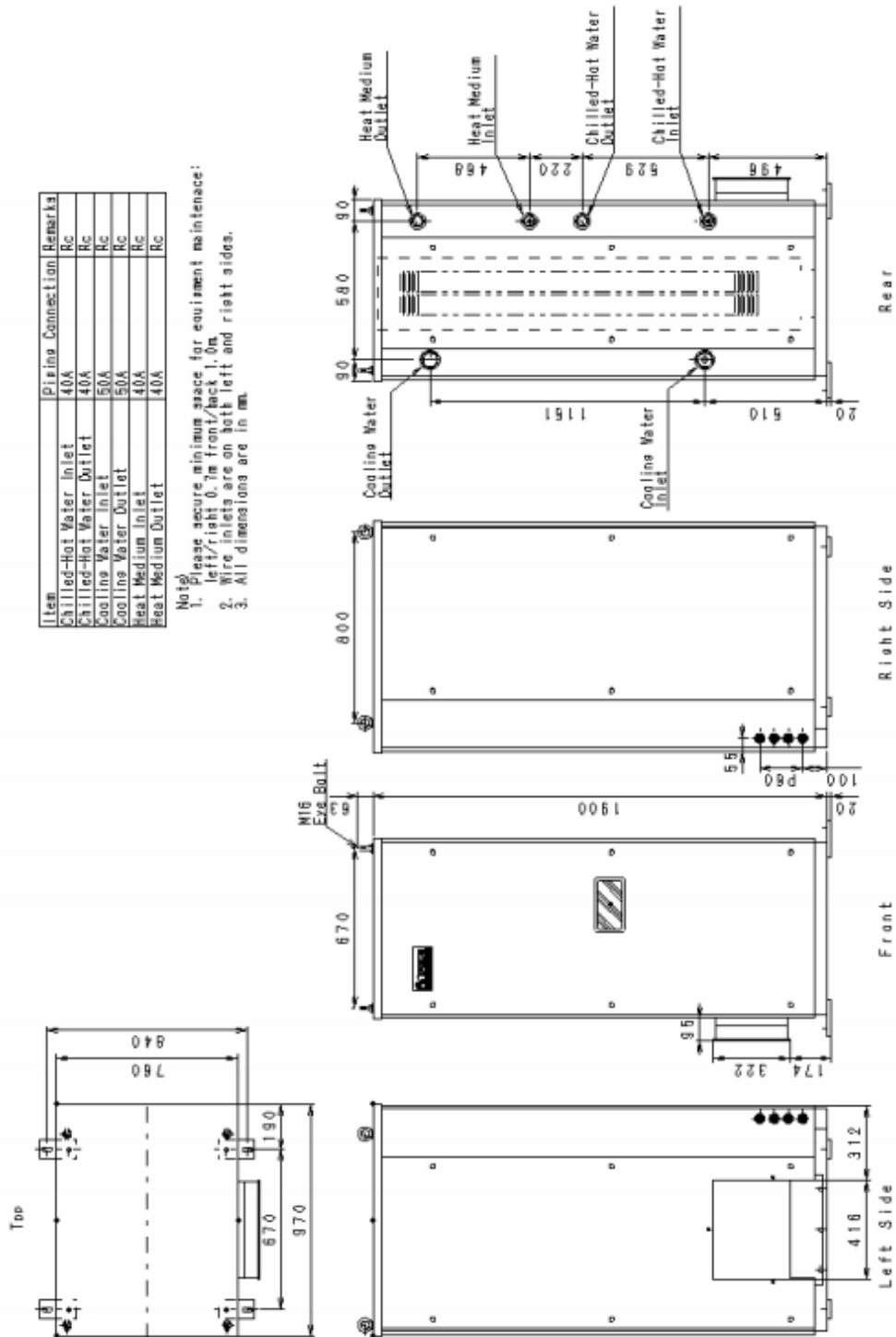
ITEM		MODEL		WFC-SH10	WFC-SC10	
Cooling Capacity				kW	35.2	
Heating Capacity				kW	48.7	
Chilled Water and Hot Water	Chilled Water Temperature	Inlet	°C		12.5	
		Outlet	°C		7.0	
	Hot Water Temperature	Inlet	°C		47.4	-
		Outlet	°C		55.0	-
	Evaporator Pressure Loss(Max) *3			kPa		56.1
	Max Operating Pressure			kPa		588
	Rated Water Flow			L/sec		1.52
				m ³ /hr		5.47
Water Retention Volume			L		17	
Cooling Water	Heat Rejection			kW	85.4	
	Cooling Water Temperature	Inlet	°C		31.0	
		Outlet	°C		35.0	
	Abs.&Cond.Pressure Loss(Max) *3			kPa		85.3
	Max Operating Pressure			kPa		588
	Rated Water Flow			L/sec		5.1
				m ³ /hr		18.4
Water Retention Volume			L		66	
Heat Medium	Heat Input			kW	50.2	
	Heat Medium Temperature	Inlet	°C		88	
		Outlet	°C		83	
	Generator. Pressure Loss(Max) *3			kPa		90.4
	Max Operating Pressure			kPa		588
	Rated Water Flow			L/sec		2.4
				m ³ /hr		8.64
Water Retention Volume			L		21	
Electrical	Power Source		400V 50Hz 3ph.			
	Consumption *1			W	210	
Control		On - Off				
Dimension	Width		mm	760 (855)		
	Depth		mm	970		
	Height *2		mm	1,900 (1,983)		
Piping	Chilled Water		A	40		
	Cooling Water		A	50		
	Heat Medium		A	40		
Weight	Dry Weight			kg	500	
	Operating Weight			kg	600	

*1. Power consumption of Chiller Only.(excluding recirculating pumps and cooling tower fan)

*2. Dimension in() include fixed plate and eye bolt.

*3. Specification are subject to change without prior notice.

