

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

RAFAEL CORTEZE

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO PARA UM BIOTÉRIO DE ANIMAIS
DE PEQUENO PORTE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2014

RAFAEL CORTEZE

**PROJETO DE AUTOMAÇÃO PARA UM BIOTÉRIO DE ANIMAIS
DE PEQUENO PORTE**

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização, apresentado ao curso de Especialização em Automação Industrial do Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Automação Industrial.

Orientador (a): Prof. Eng. Dr. Valmir de Oliveira.

CURITIBA

2014

RESUMO

Cortezze, Rafael. **Projeto de automação para um biotério de criação de animais de pequeno porte**, 2014, 135f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de especialização em Automação Industrial). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Foi desenvolvido um projeto de automação para um biotério de animais de pequeno porte de uma empresa do ramo farmacêutico. Neste sentido, buscou-se apresentar soluções simples e práticas para automação de 3 importantes ferramentas para o trabalho em um biotério: a iluminação artificial, os exaustores e o sistema de ar condicionado. Dentro do conteúdo desse trabalho foram preparadas bases para uma futura execução deste projeto de automação. Constam nesta monografia, um cálculo luminotécnico para determinação do número e o tipo de luminária a ser usada nas salas do biotério, um levantamento de carga térmica para projetar o sistema de ar condicionado que atenda as necessidades do ambiente. Foram projetados diagramas de comando e automatização que utilizassem dispositivos de automação como o controlador lógico programável, termostatos e temporizadores eletrônicos. Através destas ferramentas, elaborou-se todo um projeto para automação deste biotério, oferecendo todos os recursos necessários para que se possa futuramente executar esta proposta.

Todo este trabalho tem por finalidade também, além de tudo que foi exposto acima, colaborar nas necessidades de formação de conhecimento com estudantes de cursos técnicos da área de automação industrial.

Palavras chave: Biotério, Automação Industrial, iluminação, exaustor, ar condicionado, controlador lógico programável.

ABSTRACT

Corteze, Rafael. **Project for automation of the vivarium for the small animals creation in. 2014, 135f.** Monograph (Work completion of the specialization course in Industrial Automation). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Was developed a project for automation in the vivarium for small animals in a pharmaceutical industry. In the sense, we sought to introduce simple and practical solutions for the automation, in the three important tools for work in the vivarium: artificial light, exhaust and air conditioning system. In the content, were prepared the bases for one future execution in the automation project as luminotecnico calculation, for determinate the number and the type in the luminaria used in the ambient, thermal load lifting and air conditioning system that meets the necessary in vivarium. Was projected command and automation diagrams that would use automation devices, as programmable logic controller, thermostats and electronic timers. Through these tools, elaborated one automation project these vivarium, offering all necessary recourses for that in the future execute this proposal. Is also finality, to collaborate on the training needs of knowledge with students of technical courses in the field industrial automation.

Keywords: vivarium, industrial automation, lighting, exhaust, air conditioning, programmable logic controller.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Interior de um biotério..	21
Figura 02: Automação Industrial em Níveis de Abstração.....	25
Figura 03: Automação Industrial – Topologia.	25
Figura 04: CLP com Blocos Expansores.....	27
Figura 05: Diagrama de Blocos de um CLP.....	28
Figura 06: Representação gráfica de um diagrama ladder..	30
Figura 07: Diagrama ladder semelhante ao apresentado na figura 06 junto com a respectiva lista de instruções referente a este programa ladder.....	31
Figura 08: Exemplo de Grafcet..	33
Figura 09: Modelo de um sistema de ar condicionado de expansão indireta (água gelada com condensação a ar).....	34
Figura 10: Planta baixa das áreas do biotério.....	56
Figura 11: Encaminhamento rede de dutos de insuflamento e retorno	70
Figura 12: Planta do sistema de ar condicionado do biotério.....	73
Figura 13: Diagrama unifilar do quadro de distribuição geral projeto.....	80
Figura 14: Diagrama de força exaustores	82
Figura 15: Esboço do diagrama de comando dos exaustores e iluminação.....	84
Figura 16: Terminais de interligação do temporizador TM-619.....	85
Figura 17: CLP S7 200 da Siemens.....	88
Figura 18: Painel traseiro com as conexões eletroeletrônicas do controlador N480D da Novus.....	88
Figura 19: Diagrama de força para os circuitos do ar condicionado e automação.....	90
Figura 20: Grafcet de nível 1: automação do ar condicionado do biotério	92

Figura 21: Grafcet de nível 2: automação do ar condicionado do biotério	96
Figura 22: Diagrama ladder das transições.....	97
Figura 23: Primeira parte do diagrama ladder das etapas.....	98
Figura 24: Segunda parte do diagrama ladder das etapas.....	99
Figura 25: Diagrama ladder das ações.....	100
Figura 26: Lista de instrução da automação do ar condicionado do biotério	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Dados de manutenções corretivas em equipamentos de ar condicionado.....	16
Quadro 02: Quadro demonstrativo de alguns graus de risco na questão de biossegurança dos biotérios.....	23
Quadro 03: Classificação das luminárias de acordo com seu fluxo luminoso.....	43
Quadro 04: Iluminâncias para cada grupo de atividades visuais.....	46
Quadro 05: Luminária TBS 027 tabela de fator de utilização.....	47
Quadro 06: Índices de reflexões de iluminâncias nas paredes.....	47
Quadro 07: Fluxo luminoso luminárias.....	48
Quadro 08: Fator de manutenção.....	48
Quadro 09: Planilha simplificada cálculo de carga térmica.....	58
Quadro 10: Levantamento de carga térmica na sala de tuberculina.....	60
Quadro 11: Levantamento de carga térmica na sala de testes.....	62
Quadro 12: Levantamento de carga térmica na sala de quarentena.....	64
Quadro 13: Levantamento de carga térmica na sala de vacinação.....	66
Quadro 14: Memorial cálculo dutos do ramal 1.....	71
Quadro 15: Memorial cálculo dutos do ramal 2 e retorno.....	71
Quadro 16: Declaração de entradas CLP.....	94
Quadro 17: Declaração de saídas do CLP.....	94
Quadro 18: Declaração das transições para o graficet de nível 2 para o CLP.....	95
Quadro 19: Declaração das etapas para o graficet de nível 2 para o CLP.....	95
Quadro 20: Declaração dos temporizadores para a memória do CLP.....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF CET - Associação Francesa para a Cibernética Econômica e Técnica.

BTU – (Unidade Britânica Térmica (*British thermal unit*))

CLP – Controlador Lógico Programável

CPU – Unidade Central de Processamento

CQB – Controle de Qualidade Biológico

GRAFCET – Representação Funcional de Comandos Etapas e Transições)
(*Graphe Fonctionnel de Commande Étapes Transitions*)

IEC – Comissão Internacional de Eletrotécnica (*International Electrotechnical Commission*)

LD – Carrega (*Load*)

MCM – Metros cúbicos por minuto

MPM – Metros por minuto

NH³ – Amônia

ST – Armazena (*Store*)

UTAN – Unidade de tratamento de ar novo

VRV – Volume de refrigerante variável

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	12
1.1 TEMA.....	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
1.3 PROBLEMA E PREMISA	14
1.4 OBJETIVOS.....	17
1.4.1 Objetivo Geral	17
1.4.2 Objetivos Específicos.....	18
1.5 JUSTIFICATIVA	18
1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	19
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2.0 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 BIOTÉRIOS	21
2.1.1 Considerações para instalação de um biotério.....	22
2.1.2 Biossegurança nos Biotérios.....	22
2.2 AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS	23
2.2.1 Processos Físicos	25
2.2.2 Sensores e Atuadores.....	26
2.3 CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS.....	26
2.4 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO.....	28
2.4.1 Norma IEC 61131-3.....	29
2.4.2 Linguagem Ladder.....	30
2.4.3 Lista de instruções	31
2.4.4 Grafcet	32
2.5 AR CONDICIONADO	33
2.5.1 Expansão direta.....	35
2.5.2 Expansão indireta.....	36
2.5.3 Circuito básico de refrigeração.....	36
2.5.4 Aplicações de condicionamento de ar	37
2.5.5 Ar condicionado de conforto	38
2.5.6 Ar condicionado de processo.....	38
2.6 EXAUSTOR	39
2.7 LUMINOTÉCNICA.....	40
2.7.1 Lâmpada incandescente.....	41

2.7.2 Lâmpada fluorescente.....	41
2.7.3 Lâmpada de luz mista	41
2.7.4 Lâmpada a vapor de mercúrio	42
2.7.5 Lâmpada de vapor de sódio	42
2.7.6 Lâmpada de vapor metálico.....	42
2.7.7 Luminárias	43
3.0 DESENVOLVIMENTO.....	44
3.1 PROJETO LUMINOTÉCNICO	44
3.2 PROJETO DO SISTEMA DE EXAUSTORES	44
3.3 PROJETO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO	45
3.4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	46
3.5 DEFINIÇÕES DE CÁLCULO LUMINOTÉCNICO	46
3.6 CÁLCULO LUMINOTÉCNICO DAS SALAS.	49
3.6.1 Sala de tuberculina.....	49
3.6.2 Sala de testes.....	49
3.6.3 Sala de quarentena.	50
3.6.4 Sala de vacinação.....	51
3.6.5 Sala de máquinas	52
3.7 DEFINIÇÕES E CONCEITOS PARA CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA PARA O AR CONDICIONADO.....	52
3.7.1 Fatores de consideração para um cálculo de carga térmica.....	53
3.7.2 Carga térmica total.....	54
3.8 CÁLCULO CARGA TÉRMICA DO BIOTÉRIO.....	55
3.8.1 Explicação da planilha simplificada de cálculo de carga térmica.	57
3.8.2 Levantamento fatores de carga térmica existentes no biotério.....	58
3.8.3 Cálculo carga térmica total da instalação	66
3.8.4 Dimensionamento dos dutos.....	67
3.9 MEMORIAIS DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DE DISPOSITIVOS E DIAGRAMAS PARA O PROJETO	74
3.9.1 Exaustores.....	74
3.9.2 Características dos exaustores instalados no biotério.....	75
3.9.3 Cálculo da corrente nominal para os motores dos exaustores	76
3.9.4 Dimensionamento do rele térmico de proteção	76
3.9.5 Especificação dos contadores.	76
3.9.6 Dimensionamento dos condutores.....	77
3.9.7 Disjuntores de proteção para os circuitos de força.	77

3.9.8 Dimensionamento do disjuntor para circuito de comando	77
3.9.9 Dimensionamento do disjuntor geral do quadro de distribuição elétrica da instalação do biotério.....	78
3.9.10 Diagrama de força do circuito dos exaustores.....	81
3.9.11 Diagrama de comando e automação dos exaustores e do sistema de iluminação do biotério.....	83
3.9.12 Automação do sistema de ar condicionado.	87
3.9.13 Grafcet de automação do ar condicionado	92
3.9.14 Declarações das variáveis de entrada e saída para o CLP	94
3.9.15 Grafcet de nível 02 e Diagrama ladder	95
3.9.16 Lista de instrução.....	100
4.0 CONCLUSÃO.....	102
4.1 TRABALHOS FUTUROS	103
REFERÊNCIAS..	104
ANEXO 01 (Planta Baixa do Biotério)	108
ANEXO 02 (Planta de disposição e localização das luminárias)	110
ANEXO 03 (Planta do Ar Condicionado)	112
ANEXO 04 (Planta dos cortes nos dutos. Ar Condicionado)	114
ANEXO 05 (Planta da localização e detalhes dos exaustores)	116
ANEXO 06 (Diagrama de comando e força da iluminação)	118
ANEXO 07 (Diagrama de comando dos exaustores)	120
ANEXO 08 (Diagrama força dos exaustores)	122
ANEXO 09 (Diagrama força do ar condicionado e automação)	124
ANEXO 10 (Diagrama unifilar do projeto)	126
ANEXO 11 (Grafcet de nível 01 da automação do ar condicionado)	128
ANEXO 12 (Grafcet de nível 02 da automação do ar condicionado)	130
ANEXO 13 (Lista orientativa de materiais)	132

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

Cada vez mais se percebe que o avanço da tecnologia invade as casas, os escritórios, as escolas e as empresas. O número de computadores vem aumentando muito nas últimas décadas e causando reflexos na indústria, mudando a forma de trabalho e exigindo maior conhecimento, capacitação e aprendizagem por parte dos trabalhadores (MORAES, 2001).

A área da Automação Industrial está em crescente expansão no mundo todo, utilizando-se também os conceitos da Informática. A constante evolução da tecnologia permite que os equipamentos para automação e controle integrem os avanços obtidos nesse ramo de atuação rapidamente, chegando cada vez mais sofisticados e com maiores capacidades no mercado (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

Produzir em tempo reduzido e com qualidade é vital para a sobrevivência das empresas no mercado, visto que a concorrência é baseada na alta tecnologia de seus equipamentos (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

Este pensamento também vem sendo aplicado nas indústrias farmacêuticas, os processos automatizados estão sendo cada vez mais usados, devido ao fato de que estas trabalham com produtos que interferem diretamente na saúde física do usuário (POLITI, 2008).

Sendo assim, visando melhorar os sistemas de produção faz-se necessário um significativo investimento por parte das indústrias do segmento farmacêutico, na instalação de equipamentos com alta tecnologia como bioreatores, sistemas de purificação de água, tanques de preparo de vacinas, entre outros. Se nos laboratórios e áreas limpas dessas empresas é importantíssima a automação dos processos, na área dos biotérios não é diferente. Estes também, necessitam muito de um sistema de automação eficaz que garanta a esses ambientes todas as condições necessárias para um eficaz funcionamento. Redes de exaustão que funcionem de maneira automática e em horários programados auxiliando o processo de qualidade de ar interno, um sistema industrial de ar condicionado com rede de dutos de insuflamento e retorno de ar, iluminação artificial

automatizada e, assim como os exaustores, também com programações de horários que atendam a necessidade biológica dos animais com períodos temporizados de claro e escuro, entre outros itens, ajudam e muito a garantir uma boa funcionalidade dos biotérios, colaborando para que esses seres vivos nele presentes possam se desenvolver. Como consequência, essas melhorias irão colaborar com uma melhor infraestrutura para o biotério e auxiliarão os que trabalham nestes ambientes a terem melhores condições de trabalho e poderem desenvolver um serviço de melhor qualidade o que, com certeza, colaborará com as pesquisas e testes no desenvolvimento dos produtos biofármacos.

Este trabalho, desenvolverá o projeto de automação de salas de um biotério possibilitando sua futura execução. Este biotério faz parte do campus da área de controle de qualidade biológico de uma empresa do ramo farmacêutico localizada em Curitiba. Neste sentido, esta proposta, procurará fornecer subsídios e ideias para a automação de 3 itens importantes para o funcionamento de um biotério de criação de animais: a iluminação artificial, o sistema de exaustores e o sistema de ar condicionado das salas. A melhoria dessas questões contribuirá para o bom funcionamento da infraestrutura do biotério ajudando também nas funções biológicas e farmacêuticas das salas de criação de animais de pequeno porte. Além disso, melhorará também o ambiente para os colaboradores que trabalham nas salas. Nesta empresa em questão, conforme justificativas que virão a seguir, poderá se perceber que se faz necessária a melhoria desses ambientes e o objetivo primário deste projeto é contribuir para isso.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A infraestrutura do biotério de criação de animais, com a elaboração deste projeto, poderá ser automatizada para que o sistema de iluminação, os exaustores e todo o sistema de ar condicionado funcionem de maneira automática garantindo condições para que a iluminação artificial e a rede de exaustão funcionem nos tempos necessários e o ambiente seja climatizado com um sistema de ar condicionado corretamente dimensionado, visando garantir boas condições para o desenvolvimento da criação dos animais.

1.3 PROBLEMA E PREMISSE

Nas indústrias farmacêuticas os biotérios de animais podem ser considerados uma das mais importantes ferramentas, pois estão envolvidos diretamente nos testes e pesquisas da grande maioria dos seus produtos (POLITI, 2008).

O emprego de animais de laboratório, em conjunto com estudos realizados em humanos, fornece uma base para a compreensão de vários processos fisiológicos e patológicos importantes. Além disso, os resultados de estudos experimentais asseguram uma melhor compreensão e segurança para o desenvolvimento de técnicas medicinais (MAJEROWICZ, 2005).

Por se tratar de material biológico vivo, deve-se garantir sua integridade física, levando-se em consideração a genética, a nutrição, as contaminações microbiológicas e a correta manipulação, a fim de se evitar que ocorram conclusões inválidas nos experimentos (POLITI, 2008).

Esse projeto foi elaborado, porque na empresa em que o estudo está sendo levantado, constatou-se que é necessária a realização de uma melhoria significativa na questão da automatização dos sistemas, e em especial, nos biotérios.

A empresa possui instalações elétricas, hidráulicas e de ordem civil muito antigas, (em torno de 40 anos), e carece muito de uma manutenção mais cuidadosa pois há muitos anos não realiza um bom investimento principalmente no biotério do setor de controle de qualidade biológico. Os exatores não possuem sistema de filtragem. Os equipamentos de ar condicionado são próprios para utilização em escritórios e residências.

Devido a esses equipamentos não serem os mais adequados para esse tipo de ambiente, a manutenção corretiva dos mesmos é muito frequente. Trocas de compressores e válvulas reversoras do sistema de refrigeração são realizadas com uma frequência muito grande e os dispositivos não estão tendo a duração de sua vida útil de acordo com as especificadas pelos fabricantes destes dispositivos. Nesta empresa, como poderemos analisar pelo quadro 01, os problemas nesses dispositivos tem ocorrido em períodos inferiores a 2 anos.

Este índice de quebra é muito significativo. Porque, de acordo com Creder (2004), a vida útil, principalmente dos compressores, gira em torno de 5 a 7 anos.

Além disso, como os ar condicionados instalados nessas salas não trabalham com renovação de ar externo, infelizmente se mantém na sala um ar que não é 100% renovável e com um grande mau cheiro.

Essa questão é crítica pois, segundo relata Majerowicz, (2000), caso não haja um ajuste adequado na ventilação da sala de manutenção destes animais, certos produtos metabólicos começarão a se acumular no ambiente, prejudicando a saúde deles. O acúmulo de amônia, por exemplo, produto nitrogenado oriundo da ação de bactérias urease positivas sobre as excretas dos camundongos, podem afetar o sistema respiratório destes animais, favorecendo a incidência de infecções secundárias.

Também na questão da climatização, variações extremas de temperatura são mais prejudiciais do que temperaturas constantes próximas ao limite de tolerância, pois resultam em alterações metabólicas compensatórias, as quais afetarão os padrões normais de circulação, excreção além de alterações comportamentais (DE LUCA, 1996).

Essas questões apontadas pelos autores pesquisados nos dois últimos parágrafos, ressaltam a importância de um bom sistema de refrigeração e exaustão funcionando em perfeitas condições e de acordo com a necessidade de cada sala.

O quadro 01, é um levantamento realizado com base em relatórios de manutenções corretivas em compressores e válvulas reversoras realizadas na empresa nos últimos 3 anos.

Neste quadro é possível verificar que a incidência de substituições de dispositivos importantes na refrigeração é bastante significativa.

Relatório de Manutenções Corretivas dos Equipamentos de Ar Condicionado - Biotério Juvevê - CQB.				
Equipamento.	Local.	Descrição.	Capacidade.	Ano de fabricação.
1	Sala de Tuberculina	Split modelo piso-teto 220V 60Hz	24.000Btu/h	2008
2	Sala de Testes Biológicos	Split modelo piso-teto 220V 60Hz	48.000Btu/h	2008
3	Sala de Quarentena	Split modelo piso-teto 220V 60Hz	24.000Btu/h	2005
4	Sala de Vacinação	Split modelo piso-teto 220V 60Hz	21.000Btu/h	2008
Relatório de Intervenções nestes equipamentos: Triênio 2012/2013/2014.				
Trocas de Compressores:		Troca de Válvula Reversora:		
Equipamento 01 Trocado em 20.12.2012 Trocado em 15.10.2013		Equipamento 01 Trocada em 11.07.2012		
Equipamento 02 Trocado em 21.03.2013		Equipamento 02		
Equipamento 03 Trocado em 08.05.2013 Trocado em 11.04.2014		Equipamento 03 Trocada em 05.12.2013		
Equipamento 04		Equipamento 04 Trocada em 17.07.2014		

Quadro 01. Dados de manutenções corretivas em equipamentos de ar condicionado.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Como podemos analisar pelo quadro 01, num intervalo inferior a 3 anos realizou-se trocas de compressores quase que uma vez ao ano em quase todos os equipamentos.

Com a instalação de um sistema de ar condicionado industrial, distribuindo o ar com rede de dutos e difusores e atendendo as salas em um sistema único e corretamente dimensionado este problema pode ser resolvido.

A questão da iluminação é outro problema que essa proposta se propõem a resolvê-lo. Atualmente a iluminação artificial do biotério é feita por interruptores manuais onde o operador aciona as luminárias pela manhã e as desliga pela tarde. Como o expediente nesta empresa é de 5 dias, nos finais de semana os animais permanecem todo o período no escuro.

Segundo Majerowicz, (2005), é fundamental manterem-se os períodos de claro-escuro sem interrupção, pois do contrário, os animais podem sofrer estresse que desencadeará alterações metabólicas e comportamentais, tais como modificações do ciclo circadiano, ciclos reprodutivos, efetividade de drogas, etc.

Além disso, segundo Clough (1982), variações no fotoperíodo, em função da duração dos dias ou estações do ano, influenciam o comportamento reprodutivo, tempo de duração do parto e podem aumentar a incidência de tumores. É recomendável que o controle do iluminamento nas salas seja feito de modo automático e programado, pois o controle manual, invariavelmente, pode resultar em uma pequena variação nos períodos de claro/escuro.

Devido a esses fatores e justificativas de autores citados, faz-se importante automatizar os processos de climatização, exaustão e iluminação do biotério para auxiliar no processo, garantindo a estas salas melhores condições infraestruturais não só para os animais se desenvolverem com uma melhor condição, mas também para os colaboradores que ali trabalham. E que esses sistemas trabalhem sem a necessidade de intervenção do operador em todo o tempo.

Com o estudo realizado sobre este tema surge a seguinte questão:

Como elaborar um projeto para automatizar este biotério?

Acredita-se que com o uso de controladores lógicos programáveis, linguagens de programação, comandos eletromagnéticos, sensores de campo, e atuadores, em conjunto com os conhecimentos adquiridos durante o curso de especialização, seja possível realizar a automação deste ambiente que é essencial para produção dos biofármacos e pesquisas de ordem farmacêutica.

1.4 OBJETIVOS

Nesta seção enumeraremos os objetivos que pretendem-se atingir com a elaboração deste projeto.

1.4.1 Objetivo Geral.

Desenvolver um projeto de um sistema de automação para um biotério de animais de pequeno porte.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Levantar na empresa as necessidades essenciais e as justificativas para elaboração do projeto;
- Levantamento de carga térmica detalhada de todas as salas do biotério da empresa para dimensionamento correto do sistema de refrigeração;
- Definir os equipamentos e dispositivos que serão necessários no caso de eventual execução do projeto e que atendam aos requisitos necessários para um correto funcionamento do sistema;
- Elaborar desenhos dos diagramas elétricos e mecânicos do sistema de iluminação, exaustão e ar condicionado;
- Elaborar uma lista detalhada de materiais complementares para o projeto (controladores, clp, gabinetes de exaustão, difusores, dutos, equipamentos, miscelâneas (cabos, conectores, eletrodutos, e outros));
- Desenvolver um programa lógico de diagrama Grafcet e diagrama Ladder para o Controlador Lógico Programável (PLC) a ser utilizado no projeto de automação do sistema de ar condicionado.

1.5 JUSTIFICATIVA

A proposta de automatizar todos os controles e etapas das utilidades necessárias para um bom funcionamento de um biotério de animais de pequeno porte é um tema que está de acordo com a grade curricular do curso de especialização em automação industrial que é especializar profissionais para área de automação de diversos segmentos do mercado, entre eles o farmacêutico.

Segundo Chorilli (2007), as tendências preconizam a utilização de métodos alternativos (*estudos in vitro* culturas de células, e outras). Porém, os animais, como os camundongos, apresentam como principal vantagem o fornecimento de informações sobre o organismo como um todo, fato que não é conseguido com outras técnicas, o que ainda possibilita o seu emprego em pesquisas científicas.

Por isso, um biotério em ótimas condições e com seus sistemas de infraestrutura automatizados e essencial para o trabalho com os animais.

Pretende-se também, com este trabalho, adquirir experiência prática dentro de um ambiente industrial para que seja agregado ao conhecimento teórico adquirido em

sala de aula, pois para a solução deste problema, será necessário um estudo aprofundado do sistema de criação de animais, suas etapas, seus processos e seus componentes para que, sabendo esses referenciais, possa-se elaborar um projeto de automação para este fim, e que atenda as necessidades do local.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho se caracterizará como projeto de pesquisa de caráter qualitativo e quantitativo. O desenvolvimento da pesquisa se dará com o levantamento de dados, revisão bibliográfica além do projeto para execução do sistema de automação.

Será realizada uma análise nas instalações do biotério existente na empresa, com objetivo de obter informações necessárias para que se possa realizar o projeto de automação conforme a necessidade do setor biofármaco da empresa.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho consiste em demonstrar previamente os tópicos e capítulos a serem descritos neste projeto:

- Capítulo 1 – Introdução. Constará nesse capítulo a apresentação do tema, a delimitação do mesmo, o problema e premissa, os objetivos (principal e específicos), a metodologia da pesquisa aplicada e justificativa do trabalho.
- Capítulo 2 – Referencial teórico sobre biotérios, ar condicionado, luminotécnica, exaustores, e automação (linguagens de programação, controladores lógico programáveis, sensores, atuadores entre outros).
- Capítulo 3 – Constará no desenvolvimento do projeto. Um memorial descritivo descrevendo as instalações atuais do biotério e o que necessita ser realizado. No desenvolvimento também estarão os cálculos de carga térmica para especificação do equipamento e de todo o sistema de ar condicionado, dimensionamento dos circuitos de partida e automatização para os motores dos exaustores que já são existentes, cálculo luminotécnico para dimensionar as luminárias e quantidade delas, diagramas elétricos e suas descrições e as linguagens de programação utilizadas para montagem do programa de automação para o CLP, enfim, todo o ferramental necessário para a uma futura execução do projeto.

- Capítulo 4 – Conclusões bem como sugestões para uma eventual continuidade deste trabalho.
- Capítulo 5 – Referências.
- Anexos: plantas elétricas, mecânicas, graficet, ladder e lista de materiais necessários para a possível realização futura deste projeto de automação.

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será relatado o embasamento dos conceitos teóricos e fontes de pesquisa e dados necessários para a elaboração deste projeto.

2.1 BIOTÉRIOS.

A utilização de animais em laboratório sofreu um extraordinário aumento após a 2ª Guerra Mundial. O aumento das pesquisas científicas, tanto básicas como aplicadas, teve uma expansão explosiva ao longo das últimas décadas. Para essas pesquisas, o biotério é extremamente importante. Segundo sua finalidade, pode ser de produção de animais (central), mais sofisticado, e de manutenção (departamental) (GONÇALVES, 1983).

Biotérios são locais onde são criados e mantidos animais de pequeno porte com a finalidade de serem utilizados em pesquisas e testes em experimentação animal para desenvolvimento de produtos e vacinas na diversas áreas relacionadas a biologia. Nos biotérios, existem uma variedade muito grande de salas para animais, envolvendo salas para criação e produção, para manutenção, para cirurgias, quarentena ou ainda para manipulação de animais em experimentação (ANDRADE, 2002).

Mostra-se na Figura 01 a foto de um biotério.



Figura 01: Interior de um biotério.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Os biotérios de criação de animais proporcionam funções importantes para a área biológica: criação e manutenção de animais, assistência veterinária aos animais em experimentação e auxiliam no treinamento dos profissionais visando capacitá-los na criação e tratamento de animais de laboratório e ainda propiciam conhecimentos e programas de treinamento a estudantes e a todos que utilizam animais em sua experimentação (GONÇALVES, 1983).

2.1.1 Considerações para instalação de um biotério.

Um ponto importante para a instalação de um biotério é a localização, que está diretamente relacionada à sua finalidade. Além disso, as edificações devem apresentar certas facilidades para estacionamento, local adequado para carga e descarga de animais e insumos (MERUSSE; LAPICHICK, 1996).

Para os biotérios de experimentação, é conveniente que a edificação esteja próxima ao laboratório de pesquisa, com a instalação de barreiras sanitárias de proteção, tanto para o bioterista quanto para o meio ambiente. Com relação aos biotérios de criação, é apropriado que sejam instalados em áreas distantes de centros urbanos, isolando os animais de agentes biológicos que possam infectá-los ou contaminá-los, assegurando-se assim, o cumprimento das normas sanitárias adequadas de criação e manutenção (CARDOSO, 2001).

2.1.2 Biossegurança nos Biotérios

Uma questão importante a ser considerada nos biotérios é com respeito a biossegurança. Alguns odores animais são agressivos para os seres humanos. Grande parte deles é produzida pela decomposição bacteriana dos excrementos, porém não se devem usar produtos que os mascarem, pois podem ser nocivos aos animais. Esses odores podem ser controlados por procedimentos de limpeza e ventilação adequados. O mais comum e mais sério dos contaminantes ambientais dos biotérios é o amoníaco (NH₃), que se forma pela ação das bactérias (urease positiva) sobre os excrementos (GRIST, 1995).

A concentração do amoníaco é influenciada por muitos fatores, como: ventilação, umidade relativa, desenho das gaiolas, número e sexo dos animais nas mesmas, estado sanitário dos animais, alimentação etc. Nas salas de cirurgia e de

inoculação de animais de laboratório é comum o uso de anestésicos voláteis; entre eles, o éter. Esse composto pode produzir sintomas como dor de cabeça, cansaço e irritabilidade, entre outros (ANDRADE, 2002).

O quadro 02 nos mostra alguns graus de risco na questão de biossegurança dos biotérios.

NÍVEL DE BIOSSEGURANÇA	PRÁTICAS E TÉCNICAS	EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA	INSTALAÇÕES
1 Baixo risco – não causa doença ao homem ou ao animal.	Manejo-padrão para colônias convencionais.	_____	Básicas
2 Moderado risco individual e comunitário – causa doença ao homem ou ao animal.	Uso obrigatório de jaleco e luvas; descontaminação dos dejetos infectados e das gaiolas dos animais antes da higienização; acesso limitado e sinalização para alerta de riscos.	Barreira parcial (guichê de desinfecção); uso de dispositivo de proteção para o pessoal (máscara, respiradouro etc.) para a manipulação de agentes ou animais infectados que produzem aerossóis.	Básicas
3 Elevado risco individual e baixo risco comunitário – causa doença grave ao homem ou ao animal.	Práticas do nível 2, mais uniforme especial e acesso controlado.	Os do nível 2, porém, devem ser usados para todos os tipos de manipulações com animais infectados.	Alta segurança
4 Elevado risco individual e comunitário – causa doença incurável ao homem ou ao animal.	Prática do nível 3 mais troca de roupa de rua por uniforme especial em vestiário; ducha na saída; descontaminação de todos os dejetos antes de sua retirada do infectório.	Barreiras máximas, isto é, nível 3 de segurança biológica ou barreira parcial em combinação com: proteção total do corpo com uma peça única dotada de ventilação e pressão positiva, gaiolas dotadas de filtros, estantes com fluxo laminar etc.	Segurança máxima

Quadro 02: Quadro demonstrativo de alguns graus de risco na questão de biossegurança dos biotérios.

Fonte: Andrade (2002).

2.2 AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

A automação pode ser definida como a tecnologia por meio da qual um processo ou procedimento é alcançado sem assistência humana. É realizada utilizando-se um programa de instruções combinado a um sistema de controle que executa as instruções. Para automatizar um processo, é preciso energia não só para conduzir o processo como para operar o programa e o sistema de controle (GROOVER, 2010).