*. The table shows standard operating condition (i.e. 88 °C heat medium inlet temperature)



11.2 Chiller de absorção CH-K 30 e CH-K 40



CH-K 30 & -K 40

Specifications:

Direct fired absorption chiller heater with H₂O/LiBr solution
 System functionality provides Cooling & Heating
 with an automatic control mode
 Utilizing Natural Gas



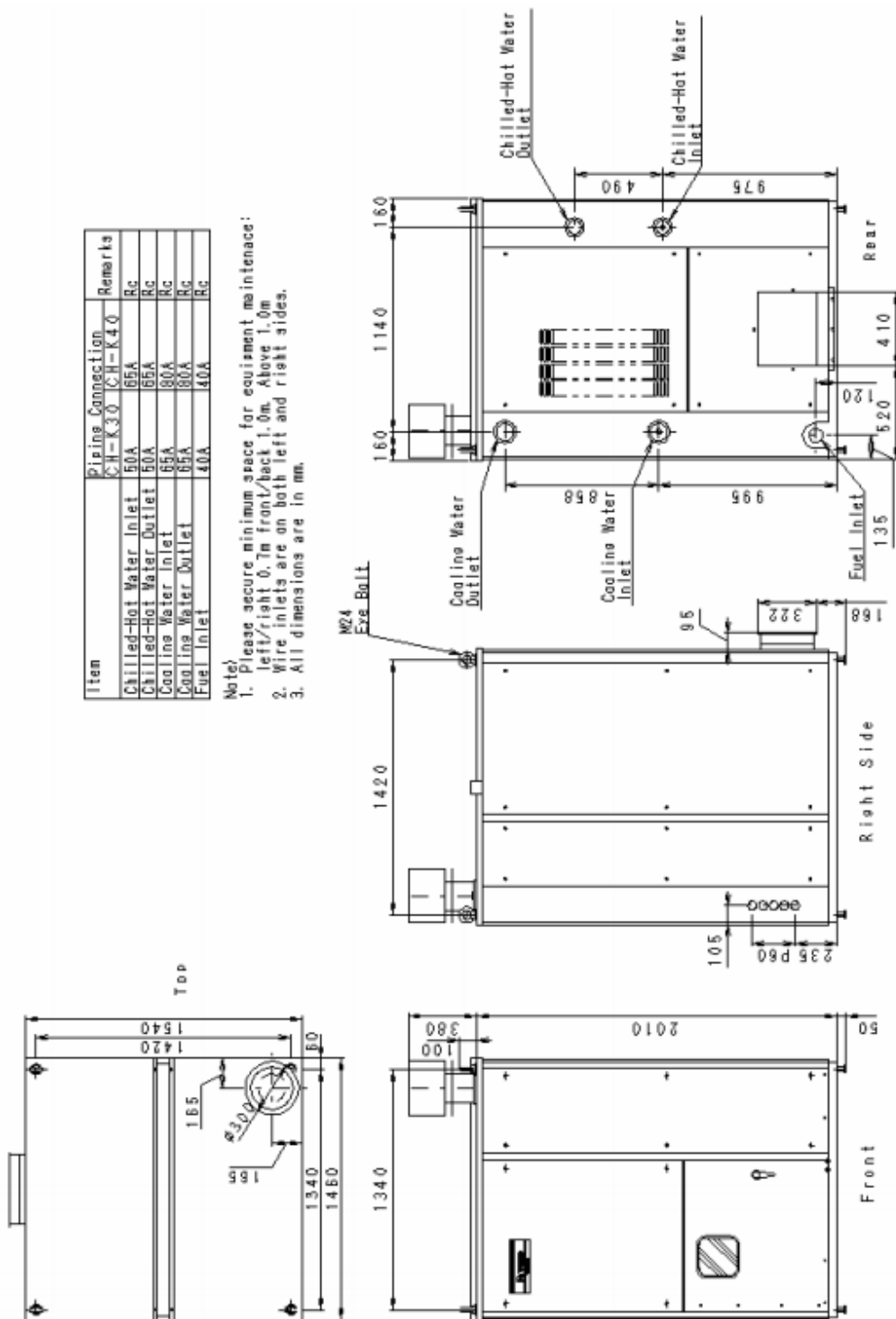
ITEM		MODEL		CH-K30	CH-K40	
Cooling Capacity				kW	105	141
Heating Capacity				kW	86	115
Chilled Water and Hot Water	Chilled Water Temperature	Inlet	°C		12.5	
		Outlet	°C		7.0	
	Hot Water Temperature	Inlet	°C		50.5	
		Outlet	°C		55.0	
	Evaporator Pressure Loss(Max) *3			kPa		70.1
	Max Operating Pressure			kPa		588
	Rated Water Flow			L/sec	4.60	6.10
Water Retention Volume			m ³ /hr	16.6	22.0	
Cooling Water	Heat Rejection			kW	191	255
	Cooling Water Temperature	Inlet	°C		29.5	
		Outlet	°C		35.5	
	Abs.&Cond.Pressure Loss(Max) *3			kPa		75.5
	Max Operating Pressure			kPa		588
	Rated Water Flow			L/sec	7.6	10.2
	Water Retention Volume			m ³ /hr	27.4	36.7
			L	145	180	
Fuel	Type of fuel		Natural Gas			
	Consumption	Cooling	kW	103	138	
Heating		kW	103	138		
Electrical	Power Supply		kPa 400VAC 50Hz 3ph. & Neutral			
	Consumption	Cooling	W	1,400	1,800	
		Heating	W	1,400	1,800	
	Control		Cooling	High fire(100%), Low fire(70%), Off		
		Heating	High fire(100%) On, Off			
Combustion	Type		Forced draft			
	Ignition		Electric intermittent spark			
	Flame detection		Flame rectification(Flame rod)			
Dimension	Width		mm	1,460		
	Depth		mm	1,540 (1,635)		
	Height *2		mm	2,045 (2,440)		
Piping	Chilled Water		A	50	65	
	Cooling Water		A	65	80	
	Gas supply		A	40		
Weight	Dry Weight		kg	1,500	1,700	
	Operation Weight		kg	1,720	1,970	

*1. Power consumption of Chiller Only.(excluding recirculating pumps and cooling tower fan)

*2. Dimension in () include fixed plate and vent cap.

*3. Specification are subject to change without prior notice.

*.Fuel consumption is calculated based on higher heating value : 46,047 kJ / Nm³



Item	Piping Connection	Remarks
Chilled-Hot Water Inlet	CH-K30 (CH-K40)	Rc
Chilled-Hot Water Outlet	65A	Rc
Cooling Water Inlet	65A	Rc
Cooling Water Outlet	65A	Rc
Fuel Inlet	40A	Rc

Note/
 1. Please secure minimum space for equipment maintenance:
 left/right 0.7m front/back 1.0m. Above 1.0m
 2. Wire inlets are on both left and right sides.
 3. All dimensions are in mm.