É também um conceito e um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

As tecnologias que utilizam sistemas mecânicos, eletromecânicos e computacionais para atuar no controle de processos podem ser definidas, na indústria, como automação. Os principais motivos que levam as empresas a automatizarem os seus processos são (SOUZA, 2005):

- redução de custos de pessoal devido à substituição por máquinas;
- aumento da qualidade dos produtos devido à precisão das máquinas;
- redução de produtos em estoque devido ao aumento da produtividade;
- redução de perdas de produtos;
- diminuição no tempo de fabricação.

Alem disso, segundo Capelli (2007), automatizar processos e máquinas traz inúmeros benefícios principalmente nas linhas de produção, pois aumentam a confiabilidade dos dispositivos e equipamentos, ajudam a redução de retrabalhos e descartes, aumentam a produtividade, diminuem o tempo de máquina paradas e melhoram a qualidade do produto final.

Os processos automatizados utilizam técnicas que permitem, através do uso de controladores e algoritmos de controle, armazenar suas informações, calcular o valor desejado para as informações armazenadas e, se necessário, tomar alguma ação corretiva. Este tipo de comportamento representa o funcionamento de um sistema realimentado ou em malha fechada. A montagem de automóveis através de robôs é um dos exemplos mais comuns de processos automatizados na indústria atualmente (SOUZA, 2005).

Uma representação da automação industrial em níveis de abstração pode ser observada na Figura 02. A estrutura topológica que representa a distribuição dos principais elementos envolvidos na automação de um processo industrial pode ser observada na Figura 03.



Figura 02: Automação Industrial em Níveis de Abstração.
Fonte: Souza (2005).

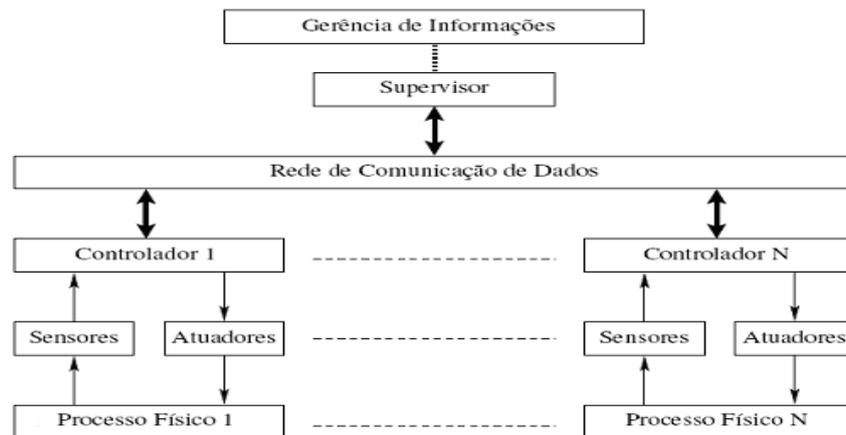


Figura 03: Automação Industrial – Topologia
Fonte: Souza (2005).

Para concluirmos esse pequeno referencial teórico sobre a automação e seus conceitos e evoluções dentro dos processos produtivos, podemos verificar pela história, que a sociedade ativa da época da revolução industrial era formada por operários, homens executores de tarefas repetitivas que, dentro de uma concepção mecânica, tornavam-se escravos da máquina. Na nossa sociedade atual, verifica-se um trabalhador portador de conhecimento, executor de si mesmo, dentro de uma concepção digna, estão descobrindo uma nova relação de produção, inserida à revolução científica e técnica do novo significado do trabalho (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

2.2.1 Processos Físicos

Os processos físicos representam o objeto da automação, sendo supervisionados e monitorados, fornecendo informações que são utilizadas tanto no controle dos processos quanto na gerência dos dados (SOUZA, 2005).

2.2.2 Sensores e Atuadores

Os sensores são dispositivos que mudam seu comportamento sob a ação de uma grandeza física, podendo fornecer diretamente ou indiretamente um sinal que indica esta grandeza. Quando operam diretamente, convertendo uma forma de energia neutra, são chamados transdutores. Os de operação indireta alteram suas propriedades, como a resistência, a capacitância ou a indutância, sob ação de uma grandeza, de forma mais ou menos proporcional. O sinal de um sensor pode ser usado para detectar e corrigir desvios em sistemas de controle, e nos instrumentos de medição (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

Segundo Franchi; Camargo (2013), os transdutores são dispositivos que convertem uma condição física do elemento sensor em um sinal elétrico para ser utilizado pelo controlador lógico programável através da conexão às entradas do CLP.

Já o atuador é um elemento que produz movimento, atendendo a comandos que podem ser manuais ou automáticos. Como exemplo, pode-se citar atuadores de movimento induzido por cilindros pneumáticos ou cilindros hidráulicos e motores, dispositivos rotativos com acionamento de diversas naturezas (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

A função do atuador é converter o sinal elétrico oriundo do CLP em uma condição física, normalmente ligando ou desligando algum elemento. Os atuadores são conectados às saídas do CLP (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

2.3 CONTROLADORES LÓGICO PROGRAMÁVEIS

Controlador Lógico Programável ou Controlador Programável, conhecido também por suas siglas CLP ou CP e pela sigla de expressão inglesa PLC (*Programmable Logic Controller*), é um dispositivo especializado, baseado num microprocessador que desempenha funções de controle de diversos tipos e níveis de complexidade (ALVES, 2005).

Podemos também considerar o CLP um computador projetado para trabalhar no ambiente industrial. Os transdutores e os atuadores são conectados a robustos cartões de interface. Comparados com um computador de escritório, os primeiros CLPs tinham um conjunto de instruções reduzidos e não possuíam entradas analógicas, e só podiam

manipular somente aplicações de controle discreto. Atualmente, com as melhorias de projeto e o uso cada vez maior de circuitos integrados, pode-se utilizar um CLP para circuitos equivalentes a 15 relés (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

Com *hardware* e *software* compatíveis com aplicações industriais, o CLP é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos (ALVES, 2005).

As principais vantagens apresentadas pelo CLP são (SOUZA, 2008):

- interfaces de operação e programação facilitadas ao usuário;
- instruções de aritmética e manipulação de dados poderosas;
- recursos de comunicação em redes de CLPs;
- confiabilidade;
- flexibilidade;
- velocidade.

A Figura 04 apresenta um modelo de um controlador lógico programável, utilizado para automatizar sistemas de pequeno porte, o diagrama de blocos de um CLP pode ser visualizado na Figura 05.



Figura 04: CLP com Blocos Expansores
Fonte: Wintech (2014).

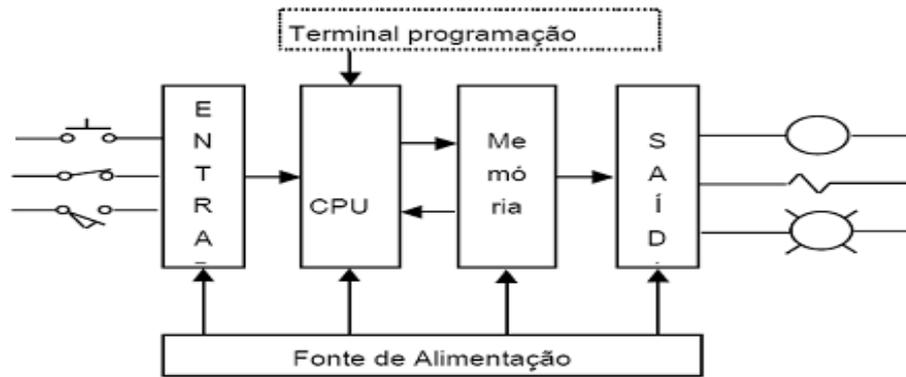


Figura 05: Diagrama de Blocos de um CLP
Fonte: Franchi; Camargo (2013).

Como pode-se verificar na Figura 05, o CLP é basicamente composto por dois elementos principais: uma Unidade Central de Processamento (CPU) e interfaces para os sinais de entrada e saída. A CPU segue os padrões similares às arquiteturas dos computadores digitais, os quais são compostos basicamente por um processador, um banco de memória (tanto para dados como para programas) e um barramento para interligação (controle, endereçamento de memória e fluxo de dados entre os elementos do sistema) (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

O controlador lógico programável também é altamente versátil no modo de programação. Entre as suas principais funções temos: relações lógicas, matemáticas, números inteiros e binários, ponto flutuante (reais), operações trigonométricas, aritméticas, transporte, armazenamento de dados, comparação, temporização, contagem e sequenciamento (CAPELLI, 2007).

2.4 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO

Genericamente, linguagem é um meio de transmissão de informações entre dois ou mais elementos com capacidade de se comunicarem. Esses elementos não ficam restritos aos seres humanos, nem mesmo é exclusividade dos seres vivos, já que as máquinas podem ser construídas com tal capacidade. Basicamente, podemos definir linguagem de programação como um conjunto padronizado de instruções que o sistema computacional é capaz de reconhecer (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

A linguagem de programação foi criada no sentido de resolução de problemas para a automação de processos. Para problemas nos sistemas de controle, a melhor solução é a introdução de controladores lógico programáveis na área de automação.

Porém, com o passar do tempo, o número de fabricantes disponíveis no mercado mundial foi aumentando gradativamente. Cada empresa possuía uma determinada solução para um mesmo processo bem como o uso de sua própria linguagem de programação. Isso ocasionava um problema grande na indústria pois não havia um critério de padronização (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

Até início de 1990 não havia uma técnica-padrão de programação de CLPs. Podemos dizer que a única coisa em comum que os vários fabricantes tinham era o fato de todos utilizarem diferentes linguagens de programação para seus produtos. Esse fenômeno gerava desperdício de tempo, alto custo em treinamento e falta de integração de sistemas (CAPELLI, 2007).

2.4.1 Norma IEC 61131-3.

Com o propósito de estabelecer um padrão de modo pelo qual os softwares de programação pudessem processar seus comandos, manipular suas variáveis e sua própria estrutura de apresentação, foi criado um comitê internacional (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

Este comitê criou a *International ElectroTechnical Commission* (IEC) que realizou trabalhos para padronizar a programação para os CLPs. Incluiu designs de hardware, instalações, testes, documentações, comunicações e programação. A norma publicada por esse órgão foi a IEC 61131-3 que ao longo dos anos teve várias atualizações (CAPELLI, 2007):

Parte 1: terminologia, conceitos e informações gerais (1992);

Parte 2: testes de construção elétrica e mecânica (1992);

Parte 3: linguagens de programação, estrutura do software e execução do programa (1993);

Parte 4: seleção, instalação e manutenção de CLPs (1995);

Parte 5: comunicação com outros dispositivos eletrônicos (1995);

Parte 6: comunicação via protocolos de redes industriais (1997);

Parte 7: linguagens de programação (1999).

A norma IEC 61131-3 reconhece dois grandes blocos que representam o tipo de linguagem de programação utilizada, cada qual contendo um conjunto de linguagens correntes. São elas:

Linguagens gráficas: são os diagramas de funções seqüenciais (GRAFCET), os diagramas de contatos (LADDER) e os diagramas de blocos ou diagramas de blocos de funções. Linguagens textuais: são as listas de instruções ou mnemônicos booleanos e o texto estruturado ou parâmetros idiomáticos (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

2.4.2 Linguagem Ladder

Ladder é uma linguagem gráfica baseada na lógica de relés e contatos elétricos para a realização de circuitos de comandos de acionamentos. A Figura 06 apresenta um diagrama Ladder. Por ser a primeira linguagem utilizada pelos fabricantes, é a mais difundida e encontrada em quase todos os CLPs atualmente. Bobinas e contatos são os símbolos utilizados nesta linguagem. Os símbolos e contatos programados em uma linha representam as condições que serão avaliadas de acordo com a lógica. Como resultado, determinam o controle de uma saída, que normalmente é representada pelo símbolo de uma bobina (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

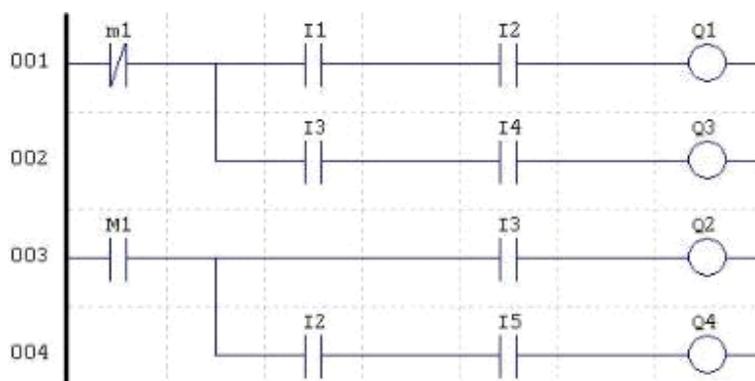


Figura 06: Representação gráfica de um diagrama ladder.
Fonte: Euípedes (2007).

O diagrama de contatos (Ladder) consiste em um desenho formado por duas linhas verticais, que representam os pólos positivo e negativo de uma bateria, ou fonte de alimentação genérica. Entre as duas linhas verticais são desenhados ramais horizontais que possuem chaves. Estas podem ser normalmente abertas, ou fechadas e representam os estados das entradas do CLP. Já as bobinas, são representadas por círculos e mostram as saídas analógicas ou digitais do controlador lógico programável (EUÍPEDES, 2007).

2.4.3 Lista de instruções

É um tipo de linguagem puramente seqüencial com comandos como *load* (LD) e *store* (ST), isto é, basicamente, essa linguagem carrega uma determinada condição em uma linha que condiciona o armazenamento de uma saída em outra linha. Ela usa o conceito de acumulador para armazenar os resultados intermediários (EUÍPEDES, 2007).

As regras principais de formação de um programa em lista de instruções são (FRANCHI; CAMARGO, 2013):

Cada instrução deve começar com uma nova linha;

Uma instrução é composta de um operador e operandos (instrução = operador + operandos);

O operador pode ou não incluir um modificador;

Caso seja necessária a inclusão de mais de um operando, eles devem ser separados por vírgulas;

Se for desejada a inclusão de comentário, ele deve ser o último elemento da linha;

Um comentário é iniciado pela sequência de caracteres (* e terminado pela sequência *);

Linhas em branco podem ser inseridas entre instruções;

Um comentário pode ser colocado em linha sem instruções.

A Figura 07 exemplifica um modelo de lista de instruções baseado em um diagrama ladder semelhante ao exemplo apresentado na Figura 06:



Figura 07: Diagrama ladder semelhante ao apresentado na figura 06 junto com a respectiva lista de instruções referente a este programa ladder.

Fonte: Euípedes (2007).

2.4.4 Grafcet

O grafcet, (acrônimo do francês *Grphe Fonctionnel de Commande, Étapes Transitions*) é um modelo de representação gráfica do comportamento da parte de comando de um sistema automatizado (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

Ele surgiu no ano de 1977 em um grupo de trabalho da *Association Française pour La Cybernétique Economique et Technique*, isto é, a Associação Francesa para a Cibernética Econômica e Técnica (AFCET). A criação do grafcet foi necessária, entre outros motivos, devido as dificuldades para a descrição de processos com várias etapas simultâneas utilizando linguagens normais de programação. Por meio do grafcet é possível modelar uma grande variedade de sistemas seqüenciais, desde os mais simples até os mais complexos (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

É constituído por uma simbologia gráfica com arcos orientados que interligam etapas e transições por uma interpretação das variáveis de entrada e saída da parte de comando de um sistema automatizado caracterizadas como receptividade e ações; e por regras de evolução que definem formalmente o comportamento dinâmico dos elementos comandados (SILVEIRA; SANTOS, 1999).

O grafcet é um gráfico fechado e cíclico composto de etapas, transições e arcos orientados. Os arcos ligam etapas a transições e transições a etapas. Uma etapa pode ter um determinado número de ações associadas. As transições sempre têm uma receptividade associada. Uma receptividade é dada na forma de uma expressão lógica e está sempre relacionada a uma certa transição. No grafcet, um sistema seqüencial evolui por etapas. Uma etapa é simbolicamente representada por um quadrado e identificada por um número ou combinação alfanumérica no seu interior. Em qualquer instante uma etapa encontra-se em dois estados possíveis, sendo ativa ou inativa. Quando o sistema está em uma determinada etapa, diz-se que esta etapa está ativa. (FRANCHI; CAMARGO, 2013).

As ações são representadas por retângulos colocados à direita das etapas às quais estão associadas. Quando aquela determinada etapa está ativa, essas ações podem ser realizadas. As ações representam os efeitos que devem ser obtidos sobre o mecanismo controlado em uma determinada situação ou seja “o que deve ser feito”. Em outros casos, pode também representar uma ordem de comando que especifica o “como deve ser feito” (SILVEIRA ; SANTOS, 1999).

O princípio de funcionamento básico dos condicionadores de ar, nada mais é do que a troca de temperatura do ambiente, através da passagem do ar pela serpentina do evaporador que por contato sofre queda ou aumento de temperatura, dependendo do ciclo utilizado, baixando a umidade relativa do ar. Quando alcançada a temperatura desejada um sensor localizado no evaporador faz uma leitura e indica que a temperatura ajustada no evaporador foi atingida e este sensor por sua vez desliga o compressor, fazendo com que o equipamento mantenha a temperatura. Este sensor mantém o controle da temperatura. Uma nova mudança significativa de temperatura abaixo ou acima da estipulada aciona-se novamente o compressor que iniciará um novo ciclo de refrigeração para atingir novamente a temperatura desejada (YORK, 1998).

Basicamente existem dois sistemas de ar condicionado: de expansão ou evaporação direta que é quando o condicionador recebe diretamente do recinto ou através de dutos a carga de ar frio ou quente. Outro sistema seria o de expansão indireta ao qual o condicionador utiliza um meio intermediário (água ou salmoura) para retirar a carga térmica que é transmitida pelo ar frio ou quente (CREDER, 2004).

A Figura 09, exemplifica um circuito de refrigeração do modelo de expansão indireta:

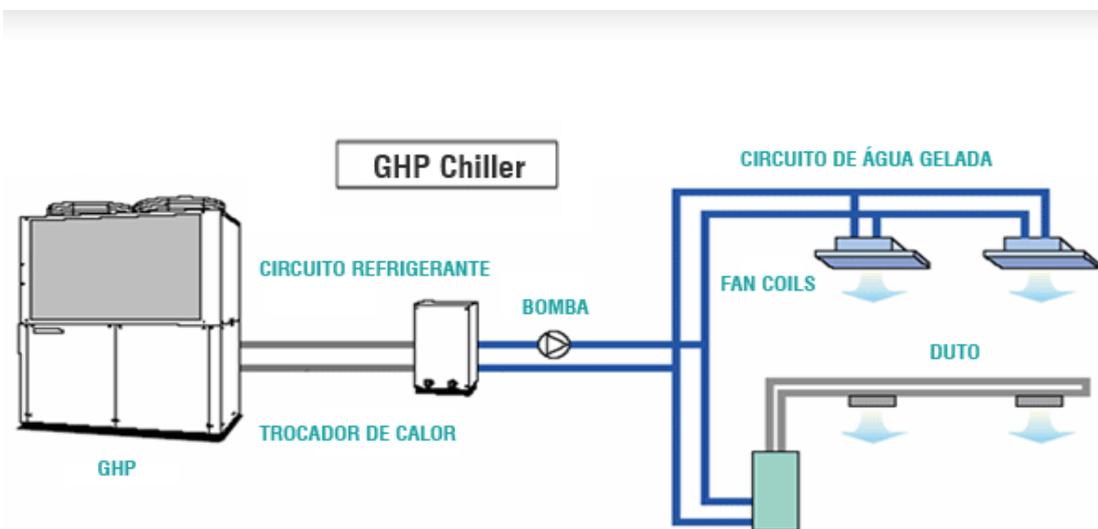


Figura 09: Modelo de um sistema de ar condicionado de expansão indireta (água gelada com condensação a ar).
Fonte: Congas (2014).

Este circuito exemplificado pela Figura 09 é um modelo de um sistema de ar condicionado de expansão indireta. Possui um chiller (GHP) que é um resfriador de

líquidos, isto é, uma máquina que possui a função de refrigeração de água para equipamentos de ar condicionado. Esse equipamento realiza um ciclo de refrigeração junto com o trocador de calor do circuito e refrigeram a água que circula em uma tubulação e é empurrada por uma bomba centrífuga em direção aos Fan Coils.

Já os Fan Coils são máquinas que comportam em seu interior serpentinas de cobre/alumínio por onde circula água gelada. Possuem um ventilador provido de motor e correias que tem a função de captar o ar do ambiente, passar este ar por um sistema de filtros, e após, pelas serpentinas onde será refrigerado e devolver através do dutos de insuflamento ao ambiente a ser condicionado. Este é o circuito desenvolvido e exemplificado pela Figura 09.

2.5.1 Expansão Direta.

Os equipamentos de expansão direta caracterizam-se por disporem de serpentinas onde o fluido refrigerante é expandido absorvendo calor e arrefecendo o espaço em redor. Neste espaço é que atravessa o ar a ser tratado, o qual é refrigerado pelo contato direto com as serpentinas. Esse tipo de sistema é usado em equipamentos compactos auto contidos que são aqueles que reúnem, numa única unidade, (uma única carcaça), todas as funções requeridas para o funcionamento do ar condicionado. A totalidade do ciclo de refrigeração é realizada no interior desta unidade (condensador, válvula reversora, compressor, evaporador e demais componentes do circuito de refrigeração ficam todos em um mesmo compartimento). O exemplo mais comum desse tipo de equipamento são os ar condicionado individuais de janela (MONTEIRO, 2009).

Os equipamentos *split*, (que tem origem na palavra inglesa que significa: “separado”), diferenciam-se dos sistemas compactos por estarem divididos em duas unidades separadas, isto é, uma situada no exterior e outra no interior do local a climatizar. Esta separação tem como objetivo dividir as fases do ciclo de refrigeração, ficando a fase de evaporação no interior e a fase de condensação no exterior. Ambas as unidades estão unidas entre si, através de tubos por onde circula o gás refrigerante (QUADRI, 2007).

Já os sistemas multi split constituem uma variação dos sistemas split. Esses equipamentos possuem uma única unidade de condensação exterior, à qual se podem ligar duas ou mais unidades de evaporação interiores. Este equipamento possui um princípio denominado volume de refrigerante variável (VRV), que permite que sejam

colocadas várias evaporadoras instaladas nesta unidade condensadora pois o VRV executa a regulagem do fluido refrigerante permitindo que os diversos ambientes atendidos pela mesma unidade condensadora tenham diferentes tipos de temperatura (QUADRI, 2007).

Todos estes sistemas citados anteriormente, possuem ventiladores para realizar a circulação do ar que arrefece ou aquece o condensador e o ar que é tratado e arrefecido ou aquecido para ser introduzido no interior. Também existem sistemas refrigerados a água, nos quais a condensação do refrigerante é produzida mediante água em circulação através de bombas e tubagens, empregando uma torre de arrefecimento (MONTEIRO, 2009).

2.5.2 Expansão Indireta.

Este tipo de sistema utiliza unidades de produção de água refrigerada (chillers). A água refrigerada é então distribuída por meio de tubulação para vários tipos de equipamentos de tratamento do ar. Essas pequenas unidades terminais de tratamento de ar destinadas a uso local são denominadas ventilo convectores ou *fan coils* e podem, simplesmente, apenas incluir um filtro de ar, uma serpentina e um ventilador. Já as grandes unidades de tratamento de ar que condicionam 100% de ar novo exterior, (não aproveitando qualquer ar recirculado), são conhecidas como unidades de tratamento de ar novo (MONTEIRO, 2009).

Essas máquinas, recebem a água gelada por tubulações que possui a função de refrigerar as serpentinas desta unidade para que o ar seja refrigerado quando passa por elas. Para a situação de aquecimento normalmente essas unidades possuem um banco de resistência que aquecem o ar em princípio semelhante ao da serpentina (YORK, 1998).

Os equipamentos de expansão indireta são utilizados principalmente para grandes instalações (restaurantes, shoppings, teatros, indústrias, áreas de grande público entre outros) (CREDER, 2004).

2.5.3 Circuito Básico de Refrigeração

Neste tópico, exemplificaremos basicamente, o funcionamento de um circuito de refrigeração para um ar condicionado do tipo *split system* que é o tipo de equipamento mais comum de encontramos nas instalações prediais. Vale ressaltar que o

ciclo de refrigeração, em geral, é um princípio muito semelhante para qualquer equipamento de ar condicionado (YORK, 1998).

O modelo *split system* é um equipamento que possui duas máquinas que trabalham em um ciclo único: o condensador que fica no ambiente externo e o evaporador que fica no interior da sala (QUADRI, 2007).

Este tipo de equipamento, no seu ciclo de refrigeração em geral, não trabalha com água ou salmoura como meio intermediário para a troca térmica. Eles utilizam um fluido refrigerante para a realização do ciclo térmico. No caso da operação de refrigeração por exemplo, o gás refrigerante sai do compressor em alta pressão e alta temperatura do equipamento de ar condicionado pelas tubulações em direção ao condensador. No caminho que percorre no condensador o refrigerante perde calor e na passagem pelo tubo capilar e filtro secador perde ainda mais temperatura chegando ao evaporador em uma temperatura agradável ao ambiente interno. Neste processo, o equipamento troca calor do ambiente interno para o externo. Normalmente o ar na evaporadora sai agradável e o ar que sai na ventilação da condensadora fora da sala está com a temperatura bem elevada (YORK, 1998).

Já para a operação de aquecimento o princípio é o mesmo. A diferença é que, o ciclo será inverso, devido a existência da válvula reversora que possui a função de mudar o caminho que o gás refrigerante vai percorrer. Com esta ação, a unidade de condensação e a evaporadora trocam de papel. O ciclo de funcionamento dos dispositivos é o mesmo, porém, de maneira inversa. Quem tem a temperatura mais elevada é o evaporador (ambiente interno) e o condensador tende a ficar com temperatura mais amena (ambiente externo) (MONTEIRO, 2009).

2.5.4 Aplicações de Condicionamento de Ar

Segundo as suas aplicações principais, o condicionamento de ar é dividido geralmente em ar condicionado de conforto e de processo. Em ambas as aplicações do ar condicionado, o objetivo poderá ser não apenas o controle da temperatura, mas também da umidade, da qualidade do ar e do movimento do ar de espaço para espaço (CHAVES, 2009).

2.5.5 Ar Condicionado de Conforto

Entende-se por ar condicionado de conforto, uma unidade de climatização interior de ar condicionado de conforto de uma habitação. Tem como finalidade principal, proporcionar a esse ambiente interior condições de temperatura que se mantenham relativamente constantes e que ofereçam mais conforto às pessoas, apesar das variações das condições meteorológicas exteriores e das cargas térmicas interiores (MONTEIRO, 2009).

Normalmente para esse tipo de instalação e em áreas inferiores a 70m² (escritórios e residências), são mais indicados os Splits Systems ou aparelhos de janela (expansão direta) pois são de fácil instalação e como serão apenas utilizados para conforto atendem bem a esses requisitos. Para instalações maiores do que 70m² por ambiente e com cargas térmicas (elevado número de pessoas e equipamentos) bem elevadas, recomenda-se os multisplits ou seja, um condensador para atendimento de vários locais com volume de refrigerante variável. Isso permite a aplicação de controles eletrônicos microprocessados que podem dosar a quantidade de refrigerante para cada ambiente garantindo um melhor controle do ambiente climatizado. (CREDER, 2004).

2.5.6 Ar Condicionado de Processo

Em termos de processo, o ar condicionado destina-se a garantir condições ambientais adequadas à execução de um determinado processo, independentemente da carga térmica e umidade interiores e das condições meteorológicas exteriores. É um processo muito mais crítico e exige maior cuidado do que instalações de ar condicionado de conforto. Apesar destas condições ambientais se incluírem frequentemente dentro dos padrões de conforto humano, são as necessidades do processo que as determinam e não as necessidades humanas (MONTEIRO, 2009).

Nas aplicações de ar condicionado de processo, podemos incluir instalações principalmente em centros de medições, calibrações e qualidade de produtos, áreas limpas e hospitais. Nos hospitais, em geral, existe a necessidade de o ar ser altamente filtrado para reduzir os riscos de infeção e a umidade é controlada para limitar a desidratação dos pacientes. Apesar das temperaturas se encontrarem dentro dos padrões de conforto, alguns procedimentos e especialidades, necessitam de variações mais baixas e em outros casos, de temperaturas relativamente mais altas. Neste caso, o

sistema de condensação de ar deve possuir um controle muito maior além de ter um sistema de controle de temperatura e climatização para cada ambiente com maior precisão e com funcionamento de acordo com a necessidade de cada caso (QUADRI, 2007).

Outros processos dentro da área de saúde, como as industriais farmacêuticas, e setores de calibração, medição, laboratórios, entre outros, possuem a necessidade de um controle crítico nos seus sistemas de ar condicionado pois seus processos precisam de níveis muito elevados de limpeza do ar, bem como um estrito controle da temperatura e umidade. Outros casos críticos que podemos apontar para a questão de instalações de ar condicionado de processos são os viveiros e biotérios para a criação de animais (QUADRI, 2007; MONTEIRO, 2009).

2.6 EXAUSTOR

O exaustor industrial, assim como na ventilação industrial tem a função retirar ou fornecer ar a ambientes fechados, como grandes galpões, salas e barracões industriais ou empresas que possuem grandes maquinários. São utilizados para aeração de ambientes com excesso de temperatura, umidade, vapores, fumaça, mofo, odores, e outros poluentes. O processo de exaustão tem por finalidade retirar primeiramente o calor do ambiente e além disso retirar impurezas do ar mantendo a limpeza geral no ar do ambiente (ARAÚJO, 2007).

Os exaustores industriais além de realizarem sua principal função que é renovar o ar e retirar calor do ambiente, tem também a responsabilidade de manter o ambiente propício para que seja possível o desenvolvimento de atividades naquela determinada área com um clima de bem estar e livres de possíveis contaminações pelo ar, seja por gases, fumaça ou mesmo dentro de um ambiente muito quente onde bactérias e fungos se proliferam com mais facilidade (QUADRI, 2007).

Embora, na maioria dos casos, os exaustores contenham motores elétricos, há modelos em que a energia utilizada é fornecida pela própria natureza (vento ou correntes de convecção). Estes últimos, são tipos de exaustores usados em grande escala em indústrias. Podem também ser instalados em interiores, utilizando-se de dutos para conduzir o ar servido às áreas externas de uma construção (ARAÚJO, 2007).

2.7 LUMINOTÉCNICA

Luminotécnica é o estudo da aplicação de iluminação artificial tanto em espaços interiores como exteriores. Para um bom entendimento dos elementos da luminotécnica, é necessário se falar sobre algumas grandezas e conceitos importantes (CREDER, 2007):

Luz: não há como falar em luminotécnica sem considerá-la. A luz representa a parte do espectro magnético que é visível ao olho humano, ou seja, é a radiação capaz de nos produzir sensação visual. Sua cor depende do comprimento de onda da radiação (MOREIRA, 1987; CREDER, 2007).

Fluxo Luminoso: é a grandeza característica de um fluxo energético, exprimindo sua aptidão de produzir uma sensação luminosa no ser humano através do estímulo da retina ocular. Pode ser entendido também, de uma forma mais técnica, como a quantidade total de luz emitida por segundo por uma fonte luminosa. Sua unidade de medida é o *lumen* (lm) (MOREIRA, 1987; CREDER, 2007).

Intensidade Luminosa: indica como se distribui, em todas as direções, a energia irradiada. Assim, duas fontes luminosas podem ter igual potência e, no entanto, uma delas, numa dada direção, emitir muito mais energia que outra. A unidade mais comumente usada é a *candela* (cd) (MOREIRA, 1987; CREDER, 2007).

Iluminância ou iluminamento: é a relação entre o fluxo luminoso incidente numa superfície e a superfície sobre a qual este incide; ou seja é a densidade de fluxo luminoso na superfície sobre a qual este incide. A unidade é o LUX (CREDER, 2007).