11.3 Chiller de compressão Trane



General Data

Table 2. General data - 60 Hz - high efficiency - SI

Size	20	26	30	35	40	52	60	70	80	90	100	110	120	130
Compressor														
Number #	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6
Tonnage/ckt ^(a)	10+10	13+13	15+15	15+20	10+10	13+13	15+15	15+20	20+20	20+25	25+25	25+30	30+30	20+20 +25
Evaporator														
Water storage (l)	5.3	8.3	8.3	12.1	9.1	15.5	18.9	28.4	26.5	34.1	39.0	43.5	43.5	46.6
Min. flow (l/s)	1.8	2.3	2.6	3.1	3.6	4.6	5.3	6.3	7.2	8.1	9.1	9.9	10.7	11.6
Max. flow (l/s)	4.4	5.6	6.3	7.4	8.6	11.1	12.7	15.1	17.4	19.4	21.9	23.7	25.7	27.8
Water connection (mm)	50.8	63.5	63.5	63.5	76.2	76.2	76.2	76.2	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6
Condenser														
Round Tube and Plate Fin Coils														
Qty of coils #	1	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
Coil length (mm)	2311	2311	3226	3226	2311	2311	3226	3226	3073	3073	3658	3658	3658	4572
Coil height (mm)	1727	1727	1727	1727	1727	1727	1727	1727	1067	1067	1067	1067	1067	1067
Number of rows #	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
Fins per foot (fpf)	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192	192
Microchannel Coils														
Quantity of coils #	1	1	1	1	2	2	2	2	8	8	8	8	8	8
Coil length (mm)	2311	2311	3226	3226	2311	2311	3226	3226	1727+ 1168	1727+ 1168	1727+ 1727	1727+ 1727	1727+ 1727	1727+ 2642
Coil height ^(b) (mm)	1067+ 254	1067+ 254	1067+ 254	1067+ 254	1067+ 254	1067+ 254	1067+ 254	1067+ 254	864+ 178	864+ 178	864+ 178	864+ 178	864+ 178	864+ 178
Tube width (mm)	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4
Fan														
Quantity #	2	2	3	3	4	4	6	6	4	6	8	8	8	10
Diameter (mm)	732	732	732	732	732	732	732	732	732	732	732	732	732	732
Airflow per fan (m ³ /h)	15993	16005	15577	15585	15993	16005	15577	15585	16090	16093	15451	15454	15458	15451
Power per motor (HP)	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Motor RPM (rpm)	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840
Tip speed (m/s)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
General Unit														
Refrig circuits #	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Capacity steps %	50-100	50-100	50-100	43-100	25-50- 75-100	25-50- 75-100	25-50- 75-100	21-43- 71-100	25-50- 75-100	22-44- 72-100	25-50- 75-100	23-45- 73-100	25-50- 75-100	15-31- 46-62- 81-100
Min ambient - wide (°C)	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18
Min ambient - high (°C)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Min ambient - extreme low (°C)	-28.9	-28.9	-28.9	-28.9	-28.9	-28.9	-28.9	-28.9	-28.9	-28.9	-28.9	-28.9	-28.9	-28.9
Round Tube and Plate Fin Coils														
Refrig charge/ckt ^(a) (kg)	14.5	15.4	20	21.8	14.5	14.5	20	21.8	33.6	35.4	40.8	39	39	50.8
Oil charge /ckt ^(a) (l)	6.6	6.6	7.2	13.4	6.6	6.6	7.2	13.4	13.4	13.4	13.4	13.9	14.4	22.0
Microchannel Coils														
Refrig charge/ckt ^(a) (kg)	8.3	8.8	11.4	12.4	8.3	8.3	11.4	12.4	16.8	17.7	20.4	19.5	19.5	25.4
Oil charge /ckt ^(a) (l)	5.4	5.4	5.9	11.0	5.4	5.4	5.9	11.0	11.0	11.0	11.0	11.4	11.8	18.0

11.4 Microturbina Capstone C30

C30 MicroTurbine Natural Gas



Robust power system achieves ultra-low emissions and reliable electricity from natural gas.

- Ultra-low emissions
- One moving part – minimal maintenance and downtime
- Patented air bearing – no lubricating oil or coolant
- 5 and 9 year Factory Protection Plans available
- Remote monitoring and diagnostic capabilities
- Integrated utility synchronization and protection⁽¹⁾
- Small, modular design allows for easy, low-cost installation
- Reliable – tens of millions of run hours and counting



C30 MicroTurbine

Electrical Performance ⁽²⁾	High Pressure	Onboard Gas Compressor Option
Electrical Power Output	30kW	28kW
Voltage	400–480 VAC	400–480 VAC
Electrical Service	3-Phase, 4 wire	3-Phase, 4 wire
Frequency	50/60 Hz, grid connect operation 10–60 Hz, stand alone operation	50/60 Hz, grid connect operation 10–60 Hz, stand alone operation
Maximum Output Current	46A, grid connect operation 46A, stand alone operation ⁽³⁾	46A, grid connect operation 46A, stand alone operation ⁽³⁾
Electrical Efficiency LHV	26%	25%

Fuel/Engine Characteristics ⁽²⁾	High Pressure	Onboard Gas Compressor Option
Natural Gas HHV	30.7–47.5 MJ/m ³ (825–1,275 BTU/scf)	30.7–47.5 MJ/m ³ (825–1,275 BTU/scf)
Inlet Pressure	379–414 kPa gauge (55–60 psig)	1.4–69 kPa gauge (0.2–10 psig)
Fuel Flow HHV	457 MJ/hr (433,000 BTU/hr)	444 MJ/hr (420,000 BTU/hr)
Net Heat Rate LHV	13.8 MJ/kWh (13,100 BTU/kWh)	14.4 MJ/kWh (13,700 BTU/kWh)

Exhaust Characteristics ⁽²⁾	High Pressure	Onboard Gas Compressor Option
NO _x Emissions @ 15% O ₂ ⁽⁴⁾	< 9 ppmvd (18 mg/m ³)	< 9 ppmvd (18 mg/m ³)
NO _x / Electrical Output ⁽⁴⁾	0.22 g/bhp-hr (0.64 lb/MWhe)	0.22 g/bhp-hr (0.64 lb/MWhe)
Exhaust Gas Flow	0.31 kg/s (0.68 lbm/s)	0.31 kg/s (0.68 lbm/s)
Exhaust Gas Temperature	275°C (530°F)	275°C (530°F)

Reliable power when and where you need it. Clean and simple.

11.5 Microturbina Capstone C65

C65 & C65 ICHP MicroTurbine Natural Gas



Achieve ultra-low emissions and reliable electrical/thermal generation from natural gas.

- Ultra-low emissions
- One moving part – minimal maintenance and downtime
- Patented air bearing – no lubricating oil or coolant
- 5 and 9 year Factory Protection Plans available
- Remote monitoring and diagnostic capabilities
- Integrated utility synchronization and protection⁽¹⁾
- Small, modular design allows for easy, low-cost installation
- Reliable – tens of millions of run hours and counting



C65 MicroTurbine

Electrical Performance⁽²⁾

Electrical Power Output	65kW
Voltage	400–480 VAC
Electrical Service	3-Phase, 4 wire
Frequency	50/60 Hz, grid connect operation 10–60 Hz, stand alone operation
Maximum Output Current	100A, grid connect operation 100A, stand alone operation ⁽³⁾
Electrical Efficiency LHV	29%



C65 ICHP MicroTurbine

Fuel/Engine Characteristics⁽⁴⁾

Natural Gas HHV	30.7–47.5 MJ/m ³ (825–1,275 BTU/scf)
Inlet Pressure ⁽⁵⁾	517–552 kPa gauge (75–80 psig)
Fuel Flow HHV	888 MJ/hr (842,000 BTU/hr)
Net Heat Rate LHV	12.4 MJ/kWh (11,800 BTU/kWh)

Exhaust Characteristics⁽²⁾

NOx Emissions at 15% O ₂ ⁽⁶⁾	< 9 ppmvd (19 mg/m ³)
NOx / Electrical Output ⁽⁷⁾	0.16 g/bhp-hr (0.46 lb/MWhe)
Exhaust Gas Flow	0.49 kg/s (1.08 lbm/s)
Exhaust Gas Temperature	309°C (588°F)

Reliable power when and where you need it. Clean and simple.

11.6 Seleção da torre de resfriamento

Introdução:

A seguir passamos a apresentar uma maneira prática de selecionar e instalar torres de resfriamento com os conhecimentos adquiridos e desenvolvidos pela Caravela desde 1972 com mais de 25 000 unidades instaladas nos mais diversos campos de aplicação variando de pequenas unidades de 3 m³/h de água em circulação, até unidades com 3 000 m³/h.

A torre de resfriamento resfriará água que retira calor de uma operação industrial qualquer, p.ex., condensação de gases, trocadores de calor, resfriamento de massas refratárias, fornos, reatores na indústria química e outros.

A - Seleção de uma torre de resfriamento

É necessário as seguintes informações:

Q = quantidade de calor rejeitado em kcal / h

G_w = vazão de água em m³/h

tw_1 = temperatura da água quente em oC

tw_2 = temperatura da água resfriada em oC

t_{bu} = temperatura de bulbo húmido do local em oC

c = calor específico da água, igual a 1

que se relacionam entre si pela fórmula:

$$Q = G_w.c.(tw_1 - tw_2)$$

Algumas nomenclaturas usuais:

Δt = **Salto térmico** é a diferença entre a temperatura da água quente e resfriada.

a = **Approach**, do inglês, aproximação ao bulbo húmido, é a diferença entre a temperatura de água resfriada e a temperatura de bulbo húmido.

De uma maneira geral o cliente -projetista indica os valores para seleção da torre. As tabelas abaixo, indicam alguns valores de operação, que podem ser úteis.

Tabela 1 - Algumas operações industriais e suas temperaturas de operação:

Tipo de operação	a $tw_2 - t_{bu}$ (oC)	Δt $tw_1 - tw_2$ (oC)	água resfria. tw_2 (oC)
Ar condicionado	3 a 6	5,5	29,5 a 31
refrigeração	3 a 6	3 a 5,5	29,5 a 31
Compressor de ar com aftercooler	3 a 6	5	29 a 31
Compressor de ar sem aftercooler	3 a 6	9	32
Laticínios	3 a 6	5	29,5 a 32
Bombas de vácuo	3 a 6	5	28 a 32
Motores diesel - geradores	9 a 12	15	35
Metalurgia - massas refratárias	10 a 12	15	35
Máquinas de plásticos	3 a 6	5,5	29,5 a 32

Fatores de capacidade

23,5 oC - temperatura de bulbo húmido

<i>a</i>	Salto térmico (<i>tw1 - tw2</i>) em oC												
oC	3	4	5	5,5	6	8	10	12	14	16	18	20	25
3	12,9	11,2	9,6	8,6	8,1	6,7	5,7	5	4,5	4,2	3,8	3,6	3,2
4	17,3	14,5	12,2	11,2	10,3	8,5	7	6,3	5,7	5,3	5	4,8	4
5	20,3	16,9	14,1	12,8	11,8	9,7	8,1	7,3	6,6	6,1	5,7	5,3	4,7
5,5	23	19	15,5	14,2	13	10,6	8,8	8	7,2	6,65	6,2	5,8	5,1
6	25,6	21,1	16,8	15,5	14,2	11,5	9,5	8,7	7,8	7,2	6,7	6,3	5,5
7	-	24,9	19,6	17,9	16,5	13,5	11,2	10	9,1	8,4	7,7	6,9	6,4
8	-	29	22,1	20	18,4	14,6	12,4	11,1	10	9,3	8,7	8,2	7,1
9	-	-	24,6	22,1	20,5	16,2	13,7	12,3	11,1	10,2	9,6	9,1	7,8
10	-	-	28	25,4	23,6	18,6	15,7	14,1	12,6	11,6	10,9	10,3	9