Exemplos de iluminância:

- Dia ensolarado de verão em local aberto: aproximadamente 100.000 lux
- Dia encoberto de verão: aproximadamente 20.000 lux
- Dia escuro de inverno: aproximadamente 3.000 lux
- Boa iluminação de rua: aproximadamente 20 a 40 lux
- Noite de lua cheia: aproximadamente 0,25 lux
- Luz de estrelas: aproximadamente 0,01 lux.

Luminância: é um dos conceitos mais abstratos que a luminotécnica apresenta. É através da luminância que o homem enxerga. No passado denominava-se *brilhança*, querendo significar que a luminância está ligada aos brilhos. A diferença é que a luminância é uma excitação visual, enquanto que o brilho é a resposta visual. A luminância é quantitativa e o brilho é sensitivo. É a diferença entre zonas claras e

escuras que permite que se aprecie uma escultura, que se aprecie um dia de sol. As partes sombreadas são aquelas que apresentam a menor luminância em oposição às outras mais iluminadas (MOREIRA, 1987).

2.7.1 Lâmpada Incandescente

As lâmpadas incandescentes possuem bulbo de vidro, em cujo interior existe um filamento de tungstênio espiralado, que é levado a incandescência pela passagem da corrente (efeito Joule). Sua oxidação é evitada pela presença de gás inerte (níquel ou argônio) ou vácuo dentro do tubo. O alto fluxo luminoso das novas lâmpadas incandescentes é obtido com filamentos de dupla espiralagem feitos de tungstênio puríssimo (COSTA, 1998).

2.7.2 Lâmpada Fluorescente

São lâmpadas que utilizam a descarga elétrica através de um gás para produzir energia luminosa. As lâmpadas fluorescentes tubulares consistem de um bulbo cilíndrico de vidro, tendo em suas extremidades eletrodos metálicos de tungstênio recobertos de óxidos que aumentam seu poder emissor, por onde circula a corrente elétrica. Em seu interior existe vapor de mercúrio ou argônio a baixa pressão e as paredes internas do tubo são pintadas com materiais fluorescentes conhecidos por cristais de fósforo (complexo de cálcio, fósforo, bário, zinco, etc) (MOREIRA, 1987; COSTA, 1998).

2.7.3 Lâmpada de Luz Mista

Constam de um tubo de arco de vapor de mercúrio em série com um filamento incandescente de tungstênio que, além de produzir fluxo luminoso funciona como elemento de estabilização da lâmpada. Reúne características da lâmpada incandescente, fluorescente e vapor de mercúrio porque a luz do filamento emite luz incandescente, a luz do tubo de descarga a vapor de mercúrio emite intensa luz azulada e a radiação invisível (ultravioleta), em contato com a camada fluorescente do tubo, transforma-se em luz avermelhada (MOREIRA, 1987; COSTA, 1998).

2.7.4 Lâmpada a Vapor de Mercúrio

Constam de um tubo de descarga feito de quartzo para suportar elevadas temperaturas, tendo em cada extremidade um eletrodo principal, de tungstênio recoberto com material emissor de elétrons (COSTA, 1998).

As características principais da lâmpada de vapor de mercúrio é possuir elevado fluxo luminoso, vida útil de aproximadamente 16.000 horas, eficiência luminosa 55lm/W em média (relativamente baixa quando comparada aos demais tipos de lâmpadas de descarga). Assim como as lâmpadas de vapor de sódio, ela possui um baixo índice de reprodução de cores (pode ser melhorado através da utilização de fósforo), e normalmente necessita de reator como ferramenta auxiliar para seu funcionamento. É muito utilizada em sistemas de iluminação pública urbana (COTRIM, 2003; CREDER, 2007).

2.7.5 Lâmpada de Vapor de Sódio

Produzem uma luz monocromática amarela, sem ofuscamento, e são apresentadas como a melhor solução para iluminação em locais onde existe névoa ou bruma. As lâmpadas de vapor de sódio a alta pressão têm um tubo de descarga de óxido de alumínio sinterizado, encapsulado por um bulbo oval de vidro. O tubo de descarga é preenchido por uma amálgama de sódio-mercúrio, além de uma mistura gasosa de neônio e argônio, utilizada para a partida. As lâmpadas de sódio são produzidas para substituir as lâmpadas vapor de mercúrio diretamente nas potências equivalentes, devendo-se observar que as luminárias não devem causar um excessivo aumento da tensão de arco (MOREIRA, 1987; COSTA, 1998).

2.7.6 Lâmpada de Vapor Metálico

São lâmpadas de vapor de mercúrio nas quais se introduzem outros elementos (iodetos, brometos) em seu tubo de descarga, de forma que o arco elétrico se realize numa atmosfera de vários vapores misturados. Obtém-se assim maiores eficiências luminosas, até 90 lm/W e melhor composição espectral. São especialmente recomendadas quando se quer ótima qualidade na reprodução de cores como em lojas,

shoppings, estádios, pistas de corrida, principalmente quando se pretende televisualização em cores (COSTA, 1998).

2.7.7 Luminárias

As luminárias são aparelhos que além de fornecer a fixação das lâmpadas, são as responsáveis por orientar ou concentrar o fecho luminoso, difundir a luz, proteger as lâmpadas, reduzir o ofuscamento e proporcionar um bom efeito decorativo. As luminárias para a iluminação são classificadas de acordo com o percentual de luz que é dirigida diretamente ao plano de trabalho e a porcentagem do fluxo que é emitida em oposição ao plano de trabalho. (CREDER, 2007).

O quadro 03 especifica a classificação de luminárias quanto ao seu fluxo:

Classificação da Luminária	Fluxo luminoso em relação ao plano horizontal (%)	
	Para o teto	Para o plano de trabalho
Direta	0 – 10	90 – 100
Semi-direta	10 – 40	60 – 90
Indireta	90 – 100	0 – 10
Semi-indireta	60 – 90	10 – 40
Difusa	40 – 60	60 – 40

Quadro 03: Classificação das luminárias de acordo com seu fluxo luminoso.

Fonte: Creder (2007).

3.0 DESENVOLVIMENTO

Este trabalho tem como objetivo principal projetar a automação de 3 itens presentes na infraestrutura de um biotério: a iluminação artificial efetuando também o cálculo luminotécnico para dimensionamento correto do número de luminárias, a rede para os exaustores e o ar condicionado (neste também, incluindo cálculo de carga térmica para levantamento do equipamento a ser utilizado).

Para realizar essas questões, descreveremos nesta seção, os caminhos a serem realizados para atingir o objetivo do projeto.

3.1 PROJETO LUMINOTÉCNICO

Neste parte do projeto, será efetuado um cálculo luminotécnico para dimensionar a quantidade e o tipo de luminárias que utilizaremos. Com esses levantamentos realizados, partiremos para a automatização do sistema de iluminação projetando o diagrama de comando para essa finalidade.

3.2 PROJETO DO SISTEMA DE EXAUSTORES

O sistema de exaustão também é ferramenta importantíssima deste processo. No biotério onde deverá ser executado esse projeto, os exaustores não possuem funcionamento automatizado. Cada um deles funciona no horário em que o operador os aciona e também são desligados manualmente. Esses equipamentos retiram ar nas salas sem auxílio de nenhum sistema de filtragem de ar, portanto, em contato direto com o ar externo. Isso ocasiona um grande mau cheiro na área externa do biotério próxima a essas salas e também introduz nas salas uma grande quantidade de poeira já que os exaustores não tem proteção em suas entradas e o ar acaba entrando nas salas por eles quando os mesmos estão parados.

Para resolver a questão de automatização dos exaustores, inicialmente dimensionaremos os circuitos elétricos para a instalação dos circuitos de comando e força dos motores dos exaustores, pois, por mais que motores possam ser reutilizados neste projeto, é prudente melhorar a instalação elétrica de comando e potência dos mesmos devido ao fato da antiguidade do prédio e das instalações elétricas. Com base nestes dimensionamentos, será possível projetarmos os diagramas elétricos e

automatizar o funcionamento dos mesmos. Além disso, dimensionaremos um filtro adequado do tipo manta para resolver a questão de filtragem do ar que sai das salas.

3.3 PROJETO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

Este processo será o item mais trabalhoso de ser melhorado no biotério, pois este ambiente possui equipamentos de ar condicionado do tipo splits que são utilizados em sua maioria apenas para climatização e conforto de escritórios e residências. O passo inicial a ser realizado para dimensionarmos corretamente um sistema que atenda com precisão e qualidade estes locais será o de levantar todos os dados da infraestrutura do local.

Neste sentido, informações como a área física das salas, altura de pé direito, tipo de piso e de teto, existência, quantidade e comprimento de janelas e a incidência de sol sobre as mesmas e se há cobertura sobre elas, quantidade de luminárias, número de portas e suas características, tipos de paredes e comprimentos, número de animais nas salas, número de pessoas trabalhando ou transitando nos locais (estimativa de tempo e frequência das pessoas nas salas), número de equipamentos elétricos e características dos mesmos, mobiliário presente no biotério, entre outros itens, são imprescindíveis para um bom levantamento de carga térmica.

Com estes dados e baseados em bibliografias, tabelas e catálogos, iremos calcular a carga térmica, podendo com isso, dimensionar o correto equipamento que atenda as salas. Esse levantamento nos apontará também o tamanho e as dimensões dos difusores e dutos necessários para a distribuição da climatização nos ambientes.

Estes dados apurados, nos permitirão realizar o desenho das plantas do sistema de ar condicionado com seus detalhes e também a lista de materiais necessários para uma futura execução do projeto.

Alem disso, elaboraremos o projeto elétrico para o comando e funcionamento do sistema e os diagrama grafcet, ladder e lista de instrução que serão a linguagem de programação que utilizaremos para o funcionamento da automação desta parte do projeto.

3.4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.

Seguiremos nestas próximas seções com o memorial descritivo, memorial de cálculo, diagramas, plantas e descrições destes levantamentos e todo o necessário para que o projeto de automação deste biotério possa, em uma oportunidade futura, ser executado.

3.5 DEFINIÇÕES PARA O CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

Para calcularmos o número necessário de luminárias para cada sala e a intensidade de iluminação para cada ambiente, o primeiro passo é escolher o nível médio de iluminação em função do tipo de atividade visual a ser exercido no local. Baseando-se nas orientações do quadro 04, podemos levantar essa informação que necessitamos.

	ILUMINÂNCIA (lux)	TIPO DE AMBIENTE / ATIVIDADE
CLASSE A (áreas de uso contínuo e/ou execução de tarefas simples)	20 - 30 - 50	- ruas públicas e estacionamentos
	50 - 75 - 100	- ambientes de pouca permanência
	100 - 150 - 200	- depósitos
CLASSE B (áreas de trabalho em geral)	200 - 300 - 500	- trabalhos brutos e auditórios
	500 - 750 - 1.000	- trabalhos normais: escritórios e fábricas
	1.000 - 1.500 - 2.000	- trabalhos especiais: gravação, inspeção, indústrias de tecidos
CLASSE C (áreas com tarefas visuais minuciosas)	2.000 - 3.000 - 5.000	- trabalho contínuo e exato: eletrônica
	5.000 - 7.500 - 10.000	- trabalho que exige muita exatidão: placas eletro-eletrônicas
	10.000 - 15.000 - 20.000	- trabalho minucioso especial: cirurgia

Quadro 04: Iluminâncias (em lux) para cada grupo de atividades visuais.
Fonte: Phillips (2008).

Através deste quadro, adotaremos a classe B (áreas de trabalho em geral) e 500 lux de iluminância por se tratar de uma atividade que se enquadra em trabalhos normais de acordo com a tabela acima. Esta classe foi adotada com base nas informações coletadas com os colaboradores do biotério estudado.

Após escolhida a iluminância, partimos agora para o fator local representado pela unidade K. Esta grandeza deve ser calculada em função do comprimento da sala pela largura e altura da luminária em relação ao ponto de uso pela fórmula a seguir:

$$K = C.L / (C+L).A$$

Onde: C = é o comprimento da sala.

L = é a largura da sala.

A = é altura entre a luminária e o plano de trabalho (por exemplo a altura entre a localização da luminária e a bancada do biotério onde se realiza os testes e vacinações).

Após isso, partimos para um catálogo de fabricantes para dimensionar a luminária a ser utilizada. Adotaremos para toda a planta do biotério a luminária do tipo TBS027 - 2 x TLDRS 32W padrão lavável da marca Phillips. O quadro 05 nos mostra as características desta luminária quanto ao seu fator de utilização:

Tabela de Fator de Utilização – luminária
TBS027 - 2 x TLDRS 32W

Fator de Área K	80		70				50		30		0
	50	10	50	30	50	30	30	10	30	10	0
0.60	.42	.40	.41	.40	.39	.34	.33	.30	.33	.30	.28
0.80	.50	.47	.49	.48	.46	.41	.40	.37	.40	.37	.35
1.00	.57	.53	.56	.54	.52	.47	.46	.43	.46	.42	.41
1.25	.64	.58	.62	.60	.58	.53	.52	.48	.51	.48	.46
1.50	.69	.62	.67	.64	.62	.57	.56	.53	.55	.52	.51
2.00	.76	.68	.74	.71	.67	.64	.63	.60	.62	.59	.57
2.50	.81	.72	.79	.75	.71	.68	.67	.64	.66	.63	.62
3.00	.85	.74	.82	.78	.73	.71	.70	.67	.68	.67	.65
4.00	.89	.77	.87	.81	.76	.74	.73	.71	.72	.70	.68
5.00	.92	.79	.89	.83	.78	.76	.75	.74	.74	.72	.70

Quadro 05: Luminária TBS027 - 2 x TLDRS 32W - Tabela de fator de utilização.

Fonte: Phillips (2008).

Em função do índice do local (K) dos índices de reflexões de teto, parede e piso, determina-se o fator de utilização (FU), no quadro 05. Já pelo quadro 06 definimos o fator de utilização para os índices branco, claro, médio ou escuro para o piso, parede e teto. Adotaremos para todas as salas o índice 70% claro para o teto.

	Branco	Claro	Médio	Escuro
Teto	80%	70%	50%	30%
Parede		50%	30%	10%
Piso			30%	10%

Quadro 06: Índices de reflexões de iluminância nas paredes, piso e teto.

Fonte: Phillips (2008).

Tipo	Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	IRC
Incandescente (127V)	60	864	100
Incandescente (127V)	100	1620	100
Fluorescente TLT	20	1100	70
Fluorescente TLD	32	2350	66
Fluorescente TLD/840	36	3350	85
Fluorescente TLT	40	2600	70
Fluorescente TLD/840	58	5200	85
Fluorescente TLT	65	4400	70
Fluorescente TLT	110	7600	70
Vapor de mercúrio	80	3700	48
Vapor de mercúrio	125	6200	48
Vapor de mercúrio	250	12700	40
Vapor de mercúrio	400	22000	40
Vapor metálico	256	19000	69
Vapor metálico	390	35000	69
Vapor metálico	400	35000	69
Vapor metálico	985	85000	65
Mista	165	3150	61
Mista	260	5500	63
Vapor de sódio	70	6600	25
Vapor de sódio	150	17500	25
Vapor de sódio	250	33200	25
Vapor de sódio	400	56500	25
Vapor de sódio	600	90000	25

Quadro 07: Fluxo luminoso de luminárias.

Fonte: Phillips (2008).

O quadro 07 são os dados do fabricante para o valor de fluxo luminoso de acordo com a potência da luminária.

O Fator de manutenção é escolhido com base no quadro de número 08:

Ambiente	Limpo	Médio	Sujo
Fator de manutenção (FM)	0,9	0,8	0,6

Quadro 08: Fator de manutenção.

Fonte: Phillips (2008).

Para todas as luminárias do projeto, adotaremos o fator de manutenção 0,9 (limpo).

Portanto: com ajuda dos quadros 05 e 06, encontramos o fator de utilização (FU) e com o quadro 08 o fator de manutenção (FM). Outro dado importante é o fluxo da luminária que conseguimos encontrar pelo quadro de número 07. Esse valor é encontrado de acordo com a luminária escolhida. Com esses dados, calcula-se o número de luminárias por ambiente utilizando-se a seguinte fórmula:

$$N = E.S / \varphi.FU.FM$$

Onde: N = Número de luminárias.

E = é iluminância desejada. Adotaremos 500 lux conforme a Tabela 04.

S = é área da sala.

(φ) = é o fluxo da luminária (é o fluxo luminoso da luminária X quantidade de lâmpadas na luminária).

FU = é fator de utilização.

FM = que é o fator de manutenção.

3.6 CÁLCULO LUMINOTÉCNICO DAS SALAS:

3.6.1 Sala Tuberculina

Área: 16,22m²

C = 5,04m

L = 3,22m

A = 1,2 (Pé direito da sala: 2,40m e a altura da bancada é de 1,2m, portanto: 2,40 - 1,20 = 1,2).

Cálculo de K:

$$K = C.L / (C+L).A$$

$$K = (5,04).(3,22) / (5,04 + 3,22).(1,2)$$

$$K = 16,228 / 9,912 \quad K = 1,63.$$

Indo para o quadro 05 que é o quadro do fator de utilização da luminária definimos o K. O valor de K mais próximo de 1,63 é o K=1,50. Com base nos quadros 05 e 06 escolheremos o valor de FU e achamos 0,67 (claro). Adotaremos o fator de manutenção 0,9 (limpo) conforme o quadro de número 08. O fluxo da luminária será de acordo com o quadro 07. Como adotamos a luminária TBS027 - 2 x TLDRS 32W, que é uma luminária de 32W com 2 lâmpadas por luminária, o valor de fluxo luminoso do quadro para esta luminária é 2350. Como são 2 lâmpadas por luminária, necessitaremos multiplicar este valor de tabela por 2.

$$\text{Portanto: } N = E.S / \varphi.FU.FM$$

$$N = (500).(16,22) / (2).(2350).(0,67).(0,9)$$

$$N = 8114,4 / 2834,1 \quad N = 2,863 \text{ luminárias.}$$

Portanto serão necessárias 3 luminárias na sala de tuberculina.

3.6.2 Sala de Testes

Área: 21,16m²

$$C = 5,04\text{m}$$

$$L = 4,20\text{m}$$

$A = 1,1$ (Pé direito da sala: 2,40m e a altura da bancada é de 1,3m, portanto: $2,40 - 1,30 = 1,1$).

Cálculo de K:

$$K = C.L / (C+L).A$$

$$K = (5,04).(4,20) / (5,04 + 4,20).(1,1)$$

$$K = 21,16 / 10,164 \quad K = 2,08.$$

Indo para o quadro de número 05 que é o quadro do fator de utilização da luminária definimos o K. O valor de K mais próximo de 2,08 é o $K=2,00$. Com base nos quadros 05 e 06, escolheremos o valor de FU e achamos 0,74 (claro). Adotaremos o fator de manutenção 0,9 (limpo) conforme o quadro 08. O fluxo da luminária será de acordo com o quadro de número 07. Como adotamos a luminária TBS027 - 2 x TLDRS 32W, que é uma luminária de 32W com 2 lâmpadas por luminária, o valor de fluxo luminoso da tabela para esta luminária é 2350. Como são 2 lâmpadas por luminária, necessitaremos multiplicar este valor de tabela por 2.

$$\text{Portanto: } N = E.S / \phi.FU.FM$$

$$N = (500).(21,16) / (2).(2350).(0,74).(0,9)$$

$$N = 10580 / 3130,2 \quad N = 3,37 \text{ luminárias.}$$

Portanto serão necessárias 4 luminárias na sala de testes.

3.6.3 Sala de Quarentena

$$\text{Área: } 15,12\text{m}^2$$

$$C = 3,60\text{m}$$

$$L = 4,20\text{m}$$

$A = 1,2$ (Pé direito da sala: 2,40m e a altura da bancada é de 1,2m, portanto: $2,40 - 1,20 = 1,2$).

Cálculo de K:

$$K = C.L / (C+L).A$$

$$K = (3,60).(4,20) / (3,60 + 4,20).(1,2)$$

$$K = 15,12 / 9,36 \quad K = 1,61.$$

Indo para o quadro de número 05 que é o quadro de fator de utilização da luminária definimos o K. O valor de K mais próximo de 1,61 é o $K=1,50$. Com base nos

quadros 05 e 06, escolheremos o valor de FU e achamos 0,67 (claro). Adotaremos o fator de manutenção 0,9 (limpo) conforme o quadro 08. O fluxo da luminária será de acordo com o quadro de número 07. Como adotamos a luminária TBS027 - 2 x TLDRS 32W, que é uma luminária de 32W com 2 lâmpadas por luminária, o valor de fluxo luminoso da tabela para esta luminária é 2350. Como são 2 lâmpadas por luminária, necessitaremos multiplicar este valor de tabela por 2.

$$\text{Portanto: } N = E.S / \varphi.FU.FM$$

$$N = (500).(15,12) / (2).(2350).(0,67).(0,9)$$

$$N = 7560 / 2834,1 \quad N = 2,66 \text{ luminárias.}$$

Portanto serão necessárias 3 luminárias na sala de quarentena.

3.6.4 Sala de Vacinação

$$\text{Área: } 11,59\text{m}^2$$

$$C = 3,60\text{m}$$

$$L = 3,22\text{m}$$

A = 1,2 (Pé direito da sala: 2,40m e a altura da bancada é de 1,2m, portanto: 2,40 - 1,20 = 1,2).

Cálculo de K:

$$K = C.L / (C+L).A$$

$$K = (3,60).(3,23) / (3,60 + 3,23).(1,2)$$

$$K = 11,59 / 8,184 \quad K = 1,41.$$

Indo para o quadro de número 05 que é o quadro do fator de utilização da luminária definimos o K. O valor de K mais próximo de 1,41 é o K=1,50. Com base nos quadros 05 e 06, escolheremos o valor de FU e achamos 0,67 (claro). Adotaremos o fator de manutenção 0,9 (limpo) conforme o quadro 08. O fluxo da luminária será de acordo com o quadro de número 07. Como adotamos a luminária TBS027 - 2 x TLDRS 32W, que é uma luminária de 32W com 2 lâmpadas por luminária, o valor de fluxo luminoso da tabela para esta luminária é 2350. Como são 2 lâmpadas por luminária, necessitaremos multiplicar este valor de tabela por 2.

$$\text{Portanto: } N = E.S / \varphi.FU.FM$$

$$N = (500).(11,59) / (2).(2350).(0,67).(0,9)$$

$$N = 5795 / 2834,1 \quad N = 2,04 \text{ luminárias.}$$

Portanto serão necessárias 2 luminárias na sala de vacinação.

3.6.5 Sala de Máquinas:

Área: 10,61m²

C = 3,66m

L = 2,90m

A = 1,8 (Pé direito da sala: 3,40m e em geral a altura do evaporador é em torno de 1,6m. Para cálculo, adotaremos essas medidas. Portanto 3,40 - 1,60 = 1,8).

Cálculo de K:

$$K = C.L / (C+L).A$$

$$K = (3,66).(2,90) / (3,66 + 2,90).(1,8)$$

$$K = 10,61 / 11,808 \quad K = 0,89.$$

Indo para o quadro de número 05 que é o quadro do fator de utilização da luminária definimo o K. O valor de K mais próximo de 0,89 é o K=0,80. Com base nos quadros 05 e 06, escolheremos o valor de FU e achamos 0,49 (claro). Adotaremos o fator de manutenção 0,9 (limpo) conforme quadro 08. O fluxo da luminária será de acordo com o quadro de número 07. Como adotamos a luminária TBS027 - 2 x TLDRS 32W, que é uma luminária de 32W com 2 lâmpadas por luminária, o valor de fluxo luminoso da tabela para esta luminária é 2350. Como são 2 lâmpadas por luminária, necessitaremos multiplicar este valor de tabela por 2.

$$\text{Portanto: } N = E.S / \phi.FU.FM$$

$$N = (500).(10,61) / (2).(2350).(0,49).(0,9)$$

$$N = 5305 / 2072,7 \quad N = 2,55 \text{ luminárias.}$$

Portanto serão necessárias 3 luminárias na sala de máquinas.

3.7 DEFINIÇÕES E CONCEITOS PARA CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA PARA O AR CONDICIONADO.

Primeiramente é importante definir o que é carga térmica e porque é necessário o levantamento desta grandeza para dimensionamentos de sistemas de ar condicionado.

Carga térmica é a quantidade de calor sensível e latente que deve ser retirado ou colocado num recinto afim de proporcionar a este ambiente as condições de conforto

desejadas. Normalmente a unidade de carga térmica é expressa geralmente em kcal/h e/ou BTU (unidade térmica britânica) (*British thermal unit*).

Esta carga térmica pode ser introduzida no recinto a ser condicionado por variáveis como: condução, insolação, dutos, pessoas, equipamentos, infiltração e ventilação.

3.7.1 Fatores de consideração para um cálculo de carga térmica

Carga térmica por condução é a transmissão de calor por materiais homogêneos ou heterogêneos. É o cálculo em que são levantados os valores de carga térmica para paredes, muros e isolamentos. Os materiais homogêneos são as paredes planas e os heterogêneos são por exemplo as paredes construídas com tijolos, massa e isolamentos. Já a carga térmica por insolação é o cálculo da carga térmica recebida pela absorção de energia solar no ambiente a ser climatizado.

Outro fator a ser considerado é carga térmica devida aos dutos que é levantada em função da quantidade de calor gerada que retorna pelos dutos. O ar insuflado em um recinto condicionado retorna ao condicionador por meio de diferença de pressão que lhe é fornecida pelo ventilador. Já o retorno do ar é feito de duas maneiras: sob a forma de *plenum*, isto é o ar retorna utilizando-se de um ambiente como o próprio recinto, um corredor, o teto rebaixado, etc, como se fosse um condutor. A outra maneira é a utilização de dutos de retorno. Nos dois casos, é adicionado calor ao ar de retorno, que deve ser retirado pelas serpentinas do evaporador. O cálculo da carga térmica devida aos dutos consiste no levantamento dos valores referentes a quantidade de calor gerada nesta ação de retorno dos dutos.

Um cálculo de carga térmica também deve considerar o calor gerador pelas pessoas. Para este levantamento devemos considerar importantes fatores como o número de pessoas utilizando o local e se a atividade é lenta ou moderada, a temperatura que se deverá manter o local, se há uma quantidade exata de pessoas que permanecem no local, se há transito constante de entrada e saída de pessoas no recinto são dados importantes a serem apurados para o cálculo de carga térmica. Por exemplo, se submetido à atividade física violenta, o corpo humano pode emitir até cinco vezes mais calor do que em repouso. Devido a essas questões, dimensionar corretamente os dados com relação as pessoas é imprescindível para se obter um bom dimensionamento de um sistema de ar condicionado para o ambiente a ser projetado.

Um dos fatores que mais gera calor nos recintos a serem condicionados são os equipamentos elétricos. Este é outro fator a ser considerado. Motores elétricos presentes dentro do recinto a ser condicionado mesmo os ventiladores, adicionam carga térmica ao sistema devido às perdas nos enrolamentos, e essa carga precisa ser retirada pelo equipamento frigorígeno. Deve-se levar em conta também se os motores estão sempre em funcionamento ou se sua utilização é apenas esporádica.

A iluminação também é fator significativo. Como a iluminação fluorescente em geral, (que é a que utilizaremos no projeto luminotécnico da sala), necessita de reatores para partida das lâmpadas que são equipamentos adicionais ao circuito que provém a tensão necessária para à partida da lâmpada e limitam a corrente. Esses dispositivos em geral adicionam 20% a mais de carga térmica nas lâmpadas.

Aquecedores a gás, máquinas, computadores, impressoras, televisores, equipamentos eletrônicos e todo dispositivo e equipamento eletroeletrônico presente no ambiente a ser climatizado deve ser levado em consideração.

O movimento do ar exterior ao recinto possibilita a sua penetração através das frestas e das portas, janelas ou outras aberturas. Tal penetração adiciona carga térmica sensível ou latente. Este é o fator que leva em conta a carga térmica devida a infiltração.

A carga térmica devida à ventilação é o valor térmico que devemos considerar em relação ao ar insuflado num recinto condicionado que retorna ao equipamento de refrigeração, impulsionado pelo ventilador que deve ser dimensionado de modo a vencer todas as perdas de carga estáticas e dinâmicas que são oferecidas em todo o circuito do ar. Parte desse ar é perdida pelas frestas, aberturas, exaustores, etc e necessita ser completada pelo ar exterior. Além disso há também a necessidade de reposição do ar necessário as pessoas que estão no ambiente condicionado. Porém esta entrada de ar exterior produz também o calor sensível e latente ao ser misturado com o ar de retorno antes de passar pelo evaporador. Estas questões também devem ser consideradas num levantamento de carga térmica.

3.7.2 Carga Térmica Total

Conhecendo a carga térmica devida a condução, insolação, dutos, pessoas, equipamentos, infiltração e ventilação e adicionando-os, temos o somatório de calor sensível e calor latente a retirar (ou mesmo introduzir) do recinto para obter as condições de conforto desejadas. Somando ambos, teremos o calor total. Como medida

de segurança, para atender às penetrações eventuais de calor no recinto, acrescentamos mais 10% aos cálculos.

Normalmente os valores em BTU são valores altíssimos, na casa dos milhares e dos milhões. Neste sentido, adota-se o TR (Toneladas de Refrigeração), onde 1,0 TR equivale a 12.000 BTU/h ou 3024 kcal/h. Para potências, 1 TR equivale a 3520 W.

3.8 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA PARA O BIOTÉRIO

Depois de aprofundarmos um pouco nos conceitos, definições e considerações a serem levadas em conta em um cálculo de carga térmica para dimensionamentos de sistemas e equipamentos de ar condicionado, nesta seção levantaremos a carga térmica do biotério que está sendo estudado.

Neste sentido, inicialmente elencaremos todas as características das salas e levantaremos a carga de cada uma das salas. Para realizar o cálculo, usaremos uma tabela prática de cálculo de carga térmica que atende aos requisitos da norma ABNT 16401-1 que trata das especificações relativas a instalações de ar condicionado.

Neste sentido, os fatores da tabela já estão previamente estabelecidos de acordo o fator climático da região e com os índices de condução, insolação, dutos, pessoas, equipamentos, infiltração e ventilação conforme definimos nas seções anteriores onde explicou-se que considerá-los é de grande importância para um levantamento de carga térmica preciso.

A Figura 10 nos mostra a planta baixa do biotério estudado.

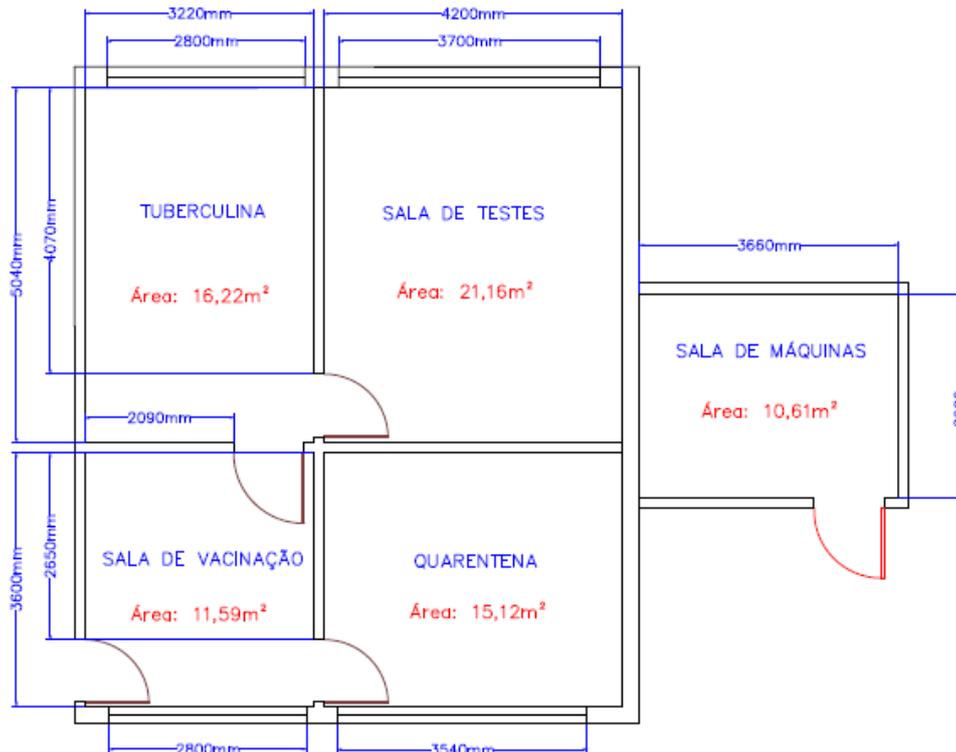


Figura 10: Planta Baixa com as áreas das salas do biotério

Fonte: Autoria própria (2014).

Nesta planta da Figura 10, há a sala de tuberculina onde se realizam os testes para kit de diagnósticos de tuberculose para gado. A sala de testes é a sala onde trabalham-se com testes para vacina anti-rábica canina. Há também a sala onde se trabalham os animais em quarentena e a sala para vacinação dos animais. A Sala de máquinas, onde ficará o evaporador e o gabinete de exaustão do projeto é uma antiga sala de armazenagem de reagentes que poderemos utilizá-la como sala de máquinas por ter um pé direito bastante elevado e com uma boa área para que se possa instalar esses equipamentos.

Com base nas áreas e dimensões e com os levantamentos feitos no próprio biotério, dos equipamentos, portas, janelas, paredes, piso, laje e mobiliários além de procurarmos informações com os próprios colaboradores daquele ambiente para sabermos sobre tempos de permanência e número de funcionários trabalhando em cada sala do biotério foi possível efetuar um levantamento de carga térmica das salas para dimensionar um equipamento adequado a estes recintos. Efetuaremos o cálculo primeiramente separado por sala e tendo o valor de carga térmica de cada ambiente poderemos levantar o cálculo total deste biotério.

Com base também nestes valores, conseguiremos dimensionar os dutos de insuflamento e retorno de ar. No corpo destas seções serão mostradas as tabelas de relatório do cálculo simplificado de carga térmica apontando os fatores mais representativos para a carga térmica do ambiente em questão.

3.8.1 Explicação da Planilha de Cálculo simplificado de carga térmica

O quadro 09 que utilizaremos para o cálculo de carga térmica, consiste em aplicarmos os valores de acordo com o levantamento dos equipamentos, mobílias, pessoas, janelas, portas e demais itens da sala para que ela nos aponte os valores de calor latente e calor sensível do ambiente.

No item 01 deste quadro, consideraremos as janelas. Temos que ver em qual ponto cardinal está a localização da janela na sala. Inserindo-se a área na planilha a mesma lhe fornece o valor de calor sensível referente as janelas. Seguindo, temos o item 02 que é referente aos telhados, paredes e pisos. As paredes tem valores de fatores de insolação diferentes conforme o sentido cardinal ou se são internas ou externas. Por exemplo, inserindo-se o valor da área em m^2 de uma determinada parede externa voltada para o oeste ela terá uma carga térmica maior que uma parede interna que não receberá a incidência solar diretamente. O princípio de cálculo é o mesmo do item 01 do quadro: inserindo-se a área na planilha a mesma lhe fornece o valor de calor sensível referente as paredes, pisos e teto.

A iluminação e os equipamentos elétricos estão considerados no item 03. Nesta área, basta somarmos as potências ativas dos equipamentos e da iluminação e lançarmos na planilha para que a mesma forneça o calor latente para estes itens. Já a parte 04 são considerados o calor sensível e o latente por tratar-se das pessoas que trabalham no recinto. O princípio de utilização é o mesmo. Basta o levantamento do número de pessoas que trabalham ou transitam no ambiente e nos é fornecido a estimativa de calor sensível e latente para a carga térmica total.

O item 05 é referente a ventilação e infiltrações. Neste setor também nos é fornecido o calor sensível e latente. Ao incluirmos os dados referentes ao tópico 05 da planilha, temos a parte final da planilha onde encontramos as somas do calor sensível e latente que é o total de carga térmica do ambiente. A planilha nos fornece os valores de em Kcal/h e TR. Nesta seção temos também considerações a respeito dos fatores considerados e observações sobre as temperaturas e a umidade relativa.

Neste sentido, ilustraremos este trabalho com a planilha que nos ajudará a levantarmos a carga térmica do biotério:

PLANILHA SIMPLIFICADA PARA CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA						
1	JANELAS	Fator¹	Área¹	Q (°)	Fator²	Fator³
1.1	Janela ao sol E ou O	520	0	0	353	109
1.2	Janela ao sol SE/SO	354	0	0	245	86
1.3	Janela ao sol NE/NO	415	0	0	284	94
1.4	Janelas ao sol N	223	0	0	160	67
1.5	Janelas a sombra	42	0	0		
2	CONSTRUÇÃO	Fator	Área	Q (°)		
2.1	Parede mais insolada pesada (30 cm)	34	0	0		
2.2	Parede mais insolada leve (15 cm)	43	0	0		
2.3	Paredes pesadas (30 cm)	11	0	0		
2.4	Paredes leves (15 cm)	18	0	0		
2.5	Terraço s/ isolamento	83	0	0		
2.6	Terraço c/ isolamento	25	0	0		
2.7	Forro de telhado não arejado s/ isolamento	49	0	0		
2.8	Forro de telhado não arejado c/ isolamento	9	0	0		
2.9	Forro de telhado arejado s/ isolamento	20	0	0		
2.10	Forro de telhado arejado c/ isolamento	5	0	0		
2.11	Forro entre andares	9	0	0		
2.12	Piso entre andares	12	0	0		
2.13	Duto de insuflamento	56	0	0		
3	ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS	Fator	Potencia⁴	Q (°)		
3.1	Iluminação incandescente	0.86	0	0		
3.2	Iluminação fluorescente	1.032	0	0		
3.3	Equipamentos	0.86	0	0		
4	ATIVIDADE	Fator	Pessoas	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
4.1	Trabalho Leve	62	0	0	127	0
4.2	Sentados	54	0	0	46	0
4.3	Trabalho de escritório	54	0	0	59	0
5	VENTILAÇÃO	Fator	Vazão⁵	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
5.1	Infiltração	2	0	0	6.2	0
5.2	Ventilação	2	0	0	6.2	0
		Fator	Área¹	Q (°)		
5.4	Condutos de retorno	35	0	0		
CARGA TOTAL				Q_{sensível}		Q_{latente}
				0.00		0
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO [kcal/h]				Q (sensível+latente)		
				0.00		
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO [TR]				0.00		
Obs.: Fator ¹ - Janelas s/ proteção		Área ¹ - [m ²]	4,24	Planilha válida para condições:		
Fator ² - Janelas c/ cortinas internas		Q ² - [kcal/h]		Interna: TBS = 25°C e UR = 50%		
Fator ³ - Janelas c/ prot. externa		Potencia ⁴ - [W]		Externa: TBS = 32°C e UR = 60%		
Vazão ⁵ - [m ³ /h]						

Quadro 09: Planilha utilizada para levantamento de carga térmica. Alteram-se os valores referentes a coluna branca.

Fonte: Uned (2012).

3.8.2 Levantamento dos fatores de calor existentes nas salas do biotério

Sala de Tuberculina: (Área da Sala: 16,26m²).

Layout da sala:

- 2 estantes metálicas para armazenagem de caixas plásticas para viveiros de animais. (2 estantes de 3000mm X 1100mm com capacidade de armazenagem de 150 caixas com 10 animais dentro de cada caixa em média).

- 1 janela com incidência solar norte, com vidro frisado. Medidas da janela: 2800mm de largura X 1200mm de altura com 4 vidros frisados de 550mm de largura por 1000mm de altura e espessura de 5,0mm.

- 1 porta de imbuia sem vidro. Medidas da porta: 2100mm X 800mm X 45mm.

- 1 porta de imbuia com vidro. Medidas da porta: 2100mm X 800mm X 45mm.

Medidas do vidro: 500mm X 500mm X 4,0mm.

- 3 luminárias padrão lavável de sobrepor com 2 lâmpadas de 32W com reator eletrônico de alto fator de potência (levantamento feito de acordo com luminotécnica).

- 2 exaustores de 520mm de diâmetro com motor de movimentação de indução modelo "gaiola de esquilo" trifásico 220V/380V de 1,5CV de potência.

- 1 câmara de CO² acrílica de 800mm X 500mm X 500mm.

- 1 bancada em madeira de 1200mm de altura X 2000mm de comprimento X 1200mm de largura.

- 1 luminária de bancada com 1 lâmpada 1X16W com reator eletrônico de alto fator de potência.

- Paredes lisas com pintura em tinta acrílica lavável (1 parede de 5040mm X 2400mm, 1 parede de 2090mm X 2400mm 1 parede de 4070mm X 2400mm e a parede da janela de 3220mm X 2400mm que é externa e voltada para o norte).

- Laje com pintura igual a das paredes (5040mm X 3220mm X 200mm).

- Piso em mosaico (5040mm X 3220mm).

- Pé direito da sala: 2400mm.

- Número de pessoas: 2 pessoas trabalhando nesta sala em média 5 horas por dia durante 5 dias na semana.

De acordo com Creder, (2004) é importante considerarmos em cálculos de carga térmica, um fator de segurança em torno de 15% a mais no cálculo para prevermos situações de um possível aumento de carga significativo no ambiente. Para atender a essa questão, consideramos pessoas sentadas na sala, no sentido de aumentarmos o valor de carga térmica para que não se tenha um futuro problema de o equipamento de ar condicionado não atender ao ambiente.

Estes dados, inseridos no quadro 09 nos deram o seguinte levantamento de carga térmica na Sala de Tuberculina e que é apresentado no quadro de número 10:

PLANILHA SIMPLIFICADA PARA CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA - SALA DE TUBERCULINA						
1	JANELAS	Fator¹	Área¹	Q (°)	Fator²	Fator³
1.1	Janela ao sol E ou O	520	0	0	353	109
1.2	Janela ao sol SE/SO	354	0	0	245	86
1.3	Janela ao sol NE/NO	415	0	0	284	94
1.4	Janelas ao sol N	223	3,36	749,28	160	67
1.5	Janelas a sombra	42	0	0		
2	CONSTRUÇÃO	Fator	Área	Q (°)		
2.1	Parede mais insolada pesada (30 cm)	34	7,72	262,48		
2.2	Parede mais insolada leve (15 cm)	43	0	0		
2.3	Paredes pesadas (30 cm)	11	0	0		
2.4	Paredes leves (15 cm)	18	29,28	527,04		
2.5	Terraço s/ isolamento	83	0	0		
2.6	Terraço c/ isolamento	25	0	0		
2.7	Forro de telhado não arejado s/ isolamento	49	0	0		
2.8	Forro de telhado não arejado c/ isolamento	9	0	0		
2.9	Forro de telhado arejado s/ isolamento	20	0	0		
2.10	Forro de telhado arejado c/ isolamento	5	0	0		
2.11	Forro entre andares	9	0	0		
2.12	Piso entre andares	12	0	0		
2.13	Duto de insuflamento	56	0	0		
3	ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS	Fator	Potencia³	Q (°)		
3.1	Iluminação incandescente	0,86	0	0		
3.2	Iluminação fluorescente	1,032	208	214,656		
3.3	Equipamentos	0,86	2208	1898,88		
4	ATIVIDADE	Fator	Pessoas	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
4.1	Trabalho Leve	62	2	124	127	254
4.2	Sentados	54	5	270	46	230
4.3	Trabalho de escritório	54	0	0	59	0
5	VENTILAÇÃO	Fator	Vazão⁴	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
5.1	Infiltração	2	3,36	6,72	6,2	20,832
5.2	Ventilação	2	0	0	6,2	0
		Fator	Área¹	Q (°)		
5.4	Conduitos de retorno	35	0	0		
				Qsensível		Qlatente
CARGA TOTAL				4.053,06		504,832
				Q (sensível+latente)		
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO [kcal/h]				4.557,89		
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO [TR]				1,51		
Obs.: Fator ¹ - Janelas s/ proteção		Área ¹ - [m ²]		Planilha válida para condições:		
Fator ² - Janelas c/ cortinas internas		Q ² - [kcal/h]		Interna: TBS = 25°C e UR = 50%		
Fator ³ - Janelas c/ prot. externa		Potencia ³ - [W]		Externa: TBS = 32°C e UR = 60%		
Vazão ⁴ - [m ³ /h]						

Quadro 10: Levantamento simplificado de carga térmica da sala de tuberculina.

Fonte: Autoria Própria (2014).

Portanto, na sala de tuberculina teremos uma carga térmica em torno de 1,5 TRs a ser condicionada (4557,89 Kcal/h).

Sala de Testes: (Área da Sala: 21,21m²).

Layout da sala:

- 3 estantes metálicas para armazenagem de caixas plásticas para viveiros de animais. (2 estantes de 3000mm X 1100mm com capacidade de armazenagem de 150 caixas com 10 animais dentro de cada caixa em média).

- 1 janela com incidência solar norte, com vidro frisado. Medidas da janela: 3700mm de largura X 1200mm de altura com 4 vidros frisados de 800mm de largura por 1000mm de altura e espessura de 5,0mm.

- 1 porta de imbuia sem vidro. Medidas da porta: 2100mm X 800mm X 45mm.

- 4 luminárias padrão lavável de sobrepor com 2 lâmpadas de 32W com reator eletrônico de alto fator de potência (levantamento feito de acordo com luminotécnica).

- 3 exaustores de 520mm de diâmetro com motor de movimentação de indução modelo "gaiola de esquilo" trifásico 220V/380V de 1,5CV de potência.

- 1 câmara de CO₂ acrílica de 800mm X 500mm X 500mm.

- 1 bancada em madeira de 1300mm de altura X 2200mm de comprimento X 1200mm de largura.

- 1 luminária de bancada com 1 lâmpada fluorescente de 8,0W.

- Paredes lisas com pintura em tinta acrílica lavável (1 parede de 5040mm X 2400mm dos quais 2059mm X 240mm são parede externa e voltada para oeste, 1 parede de 4070mm X 2400mm e 1 parede de 4200mm X 2400mm e parede da janela de 4200mm X 2400mm que é externa e voltada para o norte).

- Laje com pintura igual a das paredes (5040mm X 4200mm X 200mm).

- Piso em mosaico (5040mm X 4200mm).

- Pé direito da sala: 2400mm.

- Número de pessoas: 4 pessoas trabalhando nesta sala em média 6 horas por dia durante 5 dias na semana.

Também na sala de testes levou-se em consideração um fator de segurança de um valor de carga térmica maior acrescentando-se ao cálculo um número de pessoas sentadas no local.

Estes dados, inseridos no quadro 09 nos deram o seguinte levantamento de carga térmica na Sala de Testes e que é apresentado através do quadro 11:

PLANILHA SIMPLIFICADA PARA CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA - SALA DE TESTES						
1	JANELAS	Fator¹	Área¹	Q (°)	Fator²	Fator³
1.1	Janela ao sol E ou O	520	0	0	353	109
1.2	Janela ao sol SE/SO	354	0	0	245	86
1.3	Janela ao sol NE/NO	415	0	0	284	94
1.4	Janelas ao sol N	223	4,44	990,12	160	67
1.5	Janelas a sombra	42	0	0		
2	CONSTRUÇÃO	Fator	Área	Q (°)		
2.1	Parede mais insolada pesada (30 cm)	34	0	0		
2.2	Parede mais insolada leve (15 cm)	43	16,29	700,47		
2.3	Paredes pesadas (30 cm)	11	0	0		
2.4	Paredes leves (15 cm)	18	25,72	462,96		
2.5	Terraço s/ isolamento	83	0	0		
2.6	Terraço c/ isolamento	25	0	0		
2.7	Forro de telhado não arejado s/ isolamento	49	0	0		
2.8	Forro de telhado não arejado c/ isolamento	9	0	0		
2.9	Forro de telhado arejado s/ isolamento	20	0	0		
2.10	Forro de telhado arejado c/ isolamento	5	0	0		
2.11	Forro entre andares	9	0	0		
2.12	Piso entre andares	12	0	0		
2.13	Duto de insuflamento	56	0	0		
3	ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS	Fator	Potencia³	Q (°)		
3.1	Iluminação incandescente	0,86	0	0		
3.2	Iluminação fluorescente	1,032	264	272,448		
3.3	Equipamentos	0,86	4416	3797,76		
4	ATIVIDADE	Fator	Pessoas	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
4.1	Trabalho Leve	62	4	248	127	508
4.2	Sentados	54	5	270	46	230
4.3	Trabalho de escritório	54	0	0	59	0
5	VENTILAÇÃO	Fator	Vazão⁴	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
5.1	Infiltração	2	1,68	3,36	6,2	10,416
5.2	Ventilação	2	0	0	6,2	0
		Fator	Área¹	Q (°)		
5.4	Conduitos de retorno	35		0		
				Qsensível		Qlatente
	CARGA TOTAL			6.745,12		748,416
				Q (sensível+latente)		
	CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO		[kcal/h]	7.493,53		
	CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO		[TR]	2,48		
	Obs.: Fator ¹ - Janelas s/ proteção	Área ¹ - [m ²]		Planilha válida para condições:		
	Fator ² - Janelas c/ cortinas internas	Q ² - [kcal/h]		Interna: TBS = 25°C e UR = 50%		
	Fator ³ - Janelas c/ prot. externa	Potencia ³ - [W]		Externa: TBS = 32°C e UR = 60%		
	Vazão ⁴ - [m ³ /h]					

Quadro 11: Levantamento simplificado de carga térmica da sala de testes.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Portanto, neste caso na sala de testes teremos uma carga térmica em torno de 2,5 TRs a ser condicionada (7493,53 Kcal/h).

Sala de Quarentena: (Área da Sala: 15,12m²).

Layout da sala:

- 2 estantes metálicas para armazenagem de caixas plásticas para viveiros de animais. (2 estantes de 3000mm X 1100mm com capacidade de armazenagem de 150 caixas com 10 animais dentro de cada caixa em média).

- 1 janela com incidência solar sul, com vidro frisado. Medidas da janela: 3540mm de largura X 1200mm de altura com 4 vidros frisados de 800mm de largura por 1000mm de altura e espessura de 5,0mm.

- 1 porta de imbuia com vidro. Medidas da porta: 2100mm X 800mm X 45mm.
Medidas do vidro: 500mm X 500mm X 4,0mm.

- 3 luminárias padrão lavável de sobrepor com 2 lâmpadas de 32W com reator eletrônico de alto fator de potência (levantamento feito de acordo com luminotécnica).

- 2 exaustores de 520mm de diâmetro com motor de movimentação de indução modelo "gaiola de esquilo" trifásico 220V/380V de 1,5CV de potência.

- 1 bancada em madeira de 1200mm de altura X 2000mm de comprimento X 1200mm de largura.

- Paredes lisas com pintura em tinta acrílica lavável (1 parede de 3600mm X 2400mm dos quais 2950mm X 2400mm é de parede externa e voltada para oeste, 1 parede de 2650mm X 2400mm e 1 parede de 4200mm X 2400mm e a parede da janela de 4200mm X 2400mm que é externa e voltada para o sul).

- Laje com pintura igual a das paredes (3600mm X 4200mm X 200mm).

- Piso em mosaico (3600mm X 4200mm).

- Pé direito da sala: 2400mm.

- Número de pessoas: 2 pessoas trabalhando nesta sala em média 6 horas por dia durante 5 dias na semana.

Como nas salas anteriores, na sala de quarentena também foi previsto um coeficiente de carga térmica de segurança.

Estes dados, inseridos na quadro 09 nos deram o seguinte levantamento de carga térmica na Sala de Quarentena e que é apresentado através do quadro de número 12:

PLANILHA SIMPLIFICADA PARA CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA - SALA DE QUARENTENA						
1	JANELAS	Fator¹	Área¹	Q (°)	Fator²	Fator³
1.1	Janela ao sol E ou O	520	0	0	353	109
1.2	Janela ao sol SE/SO	354	0	0	245	86
1.3	Janela ao sol NE/NO	415	0	0	284	94
1.4	Janelas ao sol N	223	0	0	160	67
1.5	Janelas a sombra	42	4,24	178,08		
2	CONSTRUÇÃO	Fator	Área	Q (°)		
2.1	Parede mais insolada pesada (30 cm)	34	7,08	240,72		
2.2	Parede mais insolada leve (15 cm)	43	16,8	722,4		
2.3	Paredes pesadas (30 cm)	11	0	0		
2.4	Paredes leves (15 cm)	18	18	324		
2.5	Terraço s/ isolamento	83	0	0		
2.6	Terraço c/ isolamento	25	0	0		
2.7	Forro de telhado não arejado s/ isolamento	49	0	0		
2.8	Forro de telhado não arejado c/ isolamento	9	0	0		
2.9	Forro de telhado arejado s/ isolamento	20	0	0		
2.10	Forro de telhado arejado c/ isolamento	5	0	0		
2.11	Forro entre andares	9	0	0		
2.12	Piso entre andares	12	0	0		
2.13	Duto de insuflamento	56	0	0		
3	ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS	Fator	Potencia³	Q (°)		
3.1	Iluminação incandescente	0,86	0	0		
3.2	Iluminação fluorescente	1,032	192	190,72		
3.3	Equipamentos	0,86	2208	1898,88		
4	ATIVIDADE	Fator	Pessoas	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
4.1	Trabalho Leve	62	2	124	127	254
4.2	Sentados	54	5	270	46	230
4.3	Trabalho de escritório	54	0	0	59	0
5	VENTILAÇÃO	Fator	Vazão*	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
5.1	Infiltração	2	1,68	3,36	6,2	10,416
5.2	Ventilação	2	0	0	6,2	0
		Fator	Área¹	Q (°)		
5.4	Condutos de retorno	35	0	0		
				Qsensível		Qlatente
CARGA TOTAL				3.892,16		494,416
				Q (sensível+latente)		
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO [kcal/h]				4.386,58		
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO [TR]				1,45		
Obs.: Fator ¹ - Janelas s/ proteção		Área ¹ - [m ²]	4,24	Planilha válida para condições:		
Fator ² - Janelas c/ cortinas internas		Q ² - [kcal/h]		Interna: TBS = 25°C e UR = 50%		
Fator ³ - Janelas c/ prot. externa		Potencia ³ - [W]		Externa: TBS = 32°C e UR = 60%		
Vazão* - [m ³ /h]						
O CÁLCULO É APENAS UMA ESTIMATIVA. OBSERVE QUE AS CONDIÇÕES ESTABELECIDAS VARIAM O TEMPO TODO E PORTANTO TEREMOS O APARELHO SE ADAPTANDO A SITUAÇÃO DO AMBIENTE. LOGO NEM SEMPRE PODEMOS CONTAR COM A CONDIÇÃO INTERNA CONFORME PRESCRITO NA NB10.						

Quadro 12: Levantamento simplificado de carga térmica da sala de quarentena.

Fonte: Autoria Própria (2014).

Portanto, neste caso na sala de quarentena teremos uma carga térmica em torno de 1,5 TRs a ser condicionada (4386,58 Kcal/h).

Sala de Vacinação: (Área da Sala: 11,59m²).

Layout da sala:

- 1 janela com incidência solar sul, com vidro frisado. Medidas da janela: 2800mm de largura X 1200mm de altura com 4 vidros frisados. 2 vidros de 500mm de

largura por 1000mm de altura e espessura de 5,0mm e 2 vidros de 650mm de largura por 1000mm de altura e espessura de 5,0mm.

- 2 portas de imbuia sem vidro. Medidas da porta: 2100mm X 800mm X 45mm.

- 1 porta de imbuia com vidro. Medidas da porta: 2100mm X 800mm X 45mm. Medidas do vidro: 500mm X 500mm X 4,0mm.

- 2 luminárias padrão lavável de sobrepor com 2 lâmpadas de 32W com reator eletrônico de alto fator de potência (levantamento feito de acordo com luminotécnica).

- 1 exaustor de 60mm de diâmetro com motor de movimentação de indução modelo "gaiola de esquilo" trifásico 220V/380V de 1,5CV de potência.

- 2 bancadas em madeira de 1200mm de altura X 1800mm de comprimento X 1200mm de largura.

- 1 luminária de bancada com 2 lâmpadas fluorescentes de 12W.

- Paredes lisas com pintura em tinta acrílica lavável (1 parede de 2090mm X 2400mm, 2 paredes de 2650mm X 2400mm e 1 parede de 3220mm X 2400mm que é a da janela e é externa e voltada para o sul).

- Laje com pintura igual a das paredes (3600mm X 3220mm X 200mm).

- Piso em mosaico (3600mm X 3220mm).

- Pé direito da sala: 2400mm.

- Número de pessoas: 2 pessoas trabalhando nesta sala em média 6 horas por dia durante 5 dias na semana.

Como nas salas anteriores, na sala de vacinação também foi previsto um coeficiente de carga térmica de segurança.

Estes dados, inseridos no quadro 09 nos deram o seguinte levantamento de carga térmica na Sala de Vacinação e que é apresentado no quadro 13:

PLANILHA SIMPLIFICADA PARA CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA - SALA DE VACINAÇÃO						
1	JANELAS	Fator¹	Área¹	Q (°)	Fator²	Fator³
1.1	Janela ao sol E ou O	520	0	0	353	109
1.2	Janela ao sol SE/SO	354	0	0	245	86
1.3	Janela ao sol NE/NO	415	0	0	284	94
1.4	Janelas ao sol N	223	0	0	160	67
1.5	Janelas a sombra	42	4,24	178,08		
2	CONSTRUÇÃO	Fator	Área	Q (°)		
2.1	Parede mais insolada pesada (30 cm)	34	0	0		
2.2	Parede mais insolada leve (15 cm)	43	17,16	737,88		
2.3	Paredes pesadas (30 cm)	11	0	0		
2.4	Paredes leves (15 cm)	18	18	324		
2.5	Terraço s/ isolamento	83	0	0		
2.6	Terraço c/ isolamento	25	0	0		
2.7	Forro de telhado não arejado s/ isolamento	49	0	0		
2.8	Forro de telhado não arejado c/ isolamento	9	0	0		
2.9	Forro de telhado arejado s/ isolamento	20	0	0		
2.10	Forro de telhado arejado c/ isolamento	5	0	0		
2.11	Forro entre andares	9	0	0		
2.12	Piso entre andares	12	0	0		
2.13	Duto de insuflamento	56	0	0		
3	ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS	Fator	Potencia⁴	Q (°)		
3.1	Iluminação incandescente	0,86	0	0		
3.2	Iluminação fluorescente	1,032	152	156,864		
3.3	Equipamentos	0,86	2208	1898,88		
4	ATIVIDADE	Fator	Pessoas	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
4.1	Trabalho Leve	62	2	124	127	254
4.2	Sentados	54	5	270	46	230
4.3	Trabalho de escritório	54	0	0	59	0
5	VENTILAÇÃO	Fator	Vazão*	Q (°) sensível	Fator	Q (°) latente
5.1	Infiltração	2	5,04	10,08	6,2	31,248
5.2	Ventilação	2	0	0	6,2	0
		Fator	Área¹	Q (°)		
5.4	Condutos de retorno	35	0	0		
				Qsensível		Qlatente
CARGA TOTAL				3.699,78		515,248
				Q (sensível+latente)		
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO			[kcal/h]	4.215,03		
CARGA TÉRMICA DE REFRIGERAÇÃO			[TR]	1,39		
Obs.: Fator ¹ - Janelas s/ proteção		Área ¹ - [m ²]	4,24	Planilha válida para condições:		
Fator ² - Janelas c/ cortinas internas		Q ² - [kcal/h]		Interna: TBS = 25°C e UR = 50%		
Fator ³ - Janelas c/ prot. externa		Potencia ⁴ - [W]		Externa: TBS = 32°C e UR = 60%		
Vazão* - [m ³ /h]						

Quadro 13: Levantamento simplificado de carga térmica da sala de vacinação.

Fonte: Autoria Própria (2014).

Portanto, neste caso na sala de vacinação teremos uma carga térmica em torno de 1,4 TRs a ser condicionada (4215,03 Kcal/h).

3.8.3 Cálculo da Carga Térmica Total da Instalação.

Para termos o total de carga térmica da instalação, basicamente somaremos todas as cargas térmicas das salas e acrescentaremos, além do acréscimo individual de cada sala, a este cálculo também um coeficiente de segurança para que o equipamento a ser dimensionado não tenha que funcionar totalmente a plena carga.

Convém salientar que os levantamentos das tabelas são estimativas que podem variar dependendo de condições climáticas adversas. Por isso, é importante sempre

prever no dimensionamento uma estimativa de um sistema que atenda a necessidade com uma certa folga.

Carga Térmica Total:

Sala de Tuberculina:

Carga térmica levantada: 1,5 TRs ou 4557,89 Kcal/h ou 18120 BTU/h.

Sala de Testes:

Carga térmica levantada: 2,5 TRs ou 7493,53 Kcal/h ou 29760 BTU/h.

Sala de Quarentena:

Carga térmica levantada: 1,5 TRs ou 4386,58 Kcal/h ou 17400 BTU/h.

Sala de Vacinação:

Carga térmica levantada: 1,4 TRs ou 4215,03 Kcal/h ou 16680 BTU/h.

Carga térmica total estipulada para o biotério:

6,9 TRs ou 20653,03 Kcal/h ou 81960 BTU/h.

Adotando-se os 15% de coeficiente de tolerância:

7,93TRs ou 23750,98 Kcal/h ou 94254 BTU/h.

Estes serão os valores de carga térmica adotados para o projeto.

3.8.4 Dimensionamento dos dutos

Para dimensionarmos os dutos, partiremos primeiro para o dimensionamento do equipamento necessário para atender as necessidades do sistema de ar condicionado do projeto do biotério.

Pelo cálculo de carga térmica na seção anterior, o sistema necessitará de um equipamento próximo a 8,0TRs de capacidade para suprir o que o biotério precisa.

Os principais fabricantes de equipamentos de ar condicionado, em geral, não possuem uma máquina com uma carga nominal exatamente em 8,0TRs. Portanto, consideraremos o equipamento de maior capacidade que o necessário. O mais próximo é o de 10 TRs e é um modelo destes que incluiremos no projeto.

O equipamento escolhido para o biotério será um condicionador de ar do tipo Split System para dutos de 10TRs da marca YORK.

Algumas características desta máquina:

Evaporador:

Modelo: EBX 122

Marca: YORK

Capacidade nominal: 10 TRs / 120000 BTU/h.

Vazão Nominal: 6800m³/h.

Líquido refrigerante: R407C.

Modelo do ventilador: Sirocco.

Compressor: tipo Scroll trifásico em torno de 5000W de potência nominal.

Banco de resistências: Banco trifásico com 4200W de potência total.

Tensão Nominal: 220/380/440V Trifásico 60Hz.

Motor do ventilador: Potência de 1400W trifásico.

Velocidade do motor: 1720 RPM.

Diâmetro da polia do motor: 80mm.

Como este equipamento é um modelo do tipo Split ele possui uma unidade condensadora externa (ficará localizada na área externa da casa de máquinas prevista no projeto).

Características da unidade condensadora compatível com a unidade evaporadora:

Modelo: HBC 122

Marca: YORK

Motor do Ventilador em 220V trifásico: 2,0CV.

Potência Nominal Total do equipamento em 220V: 14200W.

Corrente Nominal do equipamento em 220V: 46,9A (esta é a corrente nominal do equipamento isto é o total entre o evaporador e condensador portanto o disjuntor geral do equipamento deve possuir um valor de corrente que atenda a esta demanda).

Considerações:

Este equipamento, nos dá uma vazão nominal em torno de 6800m³/h.

Segundo Creder, (2004), considerando a fórmula da carga térmica de insuflamento: $Q = \text{Calor sensível total da instalação} / (0,29) \cdot (\text{Diferença entre a temperatura de bulbo seco do ambiente pela do recinto } (t_e - t_i))$.

Temperatura de bulbo seco: nada mais é do que a temperatura do ar ambiente.