24 oC - temperatura de bulbo húmido

<i>a</i>	Salto térmico (<i>tw1 - tw2</i>) em oC												
oC	3	4	5	5,5	6	8	10	12	14	16	18	20	25
3	13,5	11,5	9,8	9	8,3	7	6,2	5	4,5	4,2	3,8	3,6	3,2
4	17,3	14,0	11,7	10,8	9,8	8,2	6,7	6,1	5,5	5,1	4,7	4,4	3,9
5	22	18,2	15	13,8	12,6	10,6	8,6	7,7	7	6,5	6,1	5,6	4,9
5,5	24,5	20,1	16,3	15	13,7	11,2	9,3	8,3	7,5	6,95	6,5	6,1	5,3
6	27	21,9	17,6	16,2	14,7	11,8	10	8,9	8	7,4	6,9	6,6	5,7
7	-	26	20,5	18,8	17	13,4	11,3	10,1	9,2	8,5	8	7,5	6,5
8	-	30	22,3	20,5	18,7	14,8	12,5	11,2	10,1	9,3	8,7	8,2	7,1
9	-	-	25,4	23,5	21,5	16,7	14,3	12,7	11,5	10,5	10	9,3	8,1
10	-	-	28,1	26,2	24,2	19,1	16,4	14,3	12,8	11,8	11,1	10,5	9,2

25,5 oC - temperatura de bulbo húmido

<i>a</i>	Salto térmico (<i>tw1 - tw2</i>) em oC												
oC	3	4	5	5,5	6	8	10	12	14	16	18	20	25
3	15,6	13,3	11,2	10,1	9,5	7,7	6,4	5,8	5,2	4,7	4,5	4,2	3,2
4	20,6	17,2	14,2	13	12	9,7	8,2	7,3	6,6	6,2	5,7	5,4	4,6
5	24,7	20,1	16,3	15	13,7	11,1	9,3	8,3	7,5	6,9	6,5	6,1	5,3
5,5	26,9	21,9	17,5	16,1	14,7	11,9	9,9	8,8	8	7,4	6,9	6,5	5,6
6	29	23,7	18,7	17,2	15,6	12,6	10,5	9,4	8,5	7,8	7,3	6,9	6
7	-	28,6	21,5	19,3	18	14,2	12,1	10,7	9,7	9	8,4	7,9	7
8	-	-	24,5	22	20,5	16,1	13,7	12,2	11	10,1	9,4	8,9	7,7
9	-	-	27,6	25	23,2	18,2	15,6	13,7	12,4	11,3	10,6	10	8,7
10	-	-	-	29	26,7	21,3	18	15,9	14,3	13,2	12,2	11,6	10,2

Capacidades das torres de resfriamento em m3/h

Tabela de capacidade em m3/h

Modelo SI	Fator de capacidade													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
b	3,0	1,0	1,4	1,8	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
10	11,0	14,0	14,8	15,6	17,0	17,8	19,0	20,0	21,6	22,8	24,0	25,6	26,6	27,0
15	16,5	21,0	22,2	23,4	25,5	26,8	28,5	30,0	32,4	34,2	36,0	38,4	39,9	40,5
20	22,0	28,0	29,6	31,2	34,0	35,6	38,0	40,0	43,2	45,6	48,0	51,2	53,2	54,0
25	27,5	35,0	37,0	39,0	42,5	44,6	47,0	50,0	54,0	57,0	60,0	64,0	66,5	67,5
31	44,8	52,8	55,2	57,6	60,8	64,3	68,2	73,6	76,8	81,2	83,8	88,3	92,2	93,1
41	68,0	86,0	89,0	92,0	96,0	100,4	105,3	110,0	115,0	120,0	125,0	130,0	135,0	138,0
51	70,0	82,5	86,3	90,0	95,0	100,5	106,6	110,0	120,0	126,9	131,0	138,0	144,0	145,5
61	84,0	99,0	103,6	108,0	114,0	120,6	127,9	138,0	144,0	152,3	157,2	165,6	172,6	174,6

Tabela de capacidade em m3/h

Modelo WT	Fator de capacidade													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
51/9	35,2	45,12	47,4	49,6	54,4	57,0	60,8	64,3	68,8	72,8	76,6	81,6	85,4	86,4
51/12	44,8	52,8	55,2	57,6	60,8	64,3	68,2	73,6	76,8	81,2	83,8	88,3	92,2	93,1
41/9	44,0	55,4	59,3	62,0	68,0	71,2	75,0	80,4	85,0	91,0	96,0	102,0	105,8	108,0
41/12	58,0	66,0	69,0	72,0	76,0	80,4	85,3	92,0	96,0	101,5	104,8	110,4	115,2	116,4
51/9	55,0	70,5	74,2	77,5	85,0	89,0	95,0	100,5	107,5	113,8	120,0	127,5	133,5	135,0
51/12	70,0	82,5	86,3	90,0	95,0	100,5	106,6	115,0	120,0	126,9	131,0	138,0	144,0	145,5
61/9	66,0	84,6	89,0	93,0	102,0	106,8	114,0	120,6	129,0	136,7	144,0	153,0	160,2	162,0
61/12	84,0	99,0	103,6	108,0	114,0	120,6	127,9	138,0	144,0	152,3	157,2	165,6	172,6	174,6

Tabela de capacidade em m3/h

Modelo WTD	Fator de capacidade													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20
81/9	88,0	112,8	118,6	124,0	136,0	142,4	152,0	160,8	172,0	180,4	192,0	204,0	213,6	216,0
81/12	112,0	132,0	138,0	144,0	152,0	160,8	170,6	184,0	192,0	203,0	209,6	220,8	230,4	232,8
100/9	110,0	141,0	148,0	155,0	170,0	178,0	190,0	201,0	215,0	238,0	240,0	255,0	267,0	270,0
100/12	140,0	165,0	172,5	180,0	190,0	201,0	213,2	230,0	240,0	253,8	262,0	276,0	288,0	291,0
121/9	131,5	163,3	180,0	193,0	212,0	222,0	231,0	251,3	268,8	291,0	300,0	318,0	333,8	337,0
121/12	175,0	206,3	215,7	225,0	237,5	251,3	266,5	287,5	300,0	317,3	327,5	345,0	360,0	363,8
151/9	176,0	225,6	236,8	248,0	255,0	267,0	312,8	321,6	344,0	360,8	384,0	408,0	427,2	432,0

11.7 Dimensionamento das Tubulações

61920 l/h

IMI Hydronic Engineering

Aço US Schedule 40

Tubo	Pd lin Pa/m	v m/s
10"	4.4	0.34
8"	13.3	0.53
6"	51.4	0.92
5"	128.3	1.33
4"	399.1	2.09
3"	1586.0	3.61
2 1/2"	4828.9	5.57