Temperatura de bulbo seco em Curitiba no verão: 29C

Temperatura de bulbo seco para recintos: 15C

Portanto:

$Q = 15657 / (0,29) \cdot (29 - 15)$ $Q = 3856,40\text{m}^3/\text{h}$ de vazão na instalação.

Velocidade do ar em MPM (Metros por minuto):

Multiplicando-se a RPM pelo diâmetro da polia que são dados da máquina descritos acima, temos a velocidade nominal em MPM do ventilador da evaporadora da máquina:

$$V = 1720 \cdot (0,8) \quad V = 1376 \text{ MPM.}$$

$$\text{Velocidade a 100\%} = 1376 \text{ MPM}$$

$$\text{Vazão a 100\%} = 6800 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Para sabermos a velocidade de projeto, efetuaremos uma regra de três:

$$6800 \text{ m}^3/\text{h} - 1376 \text{ MPM}$$

$$3857 \text{ m}^3/\text{h} - \text{Velocidade projeto}$$

$$\text{Velocidade projeto: } 780,47 \text{ MPM.}$$

Vazão de projeto: 3856,40 dividindo por 60: 65MCM (metros cúbicos por minuto).

Para dimensionarmos os dutos, utilizaremos o método de velocidade e vazão e dimensionaremos os dutos de acordo com as vazões de cada sala.

Vazões das salas:

$$\text{Tuberculina: } 4058,62 / (0,29) \cdot (29 - 15) = 999,66 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$999,66 \text{ dividindo por } 60 = 16,66 \text{ MCM na sala.}$$

$$\text{Sala Testes: } 5690,75 / (0,29) \cdot (29 - 15) = 1401,66 / 60 = 24 \text{ MCM na sala.}$$

$$\text{Sala Quarentena: } 3634,26 / (0,29) \cdot (29 - 15) = 895,13 / 60 = 15 \text{ MCM na sala.}$$

$$\text{Sala Vacinação: } 2273,64 / (0,29) \cdot (29 - 15) = 560 / 60 = 10 \text{ MCM na sala.}$$

A equação geral para dimensionamento de dutos é a mesma utilizada para fluxo de fluídos:

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = \text{vazão em MCM.}$$

$$A = \text{área em m}^2.$$

$$V = \text{velocidade em MPM.}$$

Dimensiona-se os dutos do local mais afastado do evaporador até o evaporador. Neste sentido, adotamos uma velocidade abaixo do valor da nominal nos últimos trechos e vamos subindo este valor gradativamente conforme chega-se próximo a máquina devido a perdas de carga nos dutos. A vazão da sala é dividida pelas grelhas na sala. Por exemplo, na sala de tuberculina adotaremos 2 grelhas (bocas) e a vazão é de 16MCM. Então para dimensionarmos os dutos, adotaremos 8,0MCM por grelha. Os memoriais de cálculo e uma explicação sobre os quadros poderão ser verificados nos quadros 14 e 15 deste projeto.

A Figura 11 nos mostra o diagrama representativo do encaminhamento da rede de dutos de insuflamento e de retorno.

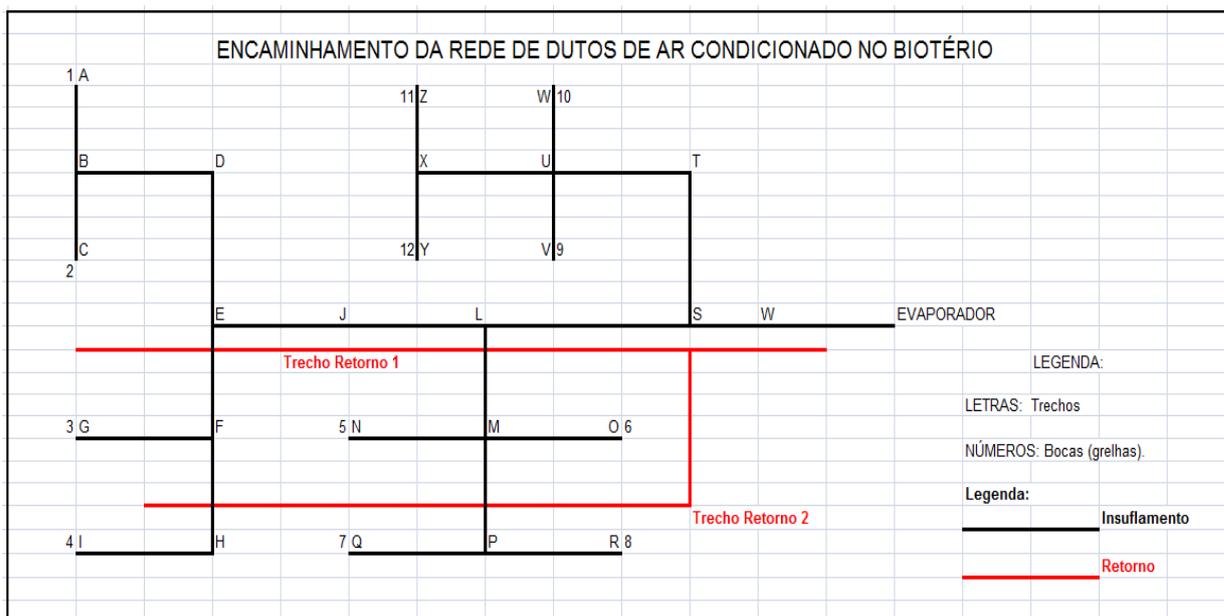


Figura 11: Encaminhamento da rede de dutos de insuflamento e de retorno.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Na figura 11, projetou-se a quantidade de difusores para cada sala. A sala de tuberculina terá 2 difusores que ficarão localizados nas letras A e C. A sala de testes possuirá quatro difusores que estão localizados nas letras Z, Y, V e W.

Já os difusores da sala de quarentena serão em um total de quatro deles. Estão localizados nas letras N, O, Q e R. A sala de vacinação possuirá 2 difusores nas letras G e I. Os trechos em preto são a representação dos dutos de insuflamento e os trechos em vermelho são os dutos de retorno.

As demais letras, são todos os trechos de dutos que foram dimensionados e que estão nos quadros 14 e 15. Nelas, encontramos o memorial de cálculo para o dimensionamento do tamanho dos dutos de insuflamento e de retorno. Os dutos são calculados com base nos trechos da figura 11. Por exemplo, aplicamos a fórmula da vazão que é o produto da área pela velocidade do ar a ser insuflado em todos esses trechos. Assim teremos o valor da área em m^2 para o duto daquele determinado trecho. Através desse valor de área projeta-se um tamanho de altura e largura de duto que correspondem a esta área. Por exemplo: para o trecho A-B, o valor de área para aquele determinado trecho foi de $0,05m^2$. Adotamos então um duto de 35cm de largura por 15cm de altura que aplicando-se o produto do lado pelo lado para encontrarmos a área, encontraremos a área de $0,05m^2$ para aquele trecho. Os demais trechos, inclusive toda a

tubulação de retorno, foram projetados dessa maneira. Os valores de vazão e velocidade para encontrarmos a área foram aplicados de acordo com a vazão necessária em cada sala e sendo aumentados conforme a tubulação vai chegando mais próxima ao evaporador.

Dimensionamento dos Dutos	
RAMAL 01	
Trecho 01 (A - B)	Trecho 08 (F - E)
Vazão no Trecho 01: 8MCM	Vazão: 5 + 5 + 10 = 20MCM
Velocidade no trecho 01: 140 MPM.	Velocidade: 230 MPM
$A = Q / V$	$A = 20 / 230 \text{MPM}$ $A = 0,08 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 35cm X 25cm.
$A = 8 / 140$ $A = 0,05 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 35cm X 15cm.	Trecho 09 (E - J)
Trecho 02 (B - C)	Vazão: 32 + 20 = 52 MCM
Vazão: 8MCM	Velocidade: 250MPM
Velocidade: 140 MPM	$A = 52 / 250 \text{MPM}$ $A = 0,20 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 55cm X 35cm.
$A = 8 / 140 \text{MPM}$ $A = 0,05 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 35cm X 15cm.	Trecho 10 (J - L)
Trecho 03 (B - D)	Vazão: 52 + 10MCM = 62MCM
Vazão: 8 + 8 = 16MCM	Velocidade: 270MPM
Velocidade: 160 MPM	$A = 62 / 260 \text{MPM}$ $A = 0,23 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 60cm X 40cm.
$A = 16 / 160 \text{MPM}$ $A = 0,1 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 40cm X 25cm.	Trecho 11 (Q - P e P - R)
Trecho 04 (D - E)	Vazão: = 15 MCM
Vazão: = 8 + 8 + 16 = 32 MCM	Velocidade: 300MPM
Velocidade: 260 MPM	$A = 15 / 300 \text{MPM}$ $A = 0,05 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 30cm X 20cm.
$A = 32 / 260 \text{MPM}$ $A = 0,12 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 40cm X 32cm.	Trecho 12 (P - M)
Trecho 05 (I - H)	Vazão: 15 + 15 = 30 MCM
Vazão: = 5MCM	Velocidade: 400MPM
Velocidade: 90 MPM	$A = 30 / 400 \text{MPM}$ $A = 0,07 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 35cm X 20cm.
$A = 5 / 90 \text{MPM}$ $A = 0,06 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 30cm X 20cm.	Trecho 13 (N - M e M - O)
Trecho 06 (F - H)	Vazão: = 15 MCM
Vazão: 5 + 5 = 10MCM	Velocidade: 300MPM
Velocidade: 170 MPM	$A = 15 / 300 \text{MPM}$ $A = 0,05 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 30cm X 20cm.
$A = 10 / 170 \text{MPM}$ $A = 0,06 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 30cm X 20cm.	Trecho 14 (L - M)
Trecho 07 (G - F)	Vazão: = 45 MCM
Vazão: = 5MCM	Velocidade: 450MPM
Velocidade: 90 MPM	$A = 45 / 450 \text{MPM}$ $A = 0,1 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 35cm X 30cm.
$A = 5 / 90 \text{MPM}$ $A = 0,06 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 30cm X 20cm.	Trecho 15 (L - S)
	Vazão: = 45 + 62 + 15 = 122 MCM
	Velocidade: 460MPM
	$A = 122 / 460 \text{MPM}$ $A = 0,27 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 45cm X 60cm.

Quadro 14: Memorial de cálculo dos dutos ramal 1.
Fonte: Autoria Própria (2014).

RAMAL 02	RETORNO
Trecho 16 (Z - X e X - Y)	RAMAL 01 (Trecho 01)
Vazão: 24 MCM	Vazão de Ar de retorno: 65 MCM
Velocidade: 450MPM	Velocidade: 400MPM
$A = 24 / 450 \text{MPM}$ $A = 0,05 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 35cm X 15cm.	$A = 35 / 400 \text{MPM}$ $A = 0,08 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 40cm X 20cm.
Trecho 17 (X - U)	RAMAL 02 (Trecho 02)
Vazão: 48 MCM	Vazão de Ar de retorno: 65 MCM
Velocidade: 550MPM	Velocidade: 400MPM
$A = 48 / 550 \text{MPM}$ $A = 0,08 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 40cm X 20cm.	$A = 35 / 400 \text{MPM}$ $A = 0,08 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 40cm X 20cm.
Trecho 18 (U - V e U - W)	Trecho 03 (Junção dos dutos na entrada do exaustor)
Vazão: 24 MCM	Vazão de Ar de retorno: 65 + 65 = 130 MCM
Velocidade: 450MPM	Velocidade: 700MPM
$A = 24 / 450 \text{MPM}$ $A = 0,05 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 35cm X 15cm.	$A = 130 / 700 \text{MPM}$ $A = 0,18 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 60cm X 30cm.
Trecho 19 (U - T)	
Vazão: 48 + 48 + 24 = 120 MCM	
Velocidade: 500MPM	
$A = 120 / 500 \text{MPM}$ $A = 0,24 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 60cm X 40cm.	
Trecho 20 (S - W)	
Vazão: 122 + 120 + 24 + 15 = 281 MCM	
Velocidade: 600MPM	
$A = 281 / 600 \text{MPM}$ $A = 0,47 \text{m}^2$ Este valor equivale a um duto de 110cm X 45cm.	

Quadro 15: Memorial de cálculo dos dutos ramal 2 e dutos de retorno.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Com os cálculos dos dutos insuflamento e de retorno projetados, dimensionamos um gabinete de exaustão de ar de retorno que ficará instalado na casa de máquinas do projeto. Este gabinete é responsável pela retirada do ar da planta e por ajudar o sistema de ar condicionado na renovação do ar do interior das salas. Além disso, ele possuirá um filtro absoluto instalado em sua carcaça que fará a filtragem do ar que sairá das salas no sentido de as salas só receberem novamente esse ar em boas condições de ambiente.

Dimensionamos o seguinte equipamento de acordo com o tamanho do duto principal de retorno:

Gabinete de ventilação para exaustão de ar.

Marca: BERLINER LUFT.

Vazão de ar: 3450m³/h.

Pressão estática: 15mmca.

Medidas: 300mm de altura x 600mm de largura com a boca do exaustor medindo 350mm.

Porta filtro em aço inoxidável com abertura de fácil acesso para troca do filtro com medidas: 405mm x 405mm x 105mm.

Filtro absoluto para filtro modelo F770.

Características do filtro absoluto: filtro de alta eficiência com moldura de chapa galvanizada resistente a umidade, não inflamável, meio filtrante com papel em fibra de vidro, com distanciadores de alumínio com filtragem de partículas em torno de 95%. Medidas do filtro: 400mm x 400mm x 100mm.

Motor elétrico de transmissão para o ventilador:

Marca: WEG.

Potência Nominal: 1,0CV 4 pólos.

Motor de indução trifásico "gaiola de esquilo".

Tensão Nominal: 220V/380V.

Corrente Nominal: 3,10A/1,79A.

F.S 1,15. e IP. 55.

Com todos os itens, (dutos de insuflamento, retorno, equipamento de ar condicionado e gabinete de exaustão de ar, entre outros), dimensionados desenhou-se o projeto para o sistema de ar condicionado para a planta do biotério que podemos analisar pela planta da Figura 12.

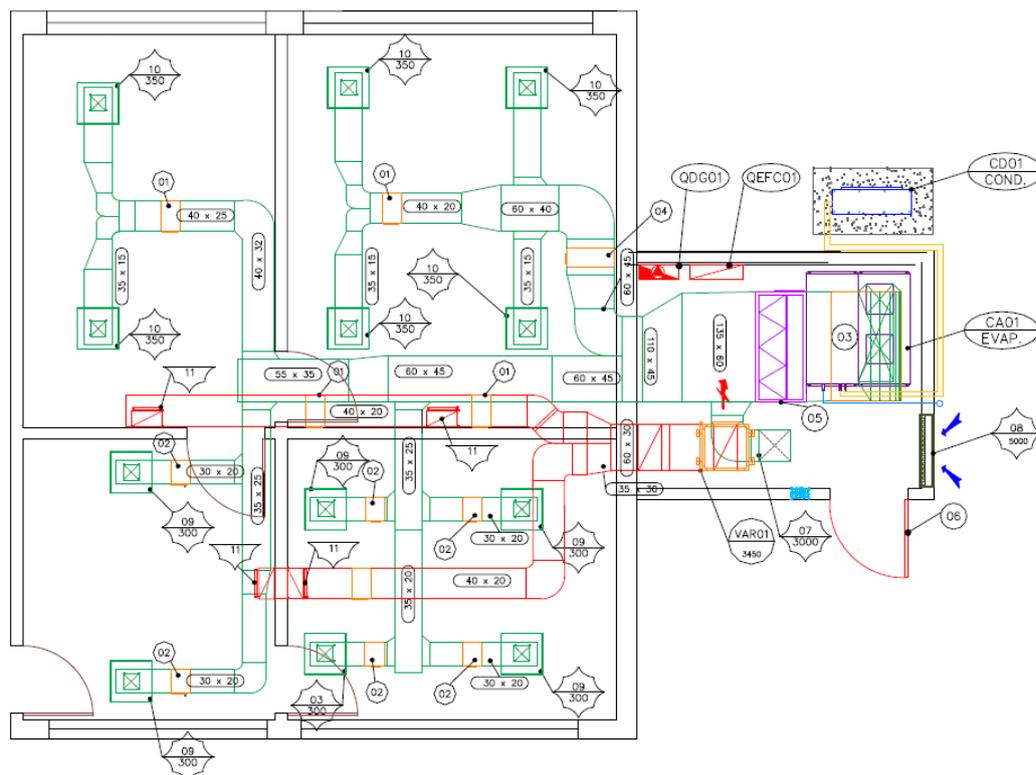


Figura 12: Planta do Sistema de Ar Condicionado do Biotério.
Fonte: Autoria Própria (2014).

O projeto possui dois ramais principais de insuflamento que estão em verde e dois ramais principais de retorno que estão em vermelho. No início da linha ficará instalado o evaporador projetado. A unidade de condensação ficará alojada na parede norte da sala de máquinas e interligadas entre si pelas tubulações frigorígenas. Na saída do ventilador do evaporador projetou-se um atenuador de ruído modelo DS 10/40 com 5 células da marca TROX. Após o atenuador será instalado também um gabinete para filtros bolsa modelo F74B33 da TROX. A partir desse filtro é que iniciam-se os dutos de insuflamento do ar condicionado. Uma rede de dutos de insuflamento atende apenas a sala de testes pois esta possui a maior carga térmica do biotério.

O outro ramal principal atende as demais salas com as medidas dos dutos diminuindo de tamanho conforme os trechos e conforme as vazões das salas. Temos um total de 12 bocas que possuem 12 grelhas de tamanhos conforme a vazão das salas. Nas salas de testes e tuberculina as grelhas são de 400mm X 400mm. Já as salas de quarentena e vacinação as grelhas são de 300mm X 300mm. Foram projetados também 09 dumpers de controle de vazão nas salas de modelo EN da marca TROX. Todos esses dumpers terão funcionamento manual e terão suas aletas ajustadas de acordo com a vazão de projeto. Só poderão ser modificados manualmente.

Nos trechos de retorno, a linha inicia-se com o gabinete de exaustão que é interligado ao duto de insuflamento pois uma parte do ar retornará filtrado para as salas devido ao filtro absoluto F770 que foi projetado neste gabinete. Do gabinete o duto se divide em 2 ramais principais. Um ramal é o sistema de dutos de retorno para as salas de tuberculina e de testes. O outro ramal é para as salas de quarentena e vacinação. No final de cada linha, dentro das salas, há grelhas nos dutos de retorno medindo 325mm X 425mm a 150mm do piso. Também para este sistema de retorno, foram projetados 3 dumpers de controle de vazão de ar. Assim como na tubulação de insuflamento, todos esses dumpers terão funcionamento manual e terão suas aletas ajustadas de acordo com a vazão de projeto.

3.9 MEMORIAIS DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DE DISPOSITIVOS E DIAGRAMAS PARA O PROJETO.

3.9.1 Exaustores

No biotério estudado, temos a presença de 08 equipamentos de exaustão onde todos eles são de características semelhantes. Neste sentido, por motivos de economia e para que se consiga uma futura aplicação deste projeto, iremos utilizar os mesmos equipamentos presentes no biotério por se tratarem de bons exaustores. São exaustores axiais de diâmetro 520mm e com motor de indução trifásico 1,5CV da marca WEG. O que será incluído no projeto é apenas a automação para esses equipamentos funcionarem de maneira automatizada, uma vez que os mesmos são operados manualmente pelos colaboradores do biotério ao chegarem e ao saírem do trabalho.

Será previsto também neste projeto, a instalação de filtros manta na saída de cada um dos exaustores afim de diminuirmos a quantidade de poeira de serragem do biotério reterdo estas partículas de pó no filtro. Esses filtros instalados reterão partículas que irão auxiliar o filtro absoluto instalado no exaustor de retorno do ar condicionado. Este filtro, na saída de exaustão de ar condicionado, será um filtro absoluto e de alta eficiência e muito sensível. Com o auxílio dos filtros manta instalados nas saídas dos exaustores diminuiremos a substituição do filtro absoluto por saturação. O filtro de ar escolhido para este projeto é da marca TROX de modelo manta sintética de classe 01 com carcaça em alumínio, padrão lavável, vazão de 1800m³/h de dimensões 550mm de altura por 550mm de largura por 50mm de espessura.

Esse filtro e o tamanho do filtro são compatíveis com o diâmetro dos exaustores instalados na planta do biotério. Mais detalhes destes exaustores e filtros, poderemos analisar na planta dos detalhes dos exaustores na seção de anexos.

3.9.2 Características dos exaustores instalados no biotério.

Resolvida a questão dos filtros manta que utilizaremos nos exaustores, partiremos agora para o dimensionamento dos dispositivos de proteção elétrica para os motores dos exaustores.

Conforme relatado na seção anterior, os exaustores que estão instalados nas salas do biotério são do tipo axial de diâmetro 520mm por 400mm de comprimento e constituídos em chapa de aço galvanizado. Possuem hélices de 06 aletas em chapa de aço galvanizado e vazão nominal de 110m³/min e nível de ruído de 75dBA. O motor desses exaustores é de indução trifásico com rotor "gaiola de esquilo" de potência nominal 1,5CV.

As demais características técnicas do motor desses exaustores são as seguintes:

Marca: WEG.

Tensão Nominal: 220V/380V 60 Hz.

Modelo da Carcaça: 90s.

Rotação: 1125RPM. IP. 55.

Rendimento: η : 83,5% (0,835).

Cosseno ϕ : 0,70.

F.S. 1,15.

Ip/In: 5,3.

Com base nestes dados, necessitamos primeiramente dimensionar os dispositivos de comando para essas máquinas elétricas. Esses motores terão seu comando em partida direta uma vez que possuem potência nominal e corrente relativamente baixas e não necessitaremos montar um comando para diminuição de corrente de partida. Calculou-se então, a corrente nominal dos exaustores e através dela, dimensionaremos os dispositivos de comando para estes motores. Além disso, calcularemos a corrente estimada para o projeto e apresentaremos os diagramas unifilar, e os de comando e força para os itens do projeto.

3.9.3 Cálculo da corrente nominal para os motores dos exaustores

Cálculo da corrente do nominal do motor: (Calculada pela equação da divisão entre a potência nominal total e o produto entre a tensão de linha (Ul) pela raiz de 3 pelo coseno φ e o rendimento do motor.

Logo:

Potência Total: $1,5 \times 736\text{W} = 1104\text{W}$.

$$I_n = \frac{P_{total}}{U_l \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi \cdot \eta}$$

$$I_n = \frac{1104}{U_l \cdot \sqrt{3} \cdot 0,70 \cdot 0,835}$$

$$I_n = \frac{1104}{381,051 \cdot 0,5845}$$

$$I_n = \frac{1104}{222,7243}$$

$$I_n = 4,956\text{A}$$

Portanto: corrente nominal dos motores será 4,956 A.

3.9.4 Dimensionamento do rele térmico de proteção

Sabendo a corrente nominal, e utilizando-se de catálogos de fabricantes de dispositivos elétricos, podemos apontar um rele térmico de proteção para estes motores.

Utilizaremos um catálogo de relé de sobrecarga para minicontatores da marca WEG.

Com base neste catálogo, encontramos o relé térmico modelo RW17D com as seguintes características: faixa de ajuste: 4 - 6,3 A, (corrente nominal do motor de 4,96 portanto, dentro da faixa de ajuste necessária), sensibilidade contra falta de fase, compensação de temperatura, classe de disparo 10 e tecla multifunção programável.

Portanto, para cada um dos motores, utilizaremos um relé térmico de proteção da marca WEG modelo RW17D com faixa de ajuste de 4 a 6,3A.

3.9.5 Especificação dos Contatores

Faixa de ajuste: (corrente nominal do motor: 4,956 A).

Contator marca WEG, modelo: CWM09 (Compatível com o relé térmico RW17D dimensionado na seção anterior), corrente nominal máxima: 20A, tensão de trabalho: 220V / 60Hz com contatos auxiliares integrados (1NA + 1NF).

Portanto, para cada um dos motores, utilizaremos um contator da marca WEG modelo CWM09 compatível com o relé térmico RW17D.

3.9.6 Dimensionamento dos Condutores

Os condutores serão instalados em eletroduto aparente, a instalação classifica-se, de acordo com a tabela 33 da NBR 5410/2004, como tipo B1. A corrente nominal dos motores é de 4,956 A, pela tabela 36 da NBR 5410/2004 de dimensionamento de cabos, o condutor de seção nominal de 0,5 mm² seria suficiente para alimentar essa carga. Porém a bitola mínima para os condutores de circuitos de potência é 2,5mm². Portanto adotaremos 03 condutores carregados de seção nominal 2,5mm² em PVC anti-chama.

3.9.7 Disjuntores de proteção para o circuito de força

Para três condutores carregados o condutor de 2,5 mm² possui suportabilidade de 21 A e para dois condutores carregados, suporta uma corrente de até 25 A para a instalação do tipo B1. Portanto, para esse condutor necessitaremos, para sua proteção, de um disjuntor de no máximo 21A.

Como será utilizado relé termico para proteção dos motores, não será necessário a instalação de disjuntores adicionais, pois o relé protegerá os condutores de alimentação dos motores dos exatores.

Portanto como a corrente do motor será em torno de 4,6A utilizaremos um disjuntor marca WEG padrão DIN curva C trifásico de 15A.

3.9.8 Dimensionamento do disjuntor para Circuito de Comando

Como o disjuntor de força será de 15A estimaremos uma potência de 700 W para cada circuito de comando.

Calculando a corrente do circuito de comando:

$$I = \frac{P_{total}}{UI}$$

$$I = \frac{700}{220}$$

$$In = 3,50 A$$

Para o comando desses motores, poderíamos utilizar um disjuntor bifásico de 04A marca WEG norma DIN de curva C. Como são 08 exaustores no biotério, projetaremos um circuito de comando para cada 04 exaustores. Adotaremos um disjuntor bifásico de 15A curva C da WEG. Para corrente máxima de 15A em instalação do tipo B1, a bitola dos cabos de comando será de seção 1,5mm². Portanto, teremos 03 circuitos de comando com 3 disjuntores de 15A bifásicos. Dois deles serão para os exaustores e um para o comando da iluminação das salas.

3.9.9 Dimensionamento do disjuntor geral do quadro de distribuição elétrica da instalação do biotério.

Tendo como base, os cálculos e dados apresentados acima além de dados do fabricante dos equipamentos de ar condicionado e exaustor de retorno e com o cálculo de corrente para a iluminação, será possível dimensionarmos o disjuntor geral do quadro de distribuição do projeto. Com os dados já apontados por este projeto temos:

Potência máxima do equipamento de ar condicionado: aproximadamente 14200W.

Potência máxima nominal do gabinete de exaustão de ar: aproximadamente 736W.

Exaustores: 08 exaustores com motores com potência nominal em torno de 1104W.

Iluminação por lâmpadas de 2X32W cada. Somando-se todas as luminárias das salas temos uma estimativa que nos dá um total aproximado de 960W de carga instalada na iluminação (15 luminárias).

Como a maior parte das cargas são trifásicas teremos um circuito bastante equilibrado nas cargas do biotério. Apenas as lâmpadas não são trifásicas mas como sua carga em proporção as outras é bem menor, para estimar o disjuntor geral, partiremos de um cálculo dimensionando a corrente para os circuitos trifásicos e após isso, somaremos aos circuitos monofásicos.

Potência trifásica total estimada: $14200W + 736W + 8.(1104W) = 23768W$.

Adotando-se um fator de potência em torno de 0,92 pois nas máquinas de ar condicionado são previstos bancos de capacitores para correção de fator de potência. Além disso, na entrada geral do prédio onde se encontra o biotério encontramos um banco de capacitores. Portanto, adotaremos o valor nominal de fator de potência em 0,92.

Vamos então ao cálculo:

$$I_n = \frac{P_{total}}{U_l \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi}$$

$$I_n = \frac{23768}{U_l \cdot \sqrt{3} \cdot 0,92}$$

$$I_n = \frac{23768}{381,051 \cdot 0,92}$$

$$I_n = \frac{23768}{350,566}$$

$$I_n = 67,79 A$$

A corrente nominal para o circuito trifásico equilibrado para as cargas que serão instaladas será de aproximadamente 70A.

Cálculo corrente para iluminação:

$$I = \frac{P_{total}}{U_l}$$

$$I = \frac{960}{220}$$

$$I_n = 4,36 A$$

Somatória das cargas instaladas:

$$I_{TOTAL} = I_{carg\ astrifásicas} + I_{ilu\ min\ ação}$$

$$I_{TOTAL} = 67,79 + 4,36$$

$$I_{TOTAL} = 72,15 A$$

Como carga total instalada é de 72,15A, é necessário que o sistema seja alimentado por condutores de seção nominal mínima de 25 mm², que para a instalação do tipo B1, tem uma suportabilidade de 89 A. Neste projeto também, prevemos que a instalação de toda esta carga será incluída nas cargas essenciais e sua alimentação virá de um grupo gerador que pertence ao laboratório onde o biotério funciona. Isso será possível devido a inativação de uma antiga planta que estava contemplada no gerador o que fez com que a carga instalada neste equipamento diminuisse em torno de 60%.

Como é um gerador de 112,5kVA, ele possui uma capacidade de carga em torno de 300A. As medições que realizamos em seu QTA após a desativação do laboratório nos forneceram em torno de 40A de corrente por fase a plena carga. Isso significa que se incluirmos os 80A trifásicos deste projeto do biotério neste gerador, não será problema para este equipamento. Portanto foi previsto no projeto a inclusão do circuito no gerador existente. Porém, a distância entre o gerador e o local de instalação do QDG01 é em torno de 70 metros. Como a norma NBR 5410/2004 prevê em torno de 65 metros a distância máxima em função da queda de tensão para um circuito de bitola 25mm², utilizaremos cabos de seção nominal 35mm² para esta instalação.

Assim então, para o circuito de alimentação geral, será utilizado um Disjuntor tripolar Termomagnético curva C de 80 A norma DIN, da marca WEG com 3 condutores carregados de seção nominal 35mm² e 1 condutor neutro de 35mm² e 1 cabo de aterramento de 35mm². Neste sentido, elaborou-se o diagrama unifilar da instalação representado pela Figura 13:

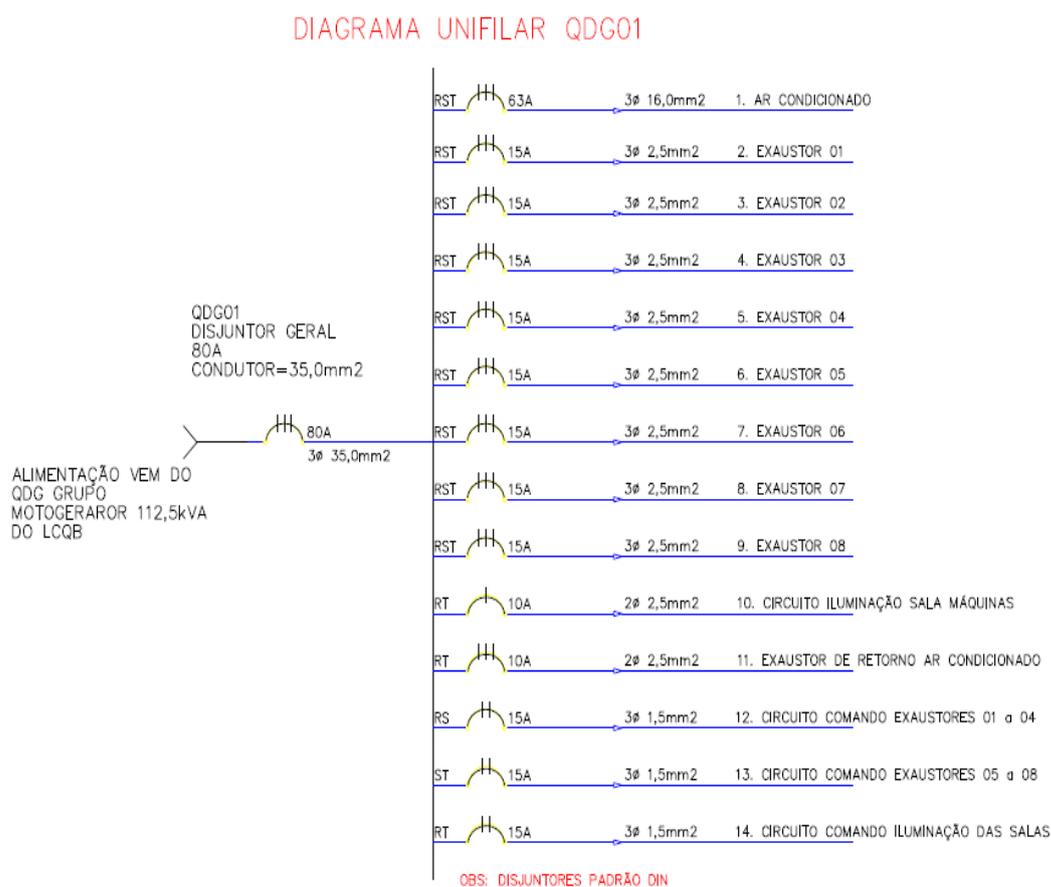


Figura 13: Diagrama unifilar do quadro de distribuição geral do projeto.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Explicação do diagrama: O disjuntor 1 é o geral para o ar condicionado e é de 63A trifásico porque a corrente máxima de acordo com os dados de placa da YORK é muito próxima aos 50A. Por prudência, decidiu-se por um disjuntor de maior carga e a seção nominal para os condutores do circuito do ar condicionado de 16mm². Na sequência, os disjuntores 2 até o 9 são os disjuntores de alimentação dos exaustores. Utilizaremos um disjuntor trifásico de 15A e a bitola de cabo será de seção nominal 2,5mm² pois todas as distâncias entre os exaustores até o QDG01 é menor que 30 metros.

O disjuntor de número 10 é o circuito de alimentação da iluminação da sala de máquinas. Como é um circuito de força, utilizaremos bitola de cabo de seção 2,5mm² e disjuntor monofásico de 10A para este circuito. O disjuntor de número 11 é para o gabinete de exaustão de ar do sistema de ar condicionado. Como a corrente desse motor será em torno de aproximadamente 4,0A por prudência adotaremos um de 10A trifásico e cabo com bitola de seção nominal 2,5mm².

Para os circuitos de comando da exaustão e iluminação, como os mesmos também possuem distâncias inferiores a 30 metros entre eles e o QDG01, adotaremos 1,5mm² de seção nominal e 3 disjuntores bifásicos de 15A cada. São os disjuntores 12,13 e 14.

3.9.10 Diagrama de Força do Circuito dos Exaustores:

Com base nos cálculos da seção acima, elaborou-se uma planta para o diagrama de força dos exaustores do biotério representada pela Figura 14:

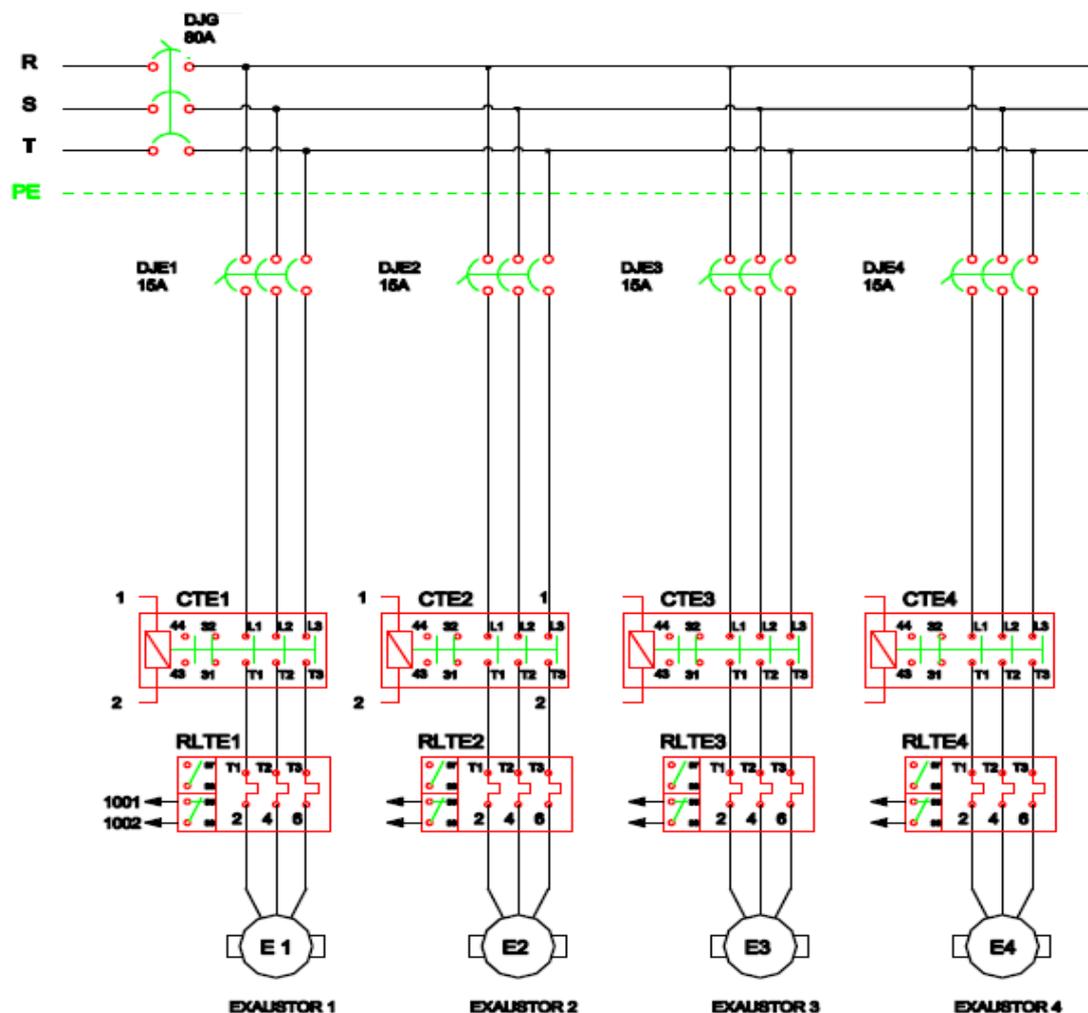


Figura 14: Diagrama de força dos exaustores.

Fonte: Autoria Própria (2014).

Explicação do diagrama: Ilustramos aqui, apenas 4 exaustores do diagrama para que o mesmo ficasse mais legível. A planta completa estará na seção de anexos. Como todos os exaustores funcionarão em partida direta, basta apresentarmos a explicação do funcionamento de um deles pois os outros seguirão o mesmo modelo de circuito.

Neste diagrama temos a representação das 3 fases vindas do QDG01 com a linha protegida pelo disjuntor geral DJG de 80A trifásico previsto no projeto unifilar. Deste barramento provém os oito disjuntores de proteção do circuito de cada um dos motores denominados DJE1 até DJE8 todos eles trifásicos e de 15A de corrente nominal. Dos disjuntores, para cada um dos motores, é montada uma partida direta com os respectivos dispositivos de proteção, (contatores e relés térmico), instalados em série com o motor. Os relés, denominados RLTE1 até o RLTE8 e os contatores CTE1 até o CTE8. Em todos os motores é previsto aterramento em série com a malha de

aterramento do prédio onde está instalado o biotério. Os relés térmico e os contatores são os modelos dimensionados de acordo com o cálculo de corrente para os motores exposto na seção de dimensionamento dos dispositivos portanto, serão 08 relés RW17D e 08 contatores CWM09 da marca WEG.

3.9.11 Diagrama de comando e automação dos exaustores e do sistema de iluminação do biotério.

Nesta seção, será exposto o projeto de comando e automatização dos exaustores e o sistema de iluminação do biotério. Neste projeto, no sentido de facilitar uma futura aplicação deste trabalho, utilizaremos temporizadores eletrônicos da marca NOVUS modelo TM 619 que já existem no setor de manutenção da empresa em que estudamos este caso. Estes dispositivos são muito práticos pois são interruptores que realizam tarefas de ligar e desligar cargas elétricas em horários pré-programados em minutos, horas, diariamente ou ao longo da semana, repetindo o ciclo nos dias ou semanas seguintes. Esse tipo de dispositivo é exatamente o que necessitamos para fazer com que esses dois itens do biotério funcionem de maneira automática e pelo tempo que determinarmos.

Neste sentido, o projeto de comando foi montado em função da existência desses temporizadores. Para cada um dos motores utilizaremos um deles. Para cada sala, a iluminação também utilizará um temporizador. Serão 08 dispositivos para os motores dos exaustores denominados nas plantas de Timer 01 até Timer 08 e mais 04 para a iluminação das salas denominados Timer 09 até Timer 12.

Descrito estes detalhes, montou-se o projeto do diagrama de comando das salas com relação a iluminação e exaustores exposto na Figura 15 (apenas um circuito de iluminação e um circuito dos exaustores).

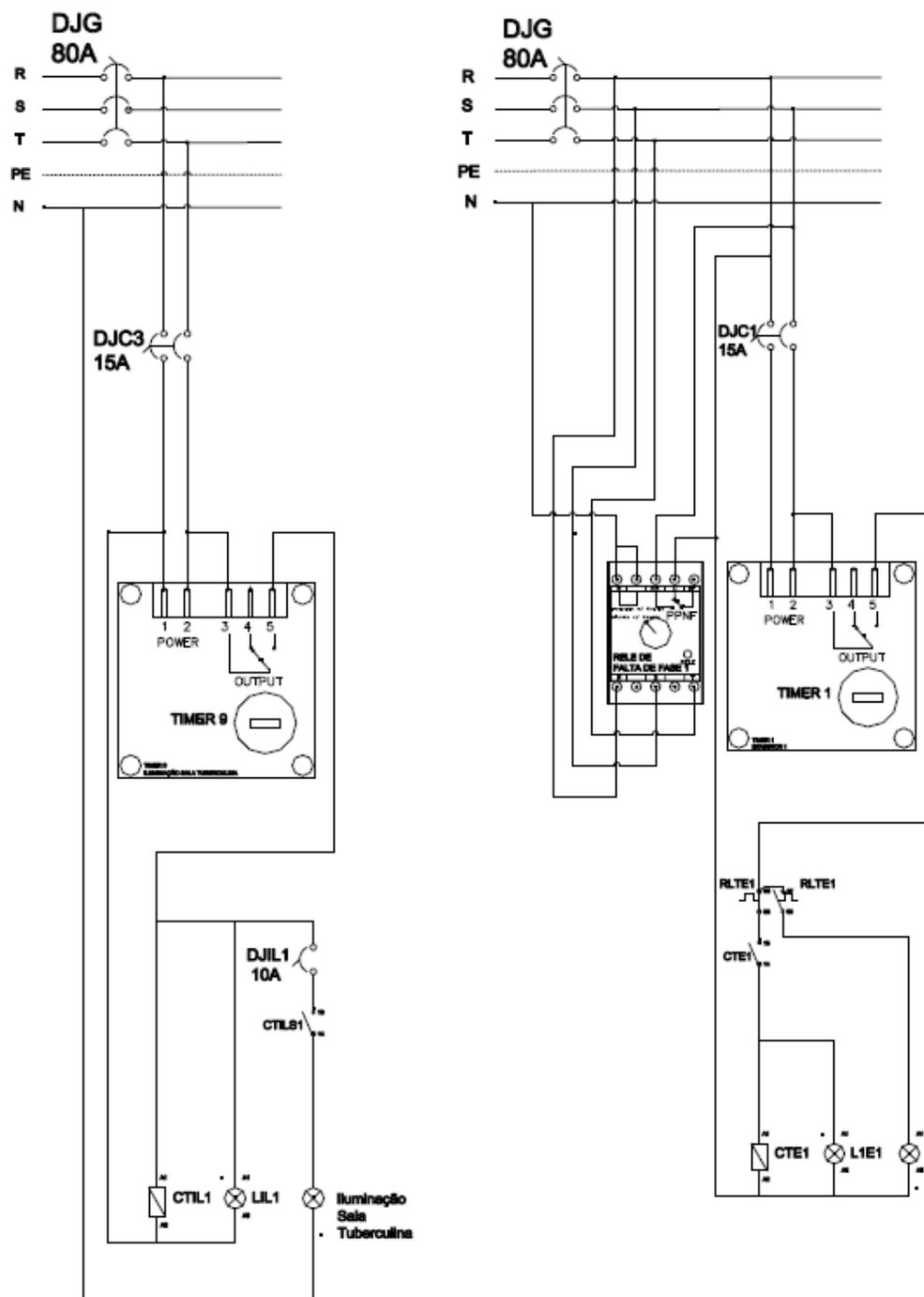


Figura 15: Esboço do Diagrama de comando dos exaustores e iluminação.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Explicação do diagrama: Ilustramos aqui nesta seção, apenas um dos exaustores e um circuito da iluminação devido a planta ser bastante extensa e os demais circuitos serem exatamente iguais aos aqui expostos de maneira que explicando o funcionamento deste os demais funcionam de maneira igual. As plantas completas poderão ser analisadas na seção de anexos.

Nestes diagramas, o barramento inicial do QDG01 com o disjuntor DJG também estará presente nos mostrando que os circuitos de comando também procedem do QDG01 projetado para o biotério. Neste barramento, inserimos 03 disjuntores de nomes DJC1, DJC2 e DJC3 que são os disjuntores de comando. Todos de 15A e bifásicos curva C norma DIN. Explicaremos primeiro o comando dos exaustores. Para cada um dos dois comandos do exaustor, é previsto um relé de proteção contra falta de fase para proteção dos motores. Serão os Reles RFF1 e RFF2. Nestes relés os terminais R,S e T serão interligados respectivamente com cada uma das 3 fases. Foi prevista um condutor neutro para o caso de haver uma eventual necessidade futura de uma instalação monofásica nestes circuitos. Por isso, prevemos o neutro interligado no terminal N do relé de falta de fase. Este relé possui mais três contatos na sua parte superior. O contato normalmente aberto (NA) onde será feita a conexão da fase S e contato comum representado pela letra C. Este contato será interligado a fase R dos disjuntores de comando. Já o contato normalmente fechado (NF) não o utilizaremos.

O comando automático dos exaustores, será realizado por meio de cada um dos timers. Da saída dos disjuntores bifásicos de comando DJC1 e DJC2 sairá alimentação em 220V para a bobina dos timers. A Figura 16 nos mostra o esquema elétrico de ligação deste modelo de temporizador eletrônico:

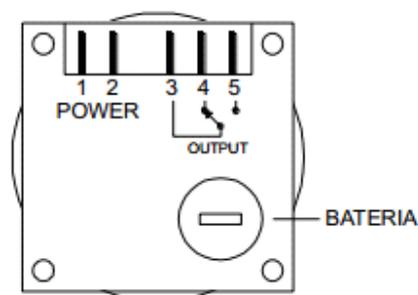


Figura 16: Terminais de interligação do Temporizador TM-619.
Fonte: Novus (2014).

Esse timer da Figura 16 possui 5 terminais de saída. As saídas 01 e 02 são as saídas de alimentação da bobina do temporizador. As fases dos disjuntores de comando DJC1 e DJC2 são ligadas diretamente nestes contatos. A saída de número 03 é a saída comum. O terminal 04 é o contato normalmente fechado do timer e o 05 o normalmente aberto. Para realizarmos a automatização do circuito, nos diagramas do projeto, prevemos a interligação entre o terminal 03 e uma das fases (por exemplo a fase S portanto, o terminal 02 (fase S) em série com o terminal 03), e o terminal 05

(normalmente aberto) realizará o contato de interligação com a partida direta para os motores através do contato normalmente fechado (95) dos relés térmico RLTE1 até o RLTE8 com cada timer realizando essa interligação com seu respectivo relé. Portanto, o contato 05 do timer irá ser interligado ao contato normalmente fechado de número 95 do relé. O contato (96) do relé térmico será interligado ao contato normalmente aberto de número 13 dos contadores CTE em paralelo a uma bobina de uma lâmpada de sinalização denominadas nos circuitos pelas siglas L1E1 até L1E8 que informará que o sistema está em funcionamento. Foi previsto também a instalação de 8 lâmpadas sinaleiras para sinalizar abertura de relé termico dos motores. Conectou-se o terminal 97 de cada relé térmico na primeira fase de comando e o contato 98 foi interligado a bobina A1 de cada uma dessas lâmpadas. A bobina A2 das lâmpadas foram conectadas na outra fase de comando. Essa lâmpadas foram denominadas no diagrama pelas siglas L2E1 até L2E8.

Já o contato de número 14 será ligado em série a bobina A1 do contator. As bobinas A2 do contator e da lâmpada serão conectados em paralelo com a outra fase de comando, (fase R por exemplo), do disjuntor DJC1. Todos os circuitos de comando dos exaustores utilizando os temporizadores foram projetados no diagrama da mesma maneira. A temporização dos exaustores, isto é, o período em que ficarão ligados e desligados, será programada de acordo com a necessidade dos colaboradores do biotério.

Já o circuito de comando referente as iluminações das salas é bastante semelhante ao dos exaustores. A diferença é que não teremos os relés de falta de fase no circuito de iluminação. Tudo se iniciará a partir do disjuntor bifásico DJC3 de 15A que será o disjuntor de comando dos circuitos de iluminação. Neste sentido, as fases (S e T) que saem do DJC3 serão interligadas nos terminais 01 e 02 de cada timer. O contato 03, assim como nos exaustores, será interligado em série com o contato 02 (Fase T). Já o contato normalmente aberto 05 interligará a bobina A1 de um contator auxiliar que denominou-se no diagrama pelas siglas CIL1 até CIL4. Esse mesmo ramo do circuito alimentará também em paralelo a uma lâmpada de sinalização denominadas de LILS1 até LILS4 para avisar que a iluminação estará funcionando.

Em paralelo também, neste mesmo ramal, prevemos a alimentação de um disjuntor monofásico de 6,0A (pois a corrente dos circuitos de iluminação é em torno de aproximadamente 5,0A). A saída destes disjuntores, (chamamos cada um deles de DJIL1 até DJIL4), interligamos cada um dos contatos de número 13 (normalmente

aberto) de cada um dos contadores auxiliares CIL dos circuitos de iluminação. Do contato aberto número 14 dos CIL é que sairá o retorno para o circuito das lâmpadas e fará com que sejam acionadas pois o neutro já estará instalado nas lâmpadas e o fio de retorno sairá do contato 14 dos contadores auxiliares CIL. A bobina A2 dos contadores auxiliares, a bobina A2 das lâmpadas LILS1 até LILS4 terão sua alimentação vinda do terminal de saída do disjuntor DJC3 através da fase S. Lembrando que os diagramas completos dos comandos dos exaustores e iluminação estarão na seção de anexos.

3.9.12 Automação do sistema de ar condicionado

Resolvido o problema com relação aos exaustores e a iluminação do biotério, partiremos agora para a automação do ar condicionado. Para o ar condicionado utilizaremos um controlador lógico programável para nos auxiliar nesta questão. O CLP que utilizaremos neste projeto é o S7 200 da Siemens. Utilizaremos este CLP, porque S7200 nos oferece uma gama de aplicações muito extensa na área de automação de pequeno porte pois possui uma excelente performance, modularidade e conectividade. Escolheu-se também este equipamento pela facilidade de utilização de módulos de expansão para entradas e saídas além de comunicação com protocolos para uma futura necessidade de instalação de um supervisor para esta automação.

Além disso este CLP vem equipado com diversos recursos tais como: entradas e saídas digitais integradas, interface RS 485 integrada, protocolos (mestre/escravo), contadores rápidos, memória retentiva, entradas de interrupção, potenciômetro entre outros. Possui também, módulos de expansão para: entradas e saídas digitais e analógicas, saídas específicas para medição de temperatura e módulos de comunicação. Para o sistema proposto de automação do biotério serão necessárias inicialmente 5 entradas e 6 saídas para efetuarmos o programa de automação.

A Figura 17 ilustra um modelo do CLP S7 200 da Siemens.

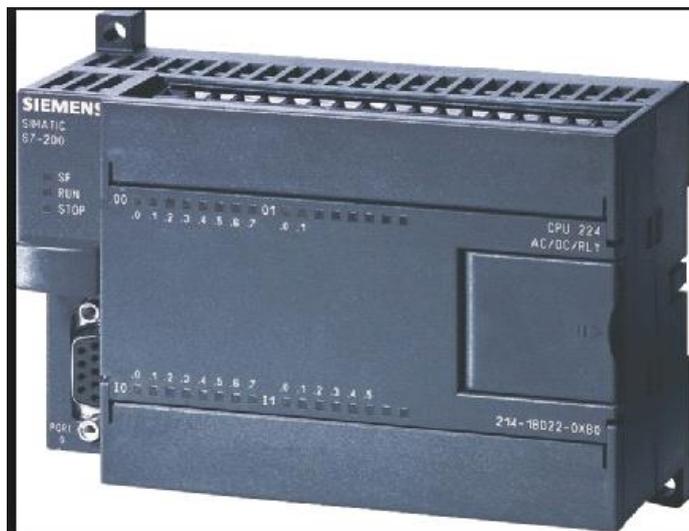


Figura 17: CLP S7 200 da Siemens.
Fonte: Siemens (2014).

Além do CLP, outra ferramenta que irá nos auxiliar neste procedimento é o termostato eletrônico N480D da marca NOVUS. Utilizaremos este termostato por já termos disponível na empresa. Este termostato eletrônico possui uma grande quantidade de ferramentas. É um controlador de temperatura com duplo display que aceita uma grande variedade de sensores de temperatura como PT100 e termopares dos mais variados modelos, alimentação elétrica em 100 a 240Vac e detecta qualquer tipo de falha de sensor, além de possuir 3 saídas de controle e com parâmetros de controle de fácil configuração pelo operador.

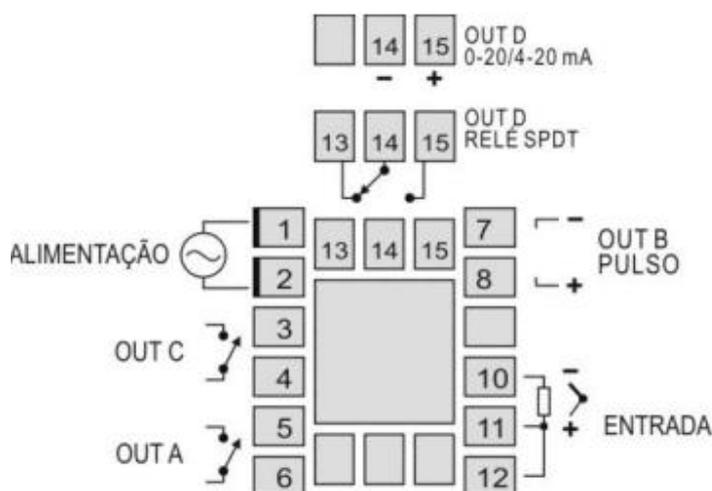


Figura 18: Painel traseiro com as conexões eletroeletrônicas do controlador N480D da Novus.
Fonte: Novus (2014).

A Figura 18, nos mostra o painel traseiro do controlador onde podemos verificar o diagrama eletroeletronico do N480D e suas conexões. Utilizaremos um sensor de temperatura PT100 de 3 fios de dimensões 1,6mm de diâmetro por 5,0mm de comprimento e com capacidade de medição de temperaturas num intervalo entre -50 a 199°C. Este sensor estará conectado aos terminais 10,11 e 12 do controlador e ficará instalado no início do duto de insuflamento do ar condicionado e realizará medições de temperatura para o ar que está sendo insuflado nas salas. Segundo as informações colhidas com os colaboradores do biotério não existe a necessidade de diferenciais de temperatura entre as salas de maneira que partindo dessa informação controlaremos apenas a temperatura geral de insuflamento para comando do sistema de ar condicionado.

As saídas OUT A e OUT C do controlador serão utilizadas. Elas serão conectadas, cada uma delas, em duas das entradas do CLP. Utilizaremos, uma para o comando de climatização (OUT C) e a outra para comando das resistências de aquecimento do sistema de ar condicionado (OUT A). A alimentação elétrica do N480D é feita pelos contatos 1 e 2 e será em 220V.

A temperatura de trabalho nestas salas ficarão configuradas num valor de set point de 22°C e com tolerâncias de temperatura de 20°C para a menor e 24°C para a maior para que o equipamento de ar condicionado não precise ficar efetuando ciclos a todo o instante.

Com estas informações, realizou-se um projeto em diagrama grafcet para a automação do ar condicionado e montou-se também a planta do diagrama de força do circuito de climatização e automação do biotério como veremos a seguir.

Primeiro colocaremos aqui o diagrama elétrico de força para alimentação elétrica dos circuitos do sistema de ar condicionado representado pela Figura 19.

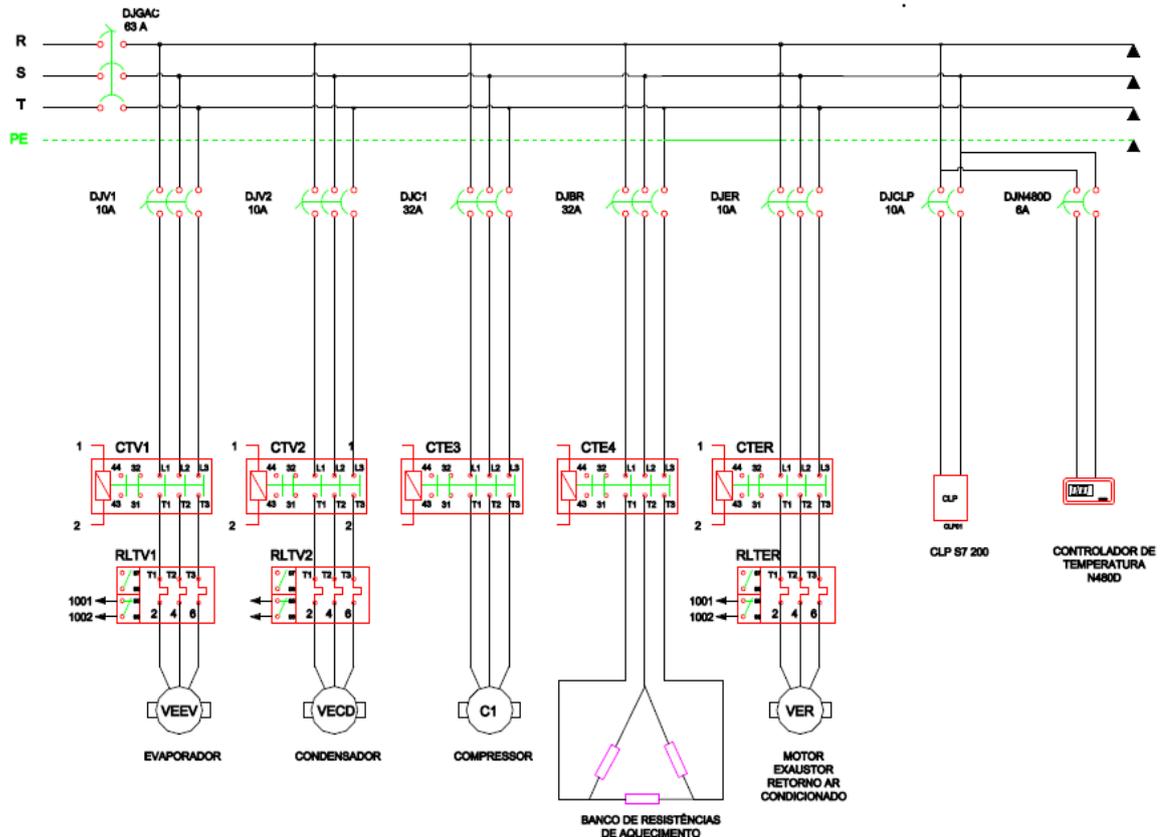


Figura 19: Diagrama de força para os circuitos do ar condicionado e automação.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Explicação do diagrama: neste diagrama os circuitos terão sua ramificação através do disjuntor geral do ar condicionado DJGAC, trifásico de 63A que está incluído no diagrama unifilar do projeto. Deste disjuntor, derivam-se os circuitos deste diagrama. No primeiro ramo está o disjuntor DJEV que é o disjuntor do motor do evaporador do ar condicionado.

O motor do evaporador, pelos dados da YORK, possui potência nominal de 1400W trifásico e uma corrente aproximada em torno de 5,5A em 220V. Então por prudência estimaremos este disjuntor em 10A trifásico. O relé térmico e o contator do evaporador da máquina serão de acordo com os que virão instalados na máquina já que este ramo faz parte do circuito interno da evaporadora. Mas para fins de projeto estimaremos o CTV1 e RLTV1 iguais aos da partida direta dos exaustores. Portanto, um conjunto de rele térmico e contadores que atendam a uma faixa de ajuste de corrente de 4 a 6,3A. Todo este circuito serve para acionar o motor do ventilador do evaporador denominado VEEV.

O segundo ramo do circuito é previsto o diagrama de partida direta do motor de ventilação da unidade condensadora. Como o motor da condensadora, pelos dados da

YORK é semelhante ao motor da evaporadora com 2,0CV de potência nominal, o disjuntor DJV2 o rele térmico RLV2 e o contator CTV2 serão idênticos aos do circuito de partida direta do evaporador. Este circuito de partida direta aciona o motor do ventilador da unidade condensadora denominado VECD.

A terceira parte do circuito de força é a alimentação do compressor C1 de climatização da máquina. Pelos dados de máquina, esse compressor é do tipo *scroll* e possui uma potência estimada em torno de 5000W. Portanto sua corrente trifásica será de aproximadamente 21A. Por prudência, colocaremos para o DJC1, um disjuntor trifásico de 32A porque, a partida do mesmo, tem semelhanças com as dos motores e sua corrente tende a subir na partida. Por isso, o contator de manobra do mesmo será o CWM65 da WEG para correntes em torno de 30A.

Já o DJBR corresponde ao disjuntor de alimentação do banco de resistências de aquecimento do sistema. É um banco de resistência trifásico de potência total nominal de 4200W. Neste sentido nos dará uma corrente num valor aproximado de 24A. Portanto, com é muito próximo a 25A, o disjuntor para este circuito será estimado em um de 32A trifásico pois disjuntores DIN, em geral, não possuem 30A de capacidade. Já o contator CTBR necessariamente precisar ser um contator específico para manobras de cargas resistivas. Então dimensionaremos o contator de modelo AC1 de código CWM18 próprio para cargas resistivas da marca WEG.

O disjuntor trifásico DJER é o circuito do exaustor dos dutos de retorno do ar condicionado. Como o motor do exaustor de acordo com a fabricante, BERLINER LUFT, é de 1100W trifásico e sua corrente fica em torno de 5,0A utilizaremos um disjuntor trifásico de 10A e, por motivos de padronização, o relé termico RLTER e o contator CTER dispositivos de manobra deste exaustor serão idênticos aos dos exaustores do biotério. Portanto, usaremos um contator de modelo CMW09 e o rele térmico RW17D. Esta partida direta aciona o motor do gabinete do ventilador do exaustor de retorno do ar condicionado denominado VER.

Já o último circuito do diagrama será bifásico e instalado nas fases R e S. O disjuntor deste circuito é o disjuntor DJCLP que alimentará a fonte do controlador lógico programável S7200. Estimamos uma corrente máxima para este disjuntor de 10A. Na saída deste disjuntor DJCLP, previu-se um ramal de alimentação paralela para o disjuntor DJN480D bifásico de 6A que será responsável pela alimentação da fonte do controlador N480D.

3.9.13 Grafcet de automação do ar condicionado.

Explicado o diagrama de força dos circuitos de alimentação do sistema de climatização do biotério iremos agora expor a parte de automação deste sistema.

O grafcet de nível 01 projetado para o sistema está contemplado na Figura 20.