5400 l/h

IMI Hydronic Engineering

Aço US Schedule 40

Tubo	Pd lin Pa/m	v m/s
4"	4.5	0.18
3"	16.6	0.31
2 1/2"	47.8	0.49
2"	114.4	0.69
1 1/2"	395.4	1.14
1 1/4"	856.5	1.55
1"	3440.1	2.69

16560 l/h

IMI Hydronic Engineering

Aço US Schedule 40

Tubo	Pd lin Pa/m	v m/s
6"	4.6	0.25
5"	11.2	0.36
4"	33.7	0.56
3"	129.1	0.96
2 1/2"	381.8	1.49
2"	935.1	2.12
1 1/2"	3336.3	3.50

39960 l/h

IMI Hydronic Engineering

Aço US Schedule 40

Tubo	Pd lin Pa/m	v m/s
8"	6.0	0.34
6"	22.8	0.60
5"	56.4	0.86
4"	173.8	1.35
3"	682.2	2.33
2 1/2"	2059.8	3.59
2"	5123.5	5.13

11.8 Anexo Sulfiron



SULFIRON

O SULFIRON é um dessulfurador em pó, que tem como base ferro. Este composto tem como objectivo ligar-se ao ácido sulfídrico dentro do reactor anaeróbio.

O biogás contém vestígios de ácido sulfídrico (0-1% H_2S) que surgem durante os processos anaeróbios de matéria orgânica. Uma pequena quantidade de ácido sulfídrico no biogás é extremamente corrosiva/destrutiva para a maioria dos equipamentos, como caldeiras e tubagens, e mesmo equipamentos de produção de energia. Esta corrosão pode ser evitada através da separação e remoção do ácido sulfídrico.

A combustão do ácido sulfídrico origina o dióxido de enxofre, que é um contaminante ambiental (ex: chuvas ácidas).

O ácido sulfídrico é prejudicial à saúde, pois pode ser letal mesmo em baixas concentrações.

O SULFIRON é um reagente altamente activo e económico para a remoção do ácido sulfídrico.

BENEFÍCIOS DO PRODUTO

- ◆ Remove o ácido sulfídrico (H_2S).
- ◆ Melhora a qualidade do biogás.
- ◆ Evita a corrosão dos equipamentos, aumentando a sua vida útil.
- ◆ Diminui o cheiro característico do H_2S (ovos podres).
- ◆ Elimina o risco de inalação de H_2S pela população.
- ◆ Fácil aplicação.

ATLAS SEIS - SISTEMAS DE ENERGIA PARA A INDÚSTRIA E SERVIÇOS, LDA.

SULFIRON

APLICAÇÕES

- ◆ O Sulfiron pode ser aplicado nas lamas ou na alimentação aos digestores.
- ◆ A dosagem será calculada em função das concentrações e caudais.
- ◆ A aplicação pode ser efectuada sem a abertura dos sacos, uma vez que estes são biodegradáveis.

PROPRIEDADES

Aparência:	Pó castanho/avermelhado
Diâmetro:	0 – 0,5 mm
Densidade aparente:	0,82 ± 0,1 g/cm ³
Quantidade Férrica:	Min. 40%, baseado no teor de sólidos

MANUSEAMENTO

- ◆ Por se tratar de um pó, o manuseamento deste produto deve ser efectuado com uma máscara respiratória.

ARMAZENAGEM

- ◆ Armazenar num lugar seco e fresco.
- ◆ Fechar o saco após utilização.

EMBALAGENS DISPONÍVEIS


- ◆ Sacos de 20 quilogramas.
- ◆ Paletes com 1000 quilogramas (50 sacos).
- ◆ Big bags de 1000 quilogramas, com válvula de descarga.

ATLAS SEIS - SISTEMAS DE ENERGIA PARA A INDÚSTRIA E SERVIÇOS, LDA.

Rua Alfredo da Silva, Lote 2-B - Abóboda
2785-656 São Domingos de Rana - PORTUGAL

Tel.: +351 219 258 292 - Fax.: +351 219 258 297
comercial@atlasseis.com

11.9 Anexo Carvão Ativado



CARVÃO ATIVADO

CARVÃO ACTIVADO

O carvão activado é um material poroso de origem natural, poderoso adsorvente e usado para filtração e purificação de vários materiais.

O carvão activado fornecido pela Atlas Seis é criado especificamente para a remoção de compostos organossilícios (siloxanos). A sua capacidade de adsorção é cerca de dez vezes superior à dos adsorventes impregnados.

Remover os siloxanos é essencial para prolongar a vida útil dos motores, das turbinas ou das caldeiras de valorização energética do biogás.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

- ◆ Microporos acessíveis livres;
- ◆ Actuação efectiva em tempo de retenção de muito curto;
- ◆ Centros activos insolúveis em água, para adsorção catalítica;
- ◆ Adsorção catalítica intensiva à temperatura ambiente (20 – 40°C);
- ◆ Remoção dos siloxanos na corrente do biogás;
- ◆ Grande volume poroso para proporcionar concentrações elevadas de siloxanos;
- ◆ Carvão activado dopado, aumentando cerca de dez vezes a sua capacidade de adsorção.

ATLAS SEIS - SISTEMAS DE ENERGIA PARA A INDÚSTRIA E SERVIÇOS, LDA.

Monofolha Carvão Activado
Data de elaboração: 13/09/2014

www.atlasseis.com

CARVÃO ACTIVADO

DESCRIÇÃO TÉCNICA

Especificação	Valor
Dimensão de pellet > 3,15	> 95%(w/w)
Densidade	460 ± 20 kg/m ³
Iodo	> 1000 g/kg
Dureza (resistência a abrasões)	> 99%(w/w)
pH	12

CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO

Ideal	Humidade Relativa do Gás:	40 – 60 % rel.
	Quantidade de oxigénio:	0,5% v/v
Outros	Humidade Relativa do Gás:	60 – 80 % rel.
	Quantidade de oxigénio:	0,6 – 1,0 % v/v
	Humidade Relativa do Gás:	80 – 90 % rel.
	Quantidade de oxigénio:	> 1,0 % v/v

EMBALAGENS DISPONÍVEIS

- ◆ Big bags de 1000 litros.

ATLAS SEIS - SISTEMAS DE ENERGIA PARA A INDÚSTRIA E SERVIÇOS, LDA.