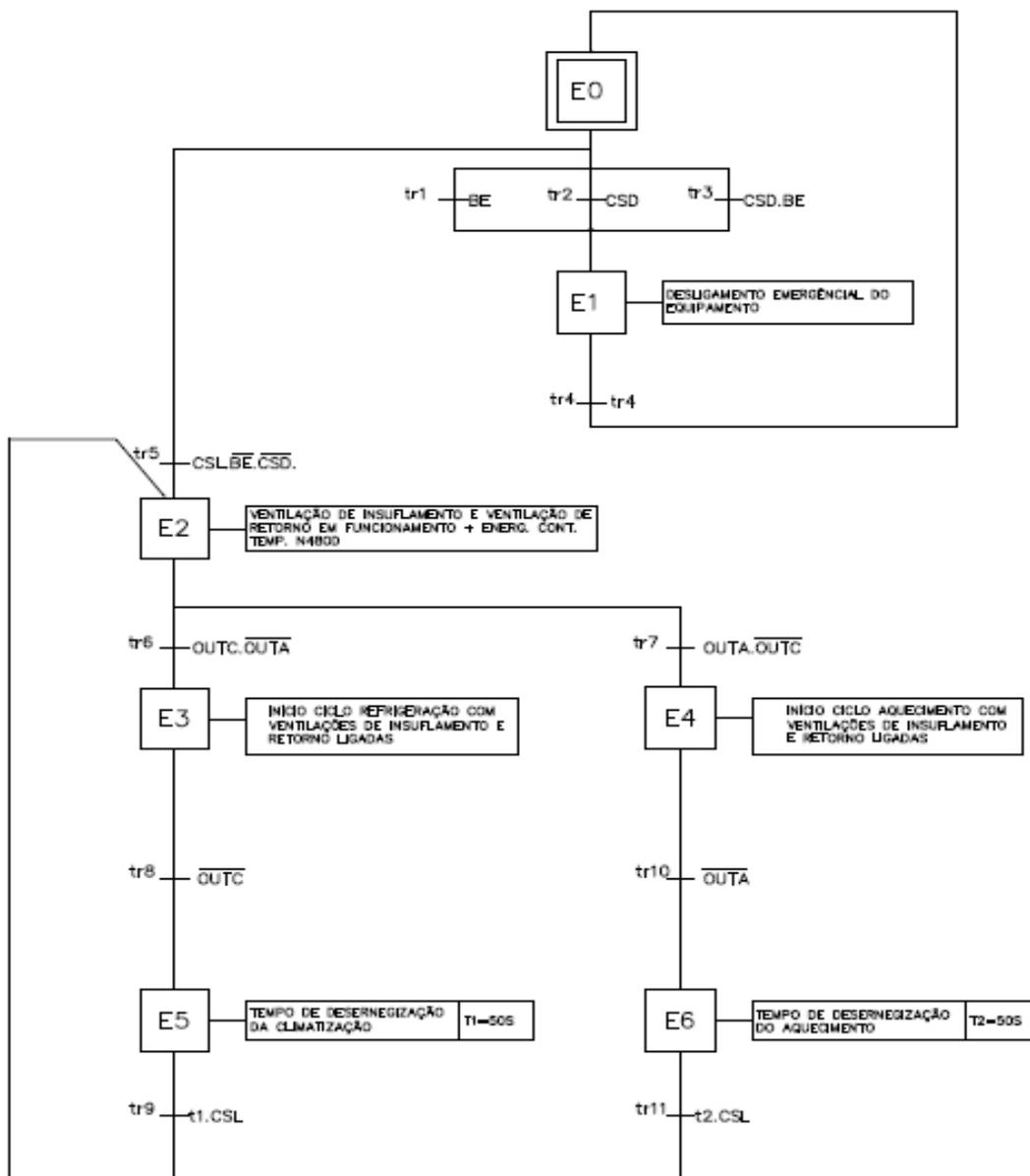


Figura 20: Grafcet nível 01: automação ar condicionado do biotério.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Este grafcet é composto por 07 etapas e 11 transições. Ele tem início pela etapa E0 que é uma etapa de segurança para o processo. O sistema só terá condições de iniciar os trabalhos se o botão de emergência BE previsto não estiver acionado e se a chave seletora (CS) projetada não estiver na posição desligada. Se qualquer uma das três primeiras transições, (ou BE acionado ou CS desligada ou os dois simultaneamente

desligados), estiverem ativas, a etapa E1 será acionada indicando que a máquina não poderá entrar em funcionamento. Sensibilizando a transição tr4 volta-se a etapa E0.

Assim que a chave seletora for colocada na posição "ligada" e o botão de emergência não estiver acionado, o sistema tem a partida decretada através da sensibilização da transição tr5 que ativará o acionamento da etapa E2. Esta etapa faz com que o equipamento de ar condicionado entre em funcionamento de ventilação, isto é, os ventiladores da unidade evaporadora e do gabinete de exaustão entram em funcionamento. Nesta etapa também, realiza-se a energização do controlador de temperatura N480D.

Por sua vez, este controlador através de seu sensor de temperatura PT100 irá realizar a medição das condições de temperatura das salas do biotério. Suponhamos que a temperatura da sala esteja acima dos 22°C previstos nas seções anteriores. O sensor avisará ao controlador que a temperatura está alta e este então emitirá um sinal ao CLP através de sua saída OUT C e o CLP por sua vez, acionará a etapa E3 que é responsável por comandar a partida do circuito de refrigeração do ar condicionado (a climatização e a unidade condensadora). Nesta etapa então, entra em processo a climatização das salas. Durante este processo, o controlador N480D continuará realizando as medições de temperatura até que as salas atinjam o valor de set point.

Atingido este valor, o PT100 emitirá sinal ao N480D que avisará ao CLP, através da saída OUT C, que o evaporador pode parar de trabalhar. Esse sinal sensibiliza a transição tr8 que faz o grafcet atingir a etapa E5 que realizará uma deserregização gradativa do circuito de climatização com o acionamento do temporizador t1 de 50s do CLP. Após os 50 segundos o contato aberto do temporizador sensibilizará a transição tr9 que enviará o processo novamente para a etapa E2 onde a máquina ficará apenas com a ventilação (ventiladores do evaporador e exaustor de retorno) funcionando e aguardando nova chamada.

Suponhamos agora que a temperatura da sala esteja abaixo do set point necessário de 22°C. Nesta situação, o controlador de temperatura N480D irá chamar o CLP através de sua saída OUT A indicando que a temperatura dos ambientes estão abaixo da necessária. O grafcet então acionará a transição tr7 que irá sensibilizar a etapa E4 que é responsável em acionar o aquecimento do sistema de ar condicionado e a unidade condensadora. A etapa E4 então acionará o banco de resistências junto com o compressor e os ventiladores do evaporador e da unidade condensadora. Este sistema ficará ligado até que a temperatura seja equalizada e o CLP novamente receba sinal do

controlador de temperatura através da saída OUT A solicitando o desligamento da máquina.

Neste momento o grafcet parte para a transição tr10 que realiza o procedimento semelhante ao de desligamento para o caso da refrigeração. Só que neste caso é acionado o temporizador t2 do CLP que irá realizar o gradativo desligamento do aquecimento da máquina em 50 segundos. Passado este tempo, o contato aberto de t2 irá acionar a etapa E2 que fará a máquina ficar em processo de ventilação e aguardando um novo ciclo de trabalho.

3.9.14 Declarações das variáveis de entrada e saída para o CLP:

Para podermos montar o grafcet de nível 2 e definirmos através deste grafcet, o diagrama ladder e a lista de instrução para o projeto de programação para o CLP, definiu-se as declarações de variáveis de entrada e saída do processo e que serão mostradas nos seguintes quadros: quadro 16 (variáveis de entrada), quadro 17 (variáveis de saída), quadro 18 (declaração de transições do grafcet), quadro 19 (declaração de etapas do grafcet) e quadro 20 (declaração de temporizadores para a memória do CLP).

ENTRADAS		
SIMBOLOGIA	NOMENCLATURA	ENTRADA PLC
BE	Botoeira de Emergência	I0
CSD	Chave Seletora Desligada	I1
CSL	Chave Seletora Ligada	I2
OUT A	Sinal de Saída controlador para refrigeração	I3
OUT B	Sinal de Saída controlador para aquecimento	I4

Quadro 16: Declaração de entradas para o CLP.

Fonte: Autoria Própria (2014).

SAÍDAS	
NOMENCLATURA	ENTRADA PLC
Máquina desligada	Q0
Energização controlador N480D	Q1
Acionamento refrigeração	Q2
Acionamento aquecimento	Q3
Acionamento ventilador insuflamento de ar	Q4
Acionamento exaustor de retorno de ar	Q5

Quadro 17: Declaração de saídas para o CLP.

Fonte: Autoria Própria (2014).

TRANSIÇÕES		
Transição	Localização no Grafcet	Memória do PLC
tr1	Entre E0 e E1	F11
tr2	Entre E0 e E1	F12
tr3	Entre E0 e E1	F13
tr4	Entre E1 e E0	F14
tr5	Entre E0 e E2	F15
tr6	Entre E2 e E3	F16
tr7	Entre E2 e E4	F17
tr8	Entre E3 e E5	F18
tr9	Entre E5 e E2	F19
tr10	Entre E4 e E6	F20
tr11	Entre E6 e E2	F21

Quadro 18: Declaração das transições para o grafcet de nível 2 para o CLP.

Fonte: Autoria Própria (2014).

Etapas	
Etapa	Memória do PLC
E0	F0
E1	F1
E2	F2
E3	F3
E4	F4
E5	F5
E6	F6

Quadro 19: Declaração das etapas para o grafcet de nível 2 para o CLP.

Fonte: Autoria Própria (2014).

Temporizadores	
Temporizador	Memória PLC
T1/50s	t1
T2/50s	t2

Quadro 20: Declaração dos temporizadores para a memória do CLP.

Fonte: Autoria Própria (2014).

3.9.15 Grafcet Nível 02 e Diagrama Ladder

Utilizando as tabelas de variáveis de entrada, saída, transições, etapas e temporizadores, é possível montar o grafcet conforme os endereços das entradas, saídas, temporizadores e memórias do CLP S7200.

Como resultado, o grafcet de nível 2 da automação do ar condicionado ficou projetado conforme a Figura 21:

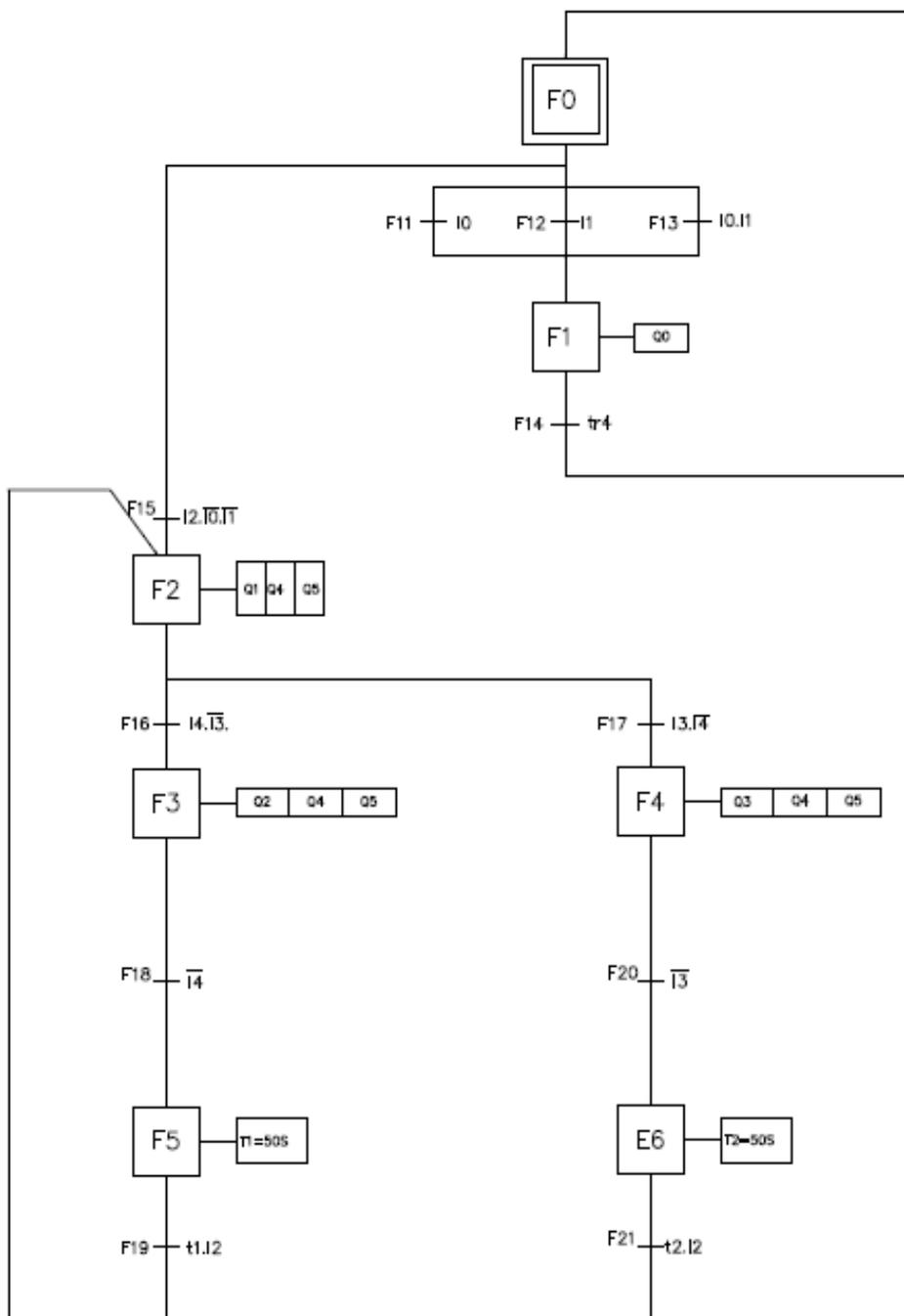


Figura 21: Grafcet nível 02: automação ar condicionado do biotério.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Através do grafcet de nível 02 com os endereçamentos definidos, montou-se o diagrama ladder e a lista de instrução que usaremos como linguagem de programação para que o CLP possa realizar a automação. O diagrama é montado com base nas transições, etapas e ações do grafcet de nível 2.

Para entendermos a maneira como realiza-se a leitura do grafcet para emitir o ladder, exemplificaremos as primeiras linhas de cada um dos diagramas ladder: transições, etapas e ações.

Ladder das transições: explicaremos a primeira linha do diagrama ladder para que seja possível entender como projetou-se o restante: a etapa F0 é declarada como condição inicial e é projetada como contato normalmente aberto e as transições são colocadas no mesmo ramo. Se a transição estiver com a condição negada, no diagrama ladder será um contato negado. Então, para acionar a transição F11 é necessário que F0 esteja ativo e I0 esteja ativo. Sem essas duas condições em série, a transição F11 não é acionada. Os demais ramos do diagrama ladder são montados seguindo essa mesma lógica de programação. Lembrando que, uma mesma transição não pode ser declarada como saída duas vezes no diagrama.

A Figura 22 nos mostra como ficará o diagrama ladder das transições:

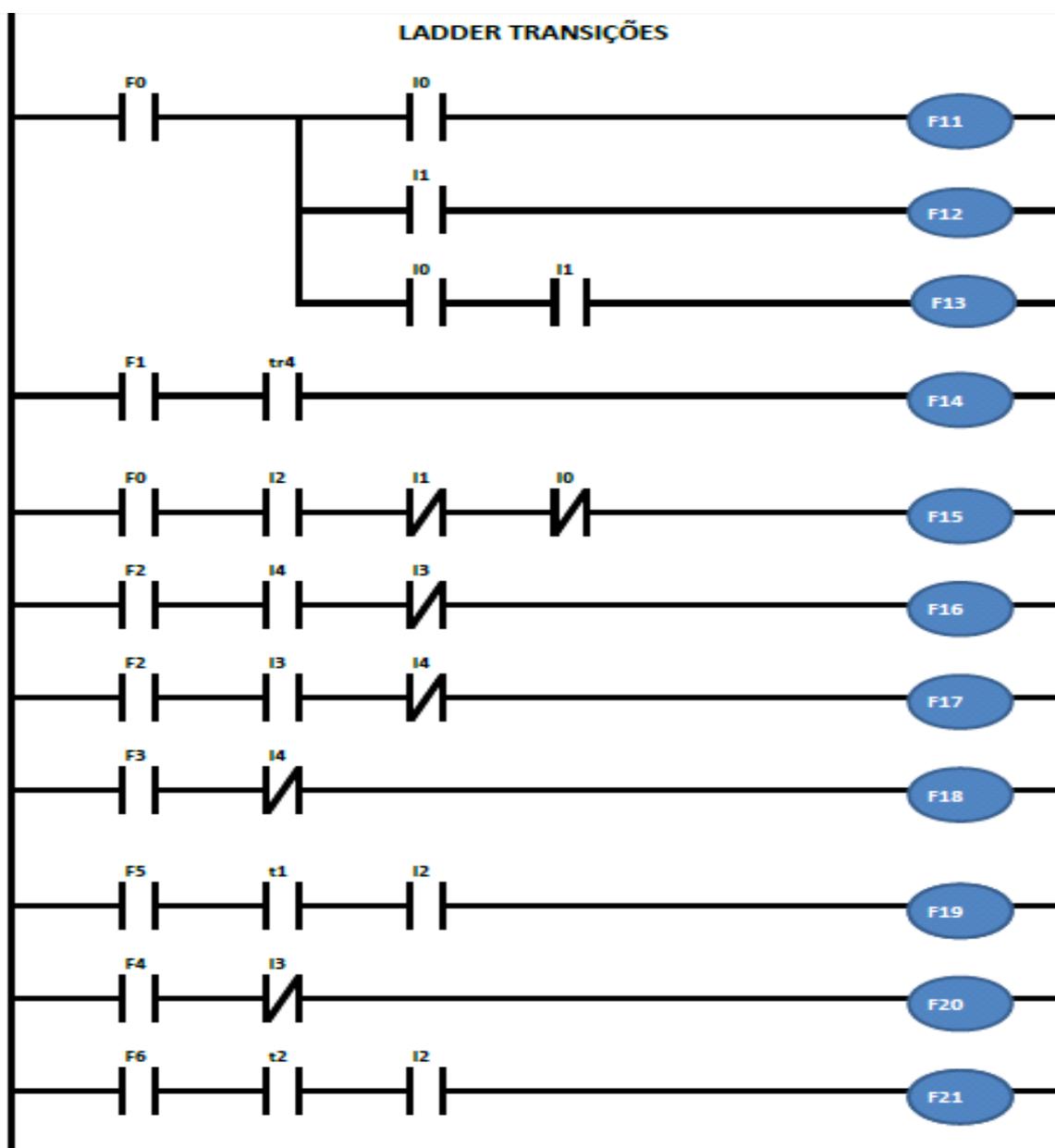


Figura 22: Diagrama ladder das transições.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Ladder das etapas: O ladder das etapas é feito na lógica de *set* e *reset* ou seja, etapa ligada, etapa desligada. Como no ladder das transições, explicaremos apenas a primeira parte, isto é, somente as condições para ligar e desligar a etapa F0. Os demais ramos seguem a mesma lógica. Portanto para que a etapa F0 seja setada no primeiro ramo, a transição F14 precisa estar ativa. Caso contrário, a etapa não funciona. Para resetar a etapa F0 é necessária a condição de que a transição F11 ou a transição F12 ou a transição F13 ou a transição F15 estejam sensibilizadas para que a etapa F0 seja desligada.

Nas Figura 23 e 24 demonstraremos como ficará o diagrama ladder para as etapas:

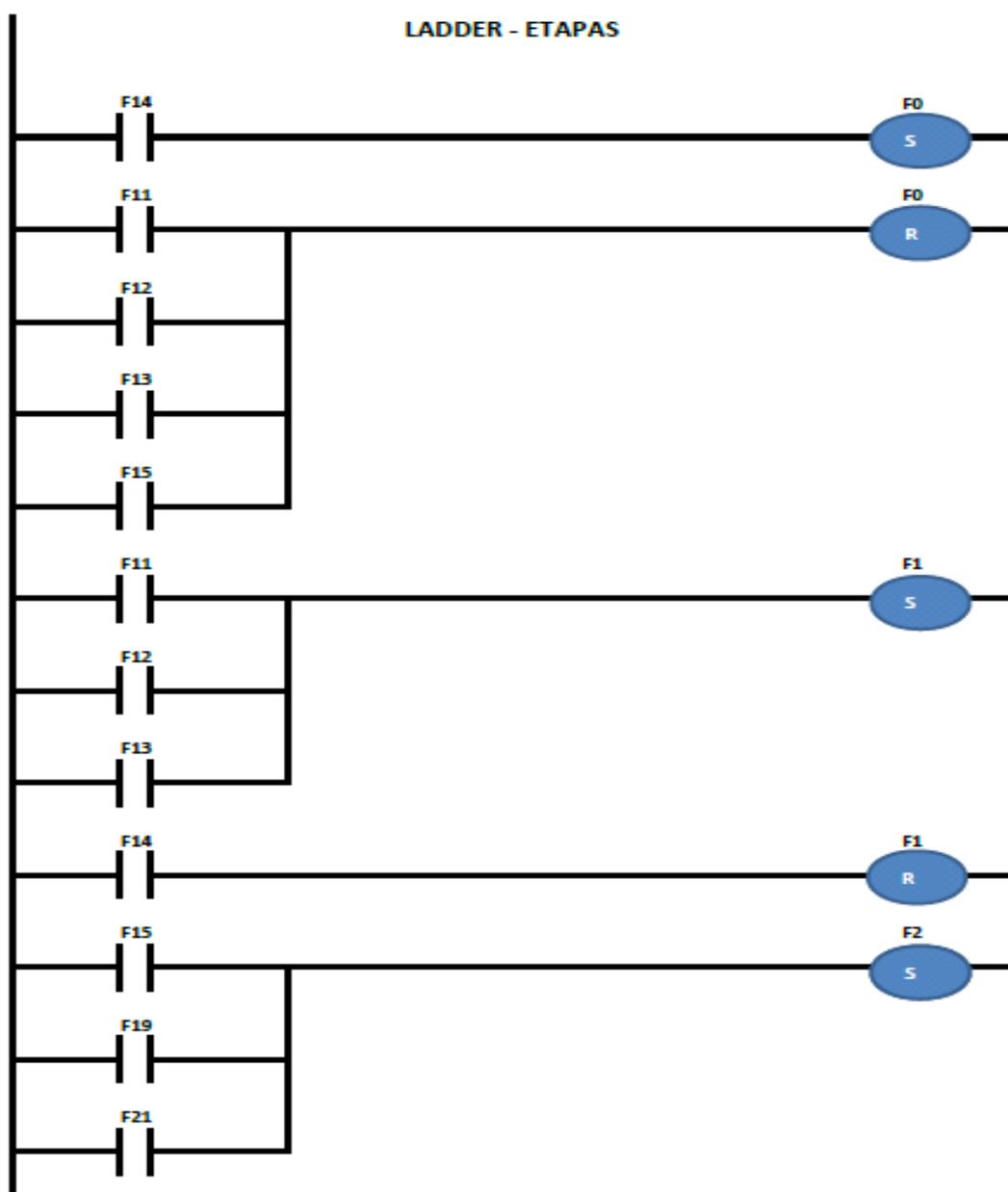


Figura 23: Primeira parte do ladder das etapas.
Fonte: Autoria Própria (2014).

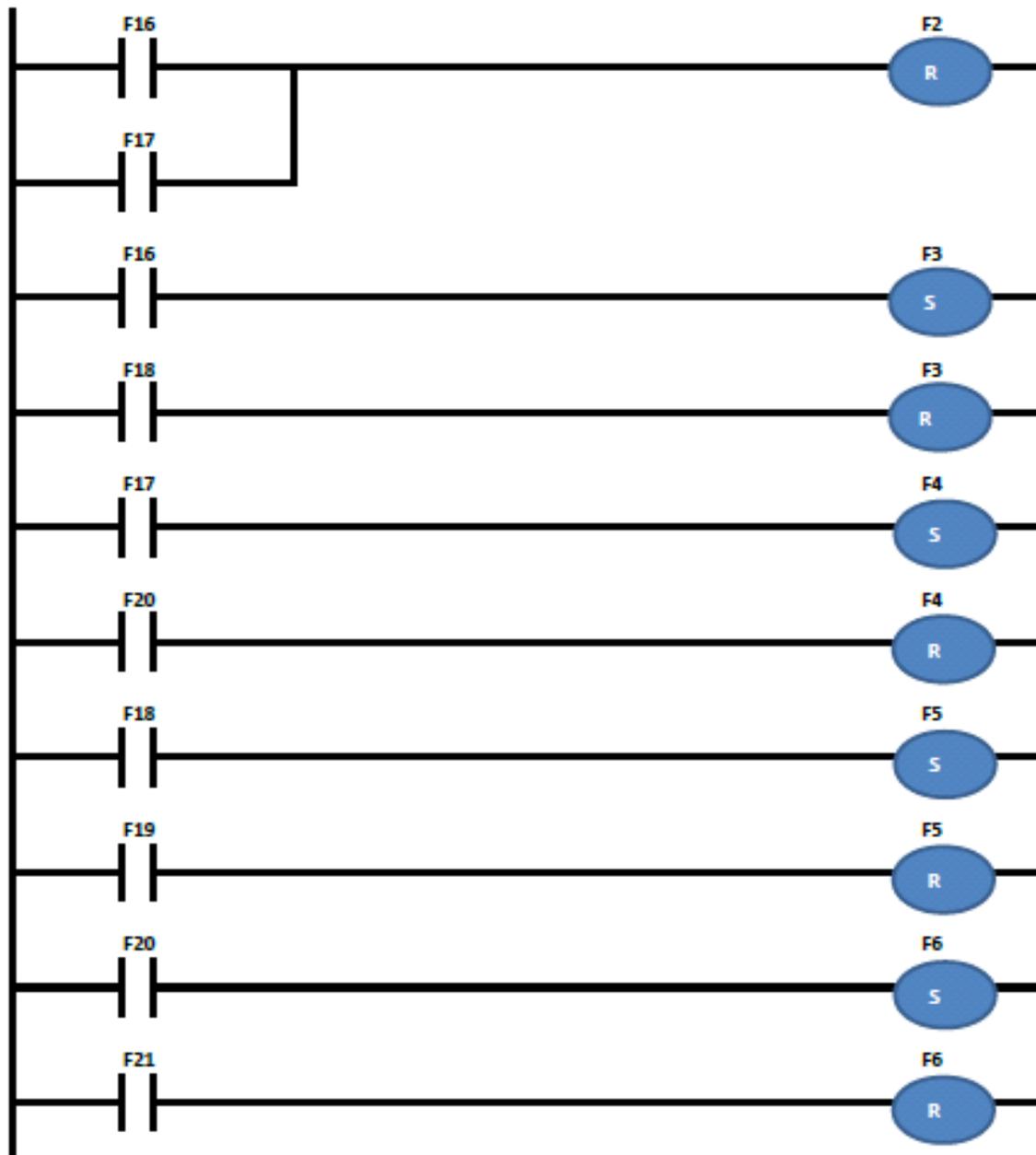


Figura 24: Segunda parte do ladder das etapas.
Fonte: Autoria Própria (2014).

Ladder das ações: O diagrama ladder das ações é montado com base nas etapas que acionam as ações. Como por exemplo, o primeiro ramo, a etapa F1 é que aciona a saída Q0. A etapa F2 é a etapa responsável por acionar a saída Q1. As demais programações do projeto ladder para as ações são montadas seguindo a mesmo padrão lógico.

A Figura 25 é a representação do diagrama ladder para as ações.

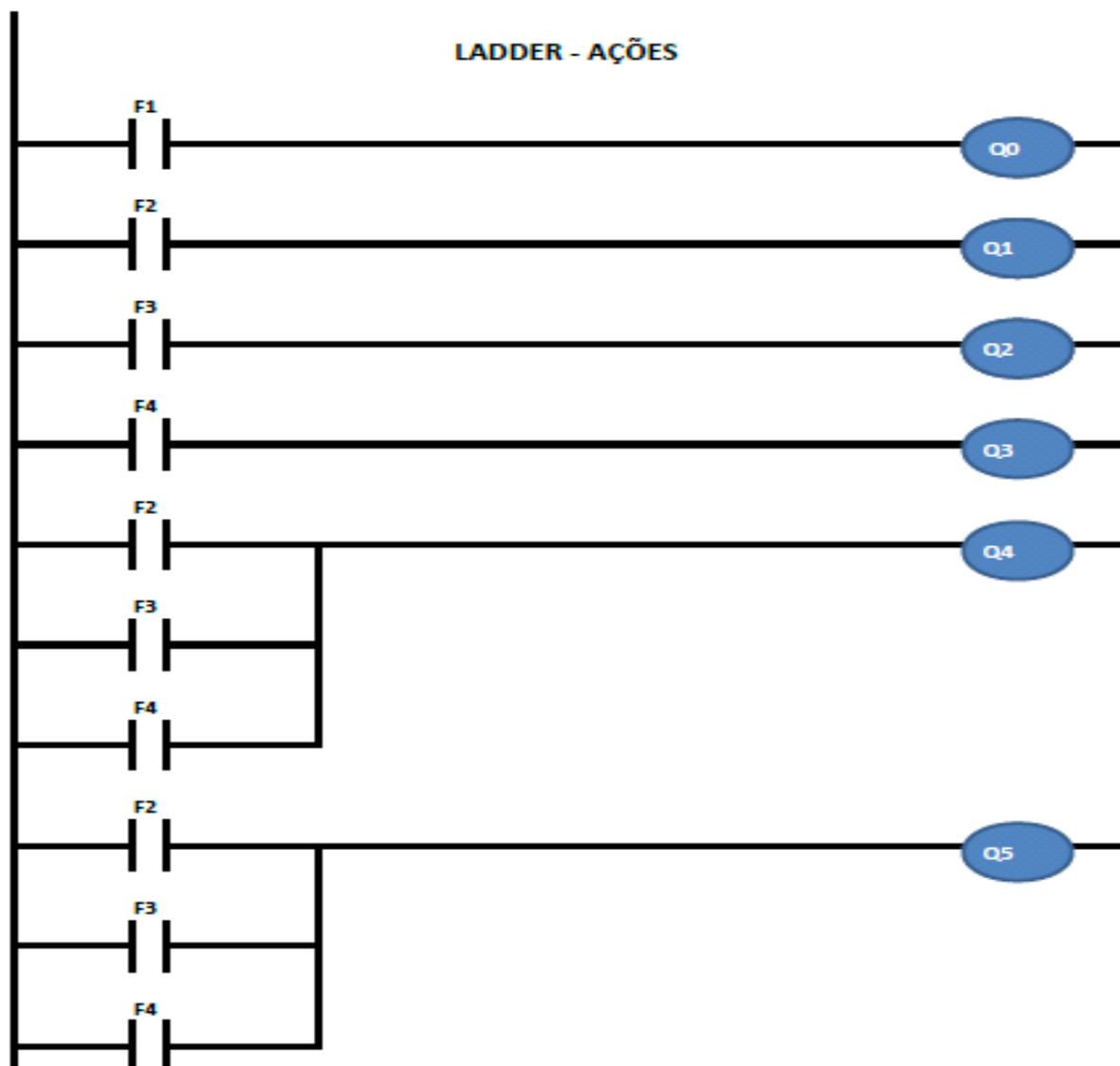


Figura 25: Diagrama ladder das ações.
Fonte: Autoria Própria (2014).

3.9.16 Lista de Instrução

A lista de instrução, é a programação que será incluída na memória do CLP, isto é, o programa que o controlador irá seguir para o funcionamento da automação do ar condicionado. Ela deriva da programação em ladder. Como enfatizado no referencial teórico do capítulo 2, é uma lógica que trabalha com um tipo de linguagem puramente seqüencial com comandos como *load* (LD) e *store* (ST), isto é, basicamente, essa linguagem carrega uma determinada condição em uma linha que condiciona o armazenamento de uma saída em outra linha.