Rua Alfredo da Silva, Lote 2-B - Abóboda
2785-656 São Domingos de Rana - PORTUGAL

Tel.: +351 219 258 292 - Fax.: +351 219 258 297
comercial@atlasseis.com

11.10 Seleção Placas

System Sizing

Specify desired array size
 Specify modules and inverters

Desired array size kWdc
 Modules per string

DC to AC ratio
Strings in parallel

Number of inverters

Configuration at Reference Conditions

Modules		Inverters	
Nameplate capacity	<input type="text" value="146.749"/> kWdc	Total capacity	<input type="text" value="120.000"/> kWac
Number of modules	<input type="text" value="575"/>	Total capacity	<input type="text" value="121.934"/> kWdc
Modules per string	<input type="text" value="23"/>	Number of inverters	<input type="text" value="2"/>
Strings in parallel	<input type="text" value="25"/>	Maximum DC voltage	<input type="text" value="1,000.0"/> Vdc
Total module area	<input type="text" value="878.6"/> m ²	Minimum MPPT voltage	<input type="text" value="685.0"/> Vdc
String Voc	<input type="text" value="869.4"/> V	Maximum MPPT voltage	<input type="text" value="800.0"/> Vdc
String Vmp	<input type="text" value="717.6"/> V		

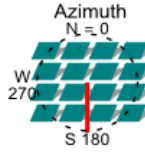
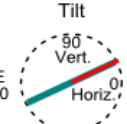
Sizing messages (see Help for details):

Actual DC to AC ratio is 1.22. To get closer to the desired DC-AC Ratio, you may need to select a different module and/or inverter.

Voltage and capacity ratings are at module reference conditions shown on the Module page.

DC Subarrays

To model a system with one array, specify properties for Subarray 1 and disable Subarrays 2, 3, and 4. To model a system with up to four subarrays connected in parallel to a single bank of inverters, for each subarray, check Enable and specify a number of strings and other properties.

	Subarray 1	Subarray 2	Subarray 3	Subarray 4
-String Configuration				
Strings in array	<input type="text" value="25"/> (always enabled)	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable
Strings allocated to subarray	<input type="text" value="25"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
-Tracking & Orientation				
 	<input type="radio"/> Fixed <input type="radio"/> 1 Axis <input checked="" type="radio"/> 2 Axis <input type="radio"/> Azimuth Axis	<input checked="" type="radio"/> Fixed <input type="radio"/> 1 Axis <input type="radio"/> 2 Axis <input type="radio"/> Azimuth Axis	<input checked="" type="radio"/> Fixed <input type="radio"/> 1 Axis <input type="radio"/> 2 Axis <input type="radio"/> Azimuth Axis	<input checked="" type="radio"/> Fixed <input type="radio"/> 1 Axis <input type="radio"/> 2 Axis <input type="radio"/> Azimuth Axis
	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude	<input type="checkbox"/> Tilt=latitude
Tilt (deg)	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="20"/>
Azimuth (deg)	<input type="text" value="180"/>	<input type="text" value="180"/>	<input type="text" value="180"/>	<input type="text" value="180"/>
Ground coverage ratio (GCR)	<input type="text" value="0.3"/>	<input type="text" value="0.3"/>	<input type="text" value="0.3"/>	<input type="text" value="0.3"/>
Tracker rotation limit (deg)	<input type="text" value="45"/>	<input type="text" value="45"/>	<input type="text" value="45"/>	<input type="text" value="45"/>
Backtracking	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable	<input type="checkbox"/> Enable

Ground coverage ratio is used (1) to determine when a one-axis tracking system will backtrack, (2) in self-shading calculations for fixed tilt or one-axis tracking systems on the Shading page, and (3) in the total land area calculation. See Help for details.

11.11 Seleção Válvulas de Balanceamento

Claro BR 16:41 64%

HyTools Válvulas

1,5 l/s IMI Hydronic Engineering

Válv.Balanceamento (STAD/STAF) >

Válvulas	Pd 100% Pd 50%	
	kPa	kPa
STAF 100	< 0,5	0,7
STAF 80	< 0,5	3,5
STAF 65-2	< 0,5	2,3
STAD 50	2,7	21,2
STAD 40	7,9	78
STAD 32	14,4	133,6
STAD 25	38,4	221,6

Início Tubos Fluidos Calculadora More

Claro BR 16:40 64%

HyTools Válvulas

11,1 l/s IMI Hydronic Engineering

Válv.Balanceamento (STAD/STAF) >

Válvulas	Pd 100% Pd 50%	
	kPa	kPa
STAF 200	< 0,5	1,4
STAF 150	0,9	5,6
STAF 125	1,8	23,1
STAF 100	4,4	40,2
STAF 80	11,1	189,5
STAF 65-2	22,1	127,9
STAD 50	146,2	1161,4

Início Tubos Fluidos Calculadora More

Claro BR 16:41 64%

HyTools Válvulas

4,6 l/s IMI Hydronic Engineering

Válv.Balanceamento (STAD/STAF) >

Válvulas	Pd 100% Pd 50%	
	kPa	kPa
STAF 125	< 0,5	4
STAF 100	0,8	6,9
STAF 80	1,9	32,5
STAF 65-2	3,8	22
STAD 50	25,1	199,5
STAD 40	74,1	732,1
STAD 32	135,5	1255,6

Início Tubos Fluidos Calculadora More

11.12 Seleção Válvulas de Controle

Claro BRA 08:16 88%

HyTools Válvulas

11,1 l/s IMI Hydronic Engineering

Válv. Balanc. & Controle (TA-FUSION-C)

Válvulas	Pd 100% Pd 50%	
	kPa	kPa
TA-FUSION-C 150	1	40,5
TA-FUSION-C 125	2,2	92,1
TA-FUSION-C 100	6,2	267,7
TA-FUSION-C 80	15,9	571,5
TA-FUSION-C 65	38,6	1502,4
TA-FUSION-C 50	146,4	551,5

Início Tubos Fluídos Calculadora More

Claro BRA 08:16 88%

HyTools Válvulas

4,6 l/s IMI Hydronic Engineering

Válv. Balanc. & Controle (TA-FUSION-C)

Válvulas	Pd 100% Pd 50%	
	kPa	kPa
TA-FUSION-C 125	< 0,5	15,8
TA-FUSION-C 100	1,1	46
TA-FUSION-C 80	2,7	98,2
TA-FUSION-C 65	6,6	258
TA-FUSION-C 50	25,1	94,7
TA-FUSION-C 40	80	547,6
TA-FUSION-C 32	164,5	949,3

Início Tubos Fluídos Calculadora More

Claro BRA 08:17 88%

HyTools Válvulas

17,2 l/s IMI Hydronic Engineering

Válv. Balanc. & Controle (TA-FUSION-C)

Válvulas	Pd 100% Pd 50%	
	kPa	kPa
TA-FUSION-C 150	2,4	97,4
TA-FUSION-C 125	5,2	221,2
TA-FUSION-C 100	14,9	642,8
TA-FUSION-C 80	38,3	1372,3
TA-FUSION-C 65	92,6	3607,5

Início Tubos Fluídos Calculadora More

Claro BRA 08:16 88%

HyTools Válvulas

1,5 l/s IMI Hydronic Engineering

Válv. Balanc. & Controle (TA-FUSION-C)

Válvulas	Pd 100% Pd 50%	
	kPa	kPa
TA-FUSION-C 125	< 0,5	1,7
TA-FUSION-C 100	< 0,5	4,9
TA-FUSION-C 80	< 0,5	10,4
TA-FUSION-C 65	0,7	27,4
TA-FUSION-C 50	2,7	10,1
TA-FUSION-C 40	8,5	58,2
TA-FUSION-C 32	17,5	100,9

Início Tubos Fluídos Calculadora More

11.13 Tarifa Energia Elétrica



Diretoria de Comercialização
Superintendência Comercial - SPC
Gerência de Faturamento - GRFA

BANDEIRA VERDE

JUNHO
2016

Consumo		ICMS	RS/kWh
B1 - Res. Baixa	Até 30 kWh	Isento	0,1580583
Renda até 50 kWh	De 31 a 50 kWh	Isento	0,2709571
B1 - Residencial	Até 30 kWh	12%	0,1808333
Baixa Renda	De 31 a 100 kWh	12%	0,3100000
	De 101 a 200 kWh	12%	0,4650000
	De 201 a 220 kWh	18%	0,5011024
	De 221 a 300 kWh	18%	0,5667805
	De 301 a 500 kWh	21%	0,5792676
	Acima de 500 kWh	25%	0,6122367
B1 - Residencial até 50 kWh		Isento	0,4583963
B1 - Residencial de 51 a 200 kWh		12%	0,5244476
B1 - Residencial de 201 a 300 kWh		18%	0,5651656
B1 - Residencial de 301 a 500 kWh		21%	0,5879913
B1 - Residencial acima de 500 kWh		25%	0,6214570

Tarifas do Grupo B

Consumo (Aliquota do ICMS)	Até 50 kWh(0%)	51 a 200 (12%)	201 acima (18%)
B2 - Rural	0,3208753	0,3671109	0,3956133
B2 - Cooperativa de eletrificação rural	0,3208753	0,3671109	0,3956133
B2 - Madrugada (redução de 67%) sobre a Tarifa B2 - Rural para o período das 21:30h às 06:00h			
B3 - Serviço de Saneamento (redução de 15%)		0,4457804	0,4803907
B4a - Iluminação Pública (entrega no poste)		0,2884486	0,3108436
B4b - Iluminação Pública (entrega na lâmpada)		0,3146613	0,3390916
Consumo (Aliquota do ICMS)			
B3 - Comercial/Industrial	0,5244476	0,5651656	0,5879913
Consumo (Aliquota do ICMS)			
B3 - Poder Público	0,5244476	0,5651656	0,6214570

Tarifas do Grupo A - Convencional

Consumo (Aliquota do ICMS)	Até 200 (12%)		201 acima (18%)	
	RS/kW	RS/kWh	RS/kW	RS/kWh
A4 - Rural (redução de 10%)	17,9610951	0,3564985	19,3555900	0,3841770
A4 - Madrugada (redução de 80%)	-	0,0792219	-	0,0853726
A4 - Cooperativa (redução de 50%)	9,9783861	0,1980547	10,7531055	0,2134316
A4 - Saneamento (redução de 15%)	16,9632564	0,3366930	18,2802795	0,3628338
A4 - CELG (sem ICMS)	13,4865659	0,0378463		
A4 - Comercial/Indust/P. Público	19,9567723	0,3961095		
A4 - Residencial	19,9567723	0,3961095		
AS - Comercial/Indust/P. Público	33,8496637	0,4108309		
AS - Residencial	33,8496637	0,4108309		
Consumo (Aliquota do ICMS)				
A3a (30 a 44 kV)	21,5062111	0,4268633	22,3747980	0,4441033
A4 - Comercial/Industrial	21,5062111	0,4268633	22,3747980	0,4441033
AS - Comercial/Industrial	36,4777432	0,4427277	37,9509962	0,4806085
Consumo (Aliquota do ICMS)				
A4 - Poder Público	21,5062111	0,4268633	23,6482640	0,4693796
AS - Poder Público	36,4777432	0,4427277	40,1109846	0,4868241
Consumo (ICMS)				
A4 - Residencial	21,5062111	0,4268633	22,3747980	0,4441033
AS - Residencial	36,4777432	0,4427277	37,9509962	0,4606085

Legislação Vigente

Tarifa Resid. Baixa Renda: Res. 1937/2015-ANEEL, de 25/08/2015	
Pis/Pasep (0,84) + Cofins (3,88%)	= 4,72
Resolução nº 414/2010 da Aneel - Critérios para fornecimento de energia	
Desconto p/ serviços de saneamento: Decreto 62.724, de 23.12.88	
Tarifa da Madrugada: Resolução 414-ANEEL Art. 107, de 09/09/2010	
ICMS-Lei 7 de 29.12.88;Decreto 16.102, 30.11.94;Lei 987, 18.12.95	
Tarifas de Energia: Resolução 1937/2015-ANEEL, de 25/08/2015	
Taxas de Serviços: Resolução 1937/2015-ANEEL, de 25/08/2015	
CIP: Decreto GDF Nº 35.046 de 30.12.2013	
Redução da bandeira vermelha: Resolução 1945/2015-ANEEL, 25/08/2015	

11.14 Possível Localização da C.A.G