Neste sentido, exemplificaremos as primeiras duas linhas para ilustrar como funcionará a lógica da lista. O ladder tem início com a programação para as transições então inicialmente a etapa F0 é "carregada" (LD F0). Em seguida a função AND que é a porta lógica E é utilizada para indicar soma de condições. Se a etapa F0 não estiver ativada junto com a entrada I0 a transição F11 não é "armazenada" isto é, para a condição ST F11 acontecer, deve-se primeiro "carregar" (LD F0) e AND I0. Com essas duas condições, a transição F11 é armazenada na memória do CLP (ST F11).

A lista de instrução completa da automação do ar condicionado do biotério está na Figura 26.

LISTA DE INSTRUÇÕES AUTOMAÇÃO AR CONDICIONADO					
TRANSIÇÕES		ETAPAS		AÇÕES	
LD	F0	LD	F14	LD	F1
AND	I0	S	F0	ST	Q0
ST	F11	LD	F11	LD	F2
AND	I1	OR	F12	ST	Q1
ST	F12	OR	F13	LD	F3
AND	I0	OR	F15	ST	Q2
AND	I1	R	F0	LD	F4
ST	F13	LD	F11	ST	Q3
LD	F1	OR	F12	LD	F2
AND	tr4	OR	F13	OR	F3
ST	F14	S	F1	OR	F4
LD	F0	LD	F14	ST	Q4
AND	I2	R	F1	LD	F2
ANDN	I1	LD	F15	OR	F3
ANDN	I0	OR	F19	OR	F4
ST	F15	OR	F21	ST	Q5
LD	F2	S	F2		
AND	I4	LD	F16		
ANDN	I3	OR	F17		
ST	F16	R	F2		
LD	F2	LD	F16		
ANDN	I4	S	F3		
AND	I3	LD	F18		
ST	F17	R	F3		
LD	F3	LD	F17		
ANDN	I4	S	F4		
ST	F18	LD	F20		
LD	F4	R	F4		
ANDN	I3	LD	F18		
ST	F20	S	F5		
LD	F5	LD	F19		
AND	t1	R	F5		
AND	I2	LD	F20		
ST	F19	S	F6		
LD	F6	LD	F21		
AND	t2	R	F6		
AND	I2				
ST	F21				

Figura 26: Lista de instrução da automação do ar condicionado do biotério.
Fonte: Autoria Própria (2014).

4.0 CONCLUSÃO

A grande dificuldade para escrever este projeto, foi a escassez de referências bibliográficas a respeito de conceitos com relação aos biotérios. Neste sentido foi importante visitar frequentemente, durante o período de pesquisa, o local do projeto para que fosse possível obter informações junto aos colaboradores que lá trabalham. Graças aos dados e necessidades apontadas por estas pessoas, conseguimos encontrar as justificativas necessárias para a necessidade de um bom sistema de ar condicionado, ressaltar a importância da existência de exaustores no biotério e também que os animais necessitam de tempos programados de claro e escuro na iluminação artificial dos recintos.

Levantados estes conceitos, dados e justificativas, partiu-se para o desenvolvimento da pesquisa. Sem dúvidas, o projeto de ar condicionado para o biotério foi o campo mais complexo de se desenvolver visto que, para executar o levantamento de carga térmica e dimensionar os dutos foi necessária uma pesquisa mais profunda em conceitos de física e engenharia mecânica para que esse objetivo fosse alcançado.

Procurou-se então, buscar solução para automação destes processos. Para os exaustores, o trabalho foi facilitado porque os equipamentos já existem na planta. Tomou-se a precaução apenas de realizar o projeto de uma partida direta para cada um deles e dimensionar um filtro manta para controle biológico dos mesmos. No conceito de automação, tanto para os exaustores quanto para as luminárias, utilizamos de temporizadores eletrônicos nos diagramas por serem dispositivos bem simples de utilizar e que já existem na empresa e que poderão ser aproveitados. As luminárias, através de cálculo luminotécnico, levantou-se o número exato delas para boa luminosidade de cada sala. Além disso, especificou-se uma luminária de padrão lavável que é a ideal para estes ambientes porque facilita a limpeza.

Já o sistema de ar condicionado, decidiu-se pela utilização do controlador lógico programável S7-200 da Siemens e de um termostato eletrônico digital N480D da NOVUS. Com estas duas ferramentas elaborou-se os graficets de automação do ar condicionado das salas. Simplificou-se bastante este processo, pois com as informações apuradas com os trabalhadores da área estudada, foi constatado que é necessário apenas o controle da temperatura para as salas e que a umidade não necessita de um controle rigoroso para este biotério. Utilizamos no projeto dumpers de controle de vazão manuais pois a vazão não será variável. Partindo-se destas informações, elaborou-se,

com base nos conceitos aprendidos em sala de aula, um grafcet e através dele extraiu-se o diagrama ladder e a lista de instrução para ser usada no CLP em uma eventual execução do projeto.

Por fim, para complemento do trabalho, foram elaboradas todas as plantas informativas para o processo: planta baixa do biotério, detalhes e localização dos exaustores, planta de disposição de luminárias, projeto do sistema de ar condicionado e os diagramas grafcet, diagramas de comando e força dos circuitos de iluminação, exaustão e a climatização além de uma lista orientativa de materiais e equipamentos que serão necessários se a empresa vir a querer executar o serviço.

Neste sentido, podemos concluir que os objetivos apresentados ao início deste foram atingidos com o desenvolvimento desta proposta.

4.1 TRABALHOS FUTUROS

Nesta seção, podemos enumerar alguns itens que possivelmente podem ser incluídos em um novo projeto ou melhorados para atender ao processo do biotério tais como:

Uma possível instalação de um software supervisor para controle de toda automação do biotério.

Pode-se num futuro próximo, caso seja necessário, utilizar micromotores que possam ser controlados pelo CLP para abertura e fechamento automático dos dampers de insuflamento e retorno.

Também, pode-se incluir futuramente também uma rede de dutos nos exaustores com um exaustor central de coleta ao final da linha.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. L. L.; **Instrumentação, Controle e Automação de Processos**. Rio de Janeiro: Ed. Ltc, 2005.
- ANDRADE, A; PINTO, S. C; OLIVEIRA, R.S. **Animais de Laboratório: criação e experimentação**. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 2002.
- ARAÚJO, Lucínio Preza de. **Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado**. São Paulo: Ed. Esev, 2007.
- BERLINER LUFT. Disponível em: <<http://www.berlinerluft.com.br/>>. Acesso em 15 de outubro de 2014.
- CAPELLI, Alexandre. **Automação industrial: controle de movimento e processos contínuos**. São Paulo: Ed. Érica, 2007.
- CARDOSO, Tao. **Considerações sobre a biossegurança em arquitetura de biotérios**. São Paulo: Bol. Centro Panamericano Febre Afetosa, 2001.
- CHAVES, Flávio. **Instalações de Climatização e Refrigeração**. Abrantes: Instituto Politécnico de Tomar, 2009. Disponível em: <dspace.estt.ipt.pt/dspace_estt/bitstream/.../1/Capitulo> acesso em 10 de setembro de 2014.
- CHORILLI, M; MICHELIN, D.C; SALGADO, H.R.N. **Animais de laboratório: o camundongo**. Revista Ciência Farmacêutica Básica Aplicada. v. 28, n.1, p. 11-23, 2007. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/viewFile/430/413> acesso em 22 de agosto de 2014.
- CLOUGH, G. **Environmental effects on animals used in biomedical research**. 1982. Disponível em: <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/viewFile/430/413> acesso em 22 de agosto de 2014.
- CONGAS. Disponível em: <<http://www.comgas.com.br/pt/comgasParaVoce/Industrial/Paginas/Sistemas-de-Ar-Condicionado-a-Gas-Natural-.aspx>> Acesso em: 12 de setembro de 2014.
- COSTA, Gilberto José Corrêa da. **Illuminação Econômica – Cálculo e Avaliação**. Porto Alegre: Ed. PUC, 1998.
- COTRIM, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. São Paulo: Ed. Prentice Hall, 2003.
- CREDER, Hélio. **Instalações de Ar Condicionado**. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2004.
- CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. São Paulo: Ed. LTC, 2007.

DE LUCA, R.R; ALEXANDRE S.R; MARQUES, T; SOUZA, N.L; MERUSSE, J.L.B; NEVES, S.P. **Manual para Técnicos em Bioterismo**. São Paulo: Ed. Winner Graph, 1996.

ELETROSUL. Disponível em <<http://www.eletrosularcondicionado.com.br/dicas.htm>> acesso em: 02 de outubro de 2014.

EUÍPEDES, Marcelo. **Apostila de Controladores Lógico Programáveis**, 2007. Disponível em: <www.ebah.com.br> Acesso em 08 de setembro de 2014.

FIORINI, Thiago Morais Sirio. **Projeto de Iluminação de Ambientes Internos Especiais**. Monografia de Graduação pela Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, 2006.

FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter L. Arlindo de. **Controladores Lógico Programáveis, Sistemas Discretos**. São Paulo: Ed. Editora Érica, 2013. 352p.

GRIST, N. R. **Manual de Biossegurança para laboratório**. 2ª edição: Santos Editora e Livraria. 1995.

GONÇALVES, Ernesto Lima. **Pesquisa Médica**. São Paulo: Ed. Pedagógica Universitária, 1983.

GROOVER P. Mikell. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo: Ed. Pearson, 2010.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Equipamentos Industriais de Processo**. São Paulo: Ed. LTC, 1997. 278p.

MAJEROWICZ, J. **Procedimentos de segurança envolvendo animais de laboratório. Curso de Aperfeiçoamento em Biossegurança**. Rio de Janeiro: Ed. EAD/Ensp, 2000.

MAJEROWICZ, J. **Procedimentos de biossegurança para as novas instalações do laboratório de experimentação animal**. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 2005.

MERUSSE, J.L.B; LAPICHICK, V.B.V. **Instalações e equipamentos: Manual para técnicos em bioterismo**. Brasília: Ed. Cobeia, 1996.

MONTEIRO, Victor. **Ventilação na Restauração e Hotelaria**. Lisboa: Ed. Lidel, 2009. Disponível em: < <http://www.trabalhosfeitos.com/topicos/empresa-de-refrigera%C3%A7%C3%A3o-e-climatiza%C3%A7%C3%A3o/80>> acesso em 10 de setembro de 2014.

MORAES, C.C. **Engenharia de Automação Industrial**. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2001.

MOREIRA, Vinícius de Araújo. **Iluminação e Fotometria – teoria e aplicação**. Ed. Edgard Blucher, 1987.

NBR-5410 – NORMA BRASILEIRA. **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

Norma IEC 61131. Disponível em: <
<http://www.clubedaeletronica.com.br/Automacao/PDF/Capitulo%20003%20-%20Normalizacao%20IEC61131.pdf>> Acesso em: 02 de outubro de 2014.

NORMA NBR ABNT 16401-1, 2008. Instalações de Ar Condicionado - Sistemas centrais e unitários. Projetos de instalações. Disponível em: <
http://static.webarcondicionado.com.br/blog/uploads/2012/08/NBR_16401-1_2008.pdf> Acesso em: 02 de outubro de 2014.

NOVUS. Disponível em: <
http://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=621808&SecaoID=918052&SubsecaoID=0&Template=../catalogos/layout_produto.asp&ProdutoID=808338> Acesso em 23 de outubro de 2014.

NOVUS. Disponível em: <
http://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=621808&SecaoID=494947&SubsecaoID=0&Template=../catalogos/layout_produto.asp&ProdutoID=546177> Acesso em 23 de outubro de 2014.

PAIVA, F.P; MAFFILI, V.V; SANTOS, A.C.S. **Curso de manipulação de animais de laboratório.** Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 2005.

PHILLIPS. **Catálogo de Iluminação.** São Paulo, 2008. Disponível em: <
<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/tabelas/luminotecnica.pdf>> Acesso em: 11 de outubro de 2014.

POLITI, F.A.S. **Caracterização de biotérios, legislação e padrões de biossegurança.** Revista Ciências Farmacêuticas Básicas e Aplicada. v. 29, n.1, p. 17-28, 2008. Disponível em: <
http://servbib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/viewFile/430/413> acesso em 22 de agosto de 2014.

QUADRI, Néstor. **Manual de Aire Acondicionado y Calefacción.** Buenos Aires: Ed. Alsina, 2007. Disponível em: < <http://www.trabalhosfeitos.com/topicos/empresa-de-refrigera%C3%A7%C3%A3o-e-climatiza%C3%A7%C3%A3o/80>> acesso em 10 de setembro de 2014.

SIEMENS. Disponível em: <
https://www.swe.siemens.com/portugal/web_nwa/pt/portalinternet/quemsomos/negocios/industry/ia_dt/automationsystems/pages/microautomacao.aspx> Acesso em 23 de outubro de 2014.

SILVEIRA, P.R; SANTOS, W.E. **Automação e Controle Discreto.** São Paulo: Ed. Érica, 1999.

SOUZA, R.B. **Uma Arquitetura para Sistemas Supervisórios Industriais e sua Aplicação em Processos de Elevação Artificial de Petróleo.** 2005. 53 p. Dissertação de Mestrado em Ciências pela Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, Natal - RN, 2005.

SOUZA, L. E. **Arquiteturas de Sistemas de Automação.** Apostila do curso de Automação e Controle Industrial – Uma Visão Gerencial. 2008. Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria – FUPAI, Itajubá - MG, 2008.

TROX. **Catálogo de filtros e dispositivos de equipamentos para instalações de ar condicionado.** São Paulo, 2007.

UNED, **Planilha de Cálculo de Carga Térmica.** Escola Técnica Federal de Santa Catarina, 2012. Disponível em: <wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/0/0b/Planilha1.xls> acesso em 14 de outubro de 2014.

VENTISILVA, Disponível em: <<http://www.ventisilva.com.br/exaustores-exaustores-axiais-2021c-2028s>> acesso em 02 de outubro de 2014.

YORK. **Catálogo de Split Systems para Dutos.** Disponível em <[http://www.johnsoncontrols.com.br/content/dam/WWW/jci/be/brasil/HVAC/C_IOM_EBX_Splitao_Evolution_FORM_M-TE_C023-BR\(12-09\).pdf](http://www.johnsoncontrols.com.br/content/dam/WWW/jci/be/brasil/HVAC/C_IOM_EBX_Splitao_Evolution_FORM_M-TE_C023-BR(12-09).pdf)> acesso em 16 de outubro de 2014.

YORK. **Curso de Multisplit.** Apostila do curso de conhecimentos em multisplit. São Paulo, 1998.

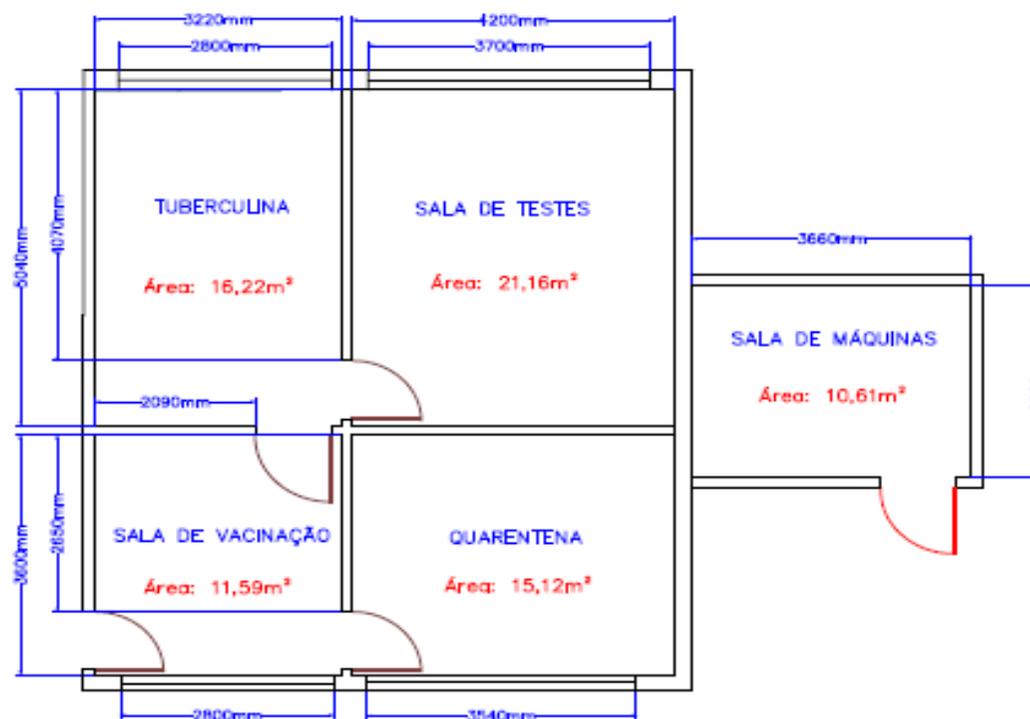
WEG. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-contatores-e-reles-de-sobrecarga-catalogo-geral-50026112-catalogo-portugues-br.pdf>> Acesso em 15 de outubro de 2014.

WINTECH. Disponível em:<<http://www.weplindia.com>> Acesso em: 12 de setembro de 2014.

ANEXO 01

Planta Baixa do Biotério

PLANTA BAIXA BIOTÉRIO



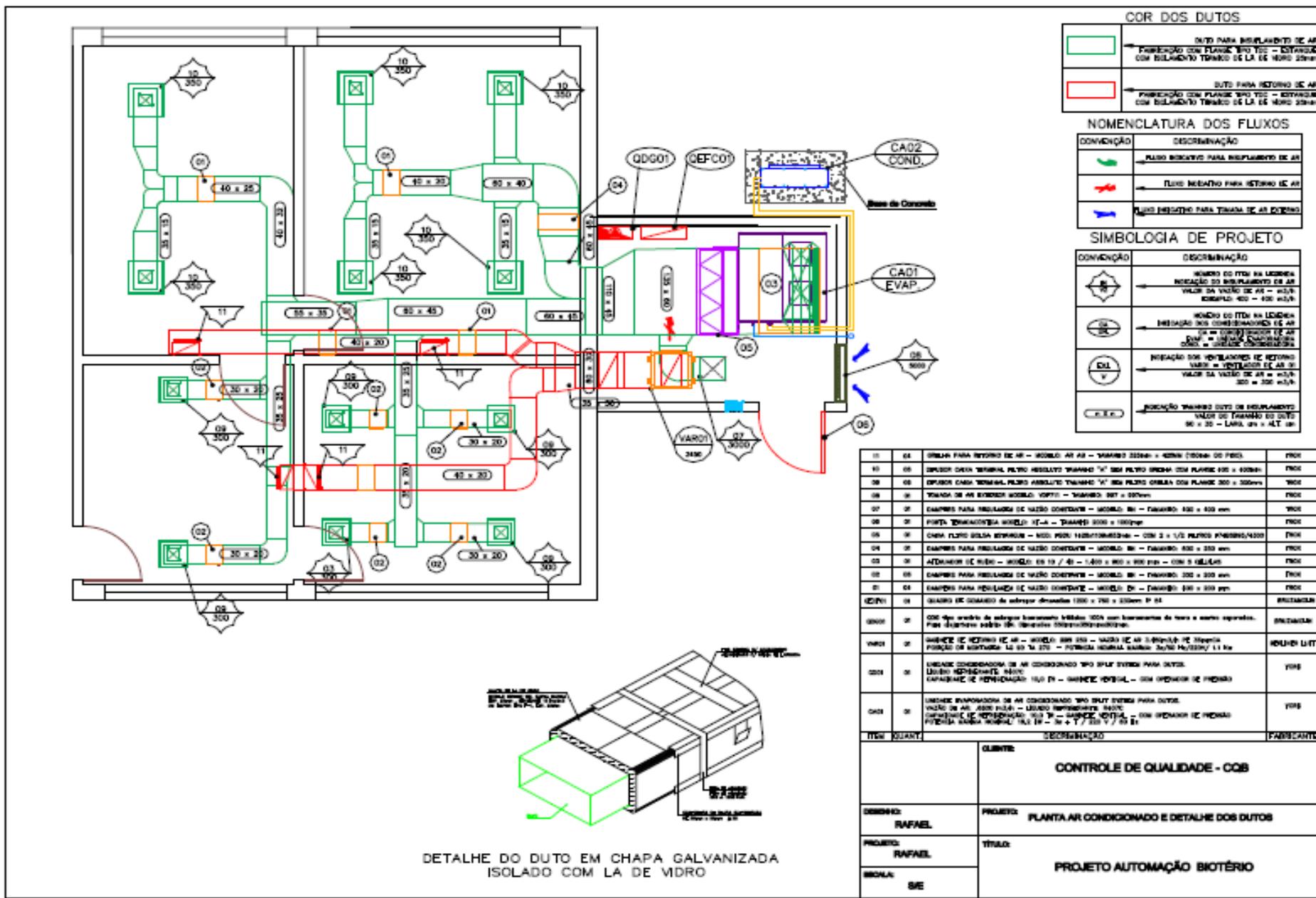
	OBJETO: CONTROLE DE QUALIDADE - CQB
DESENHADO: RAFAEL	PROJETO: PLANTA BAIXA ÁREA DO BIOTÉRIO
PROJETO:	TÍTULO: PROJETO AUTOMAÇÃO BIOTÉRIO
ESCALA: 8/E	

ANEXO 02

Planta de disposição e localização das luminárias e quadros elétricos

ANEXO 03

Planta do projeto para o sistema de ar condicionado do biotério



COR DOS DUTOS

	DUTO PARA INSULAMENTO DE AR PAREDEIRO COM PLACA 150 X 150 - ESTANCO COM ISOLAMENTO TAMBÉM DE LA DE VIDRO 25mm
	DUTO PARA RETORNO DE AR PAREDEIRO COM PLACA 150 X 150 - ESTANCO COM ISOLAMENTO TAMBÉM DE LA DE VIDRO 25mm

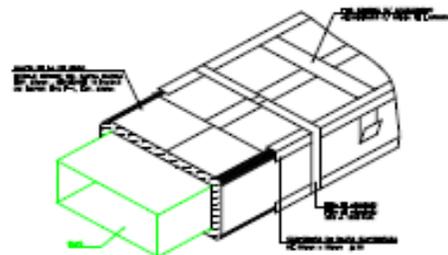
NOMENCLATURA DOS FLUXOS

CONVENÇÃO	DESCRIÇÃO
	FLUXO INSUFLETO PARA INSULAMENTO DE AR
	FLUXO INSUFLETO PARA RETORNO DE AR
	FLUXO INSUFLETO PARA TELA DE AR EXTERNO

SIMBOLOGIA DE PROJETO

CONVENÇÃO	DESCRIÇÃO
	MONDO DE TELA NA LINHA DE INDICAÇÃO DO INSULAMENTO DE AR VALOR DA VELOCIDADE DE AR - m/s CORTEADO: 400 - 400 m/s
	MONDO DE TELA NA LINHA DE INDICAÇÃO DOS CONDENSADORES DE AR C = 1 = CONDENSADOR DE AR C = 2 = CONDENSADOR DE AR C = 3 = CONDENSADOR DE AR
	INDICAÇÃO DAS VELOCIDADES DE RETORNO VALOR DA VELOCIDADE DE AR - m/s 300 = 300 m/s
	INDICAÇÃO TAMBÉM DUTO DE INSULAMENTO VALOR DE TAMANHO DO DUTO 30 x 30 - LARG. 30 x ALT. 30

01	04	DUTO PARA RETORNO DE AR - MONDO: AR 42 - TAMANHO 220mm x 420mm (150mm x 30 PIS)	PROJ
02	05	OPUSCULO GELSA TERMOAL FILTRO ABSOLUTO TAMANHO 14" SEM FILTRO GELSA COM PLACA 400 x 400mm	PROJ
03	06	OPUSCULO GELSA TERMOAL FILTRO ABSOLUTO TAMANHO 14" SEM FILTRO GELSA COM PLACA 300 x 300mm	PROJ
04	07	TELA DE AR EXTERNO MONDO: V0701 - TAMANHO: 307 x 307mm	PROJ
05	08	CHAMFER PARA INSULAMENTO DE MURO CONTINENTE - MONDO: M1 - TAMANHO: 400 x 400 mm	PROJ
06	09	FORTA TRANSMISSORA MONDO: T1 - TAMANHO: 300 x 100mm	PROJ
07	10	CHAMFER GELSA TERMOAL - MOND. PIS01 1400x1000mm - COM 2 x 1/2" FILTROS 1500mm/4000	PROJ
08	11	CHAMFER PARA INSULAMENTO DE MURO CONTINENTE - MONDO: M1 - TAMANHO: 400 x 300 mm	PROJ
09	12	ADJUSTADOR DE MURO - MONDO: M1 10 / 40 - 1.400 x 800 mm - COM 5 VILHOS	PROJ
10	13	CHAMFER PARA INSULAMENTO DE MURO CONTINENTE - MONDO: M1 - TAMANHO: 300 x 300 mm	PROJ
11	14	CHAMFER PARA INSULAMENTO DE MURO CONTINENTE - MONDO: M1 - TAMANHO: 400 x 300 mm	PROJ
12	15	CHAMFER DE CORREDOIR DE abrigar dimensões 1000 x 700 x 220mm P. 04	INSTAÇÃO
13	16	005 400 unidades de abrigar bancamento 1000x1000 com bancamento de terra e outro separado. Para abrigar abrigar 04 abrigar bancamento	INSTAÇÃO
VAV01	17	CHAMFER DE RETORNO DE AR - MONDO: M1 200 - VALOR DE AR 1.000m³/h de 1000m³/h de 1.1 kg	REQUISIT LIT
001	18	UNIDADE CONDENSADORA DE AR CONDENSADO 1500 BTU EXTERNO PARA DUTOS. UNIDADE REFRIGERANTE R410A. CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO: 1500 BTU - CHAMFER VENTIL - COM OPERADOR DE PRESSÃO	VISE
CA02	19	UNIDADE EVAPORADORA DE AR CONDENSADO 1500 BTU EXTERNO PARA DUTOS. UNIDADE REFRIGERANTE R410A. CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO: 1500 BTU - CHAMFER VENTIL - COM OPERADOR DE PRESSÃO. POTÊNCIA MÁXIMA NOMINAL: 14.1 kW - 30 x 7 / 20 V / 70 Hz	VISE
ITEM	QUANT	DESCRIÇÃO	FABRICANTE



DETALHE DO DUTO EM CHAPA GALVANIZADA ISOLADO COM LA DE VIDRO

	CLIENTE:	CONTROLE DE QUALIDADE - COB
DESENHO:	PROJETO:	PLANTA AR CONDICIONADO E DETALHE DOS DUTOS
PROJETO:	TÍTULO:	PROJETO AUTOMAÇÃO BIOTÉRIO
REVISÃO:	DE:	

ANEXO 04

Planta dos cortes nos dutos para visualização de projeto das instalações do ar condicionado

ANEXO 05

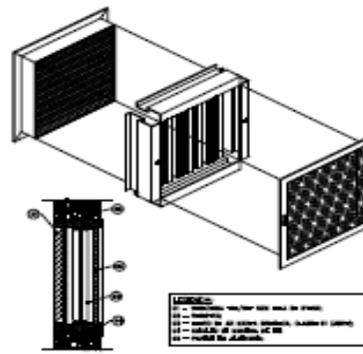
Planta da localização e detalhes dos exaustores



LEGENDA:
 [Pink shaded area] LOCALIZAÇÃO DOS EXAUSTORES

DADOS TÉCNICOS DOS EXAUSTORES:
 Diâmetro: 500mm.
 Comprimento: 400mm.
 VOLUME: 1700L/min.
 80mm em seu comprimento (0,08 metros).
 MOTOR: 90W, 1,8 CV
 220/240 volts de Indução Eletromagnética.
 Consumo Potência: 4,95 / 2,80 A.
 Carga útil: 50kg.
 Rotação: 1700 RPM.
 P. 20
 Prod. de Fiação: 1984.

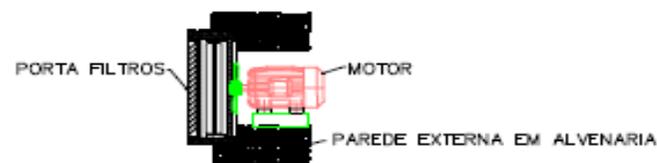
PORTA FILTRO E DETALHE DO FILTRO



LEGENDA:
 1 - Motor
 2 - Porta-filtro
 3 - Motor
 4 - Porta-filtro
 5 - Porta-filtro
 6 - Porta-filtro

DETALHE DO FILTRO:
 Filtro de Ar Merck Sintex Classe G1.
 Tamanho: 400x200.
 Produto: Lente.
 Velocidade: 1800 m³/h.
 Observação: 500mm x 500mm x 20mm.
 Nota: 100% de água.

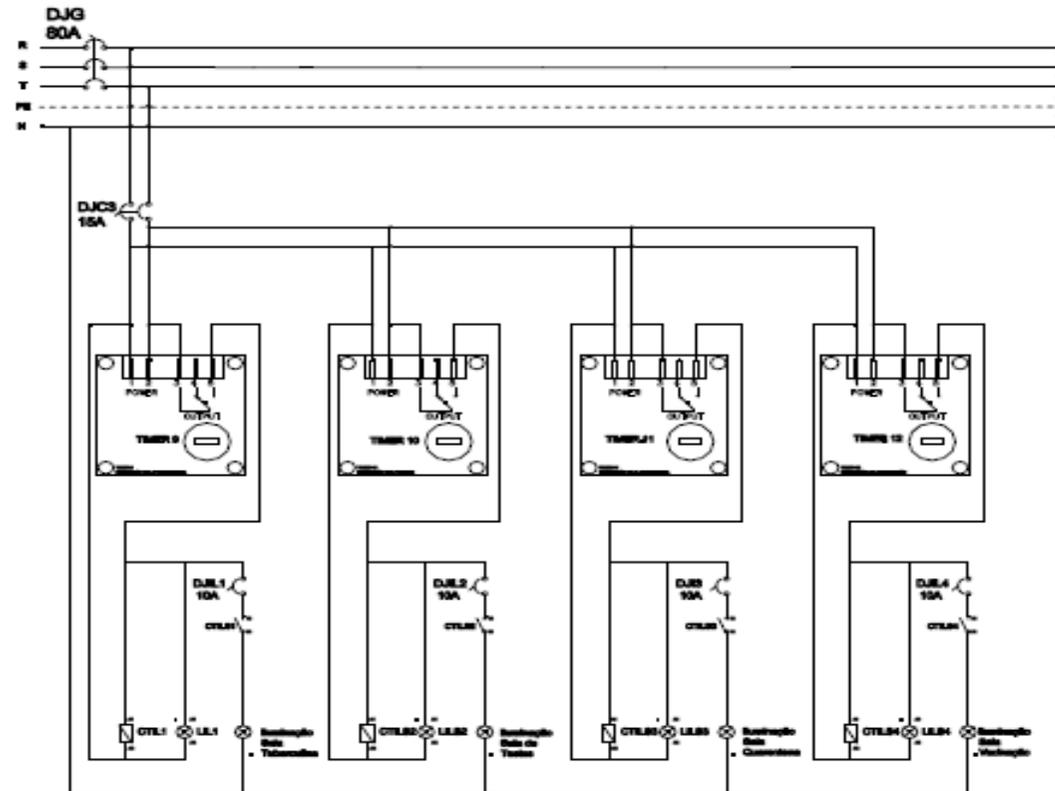
DETALHE DOS EXAUSTORES



	CLIENTE: CONTROLE DE QUALIDADE - COB
DESENHO: RAFAEL	PROJETO: DETALHES e LOCALIZAÇÃO DOS EXAUSTORES
PROJETO:	TÍTULO: PROJETO AUTOMAÇÃO BIOTÉRIO
MOCHA: SE	

ANEXO 06

Diagrama de comando e força da iluminação

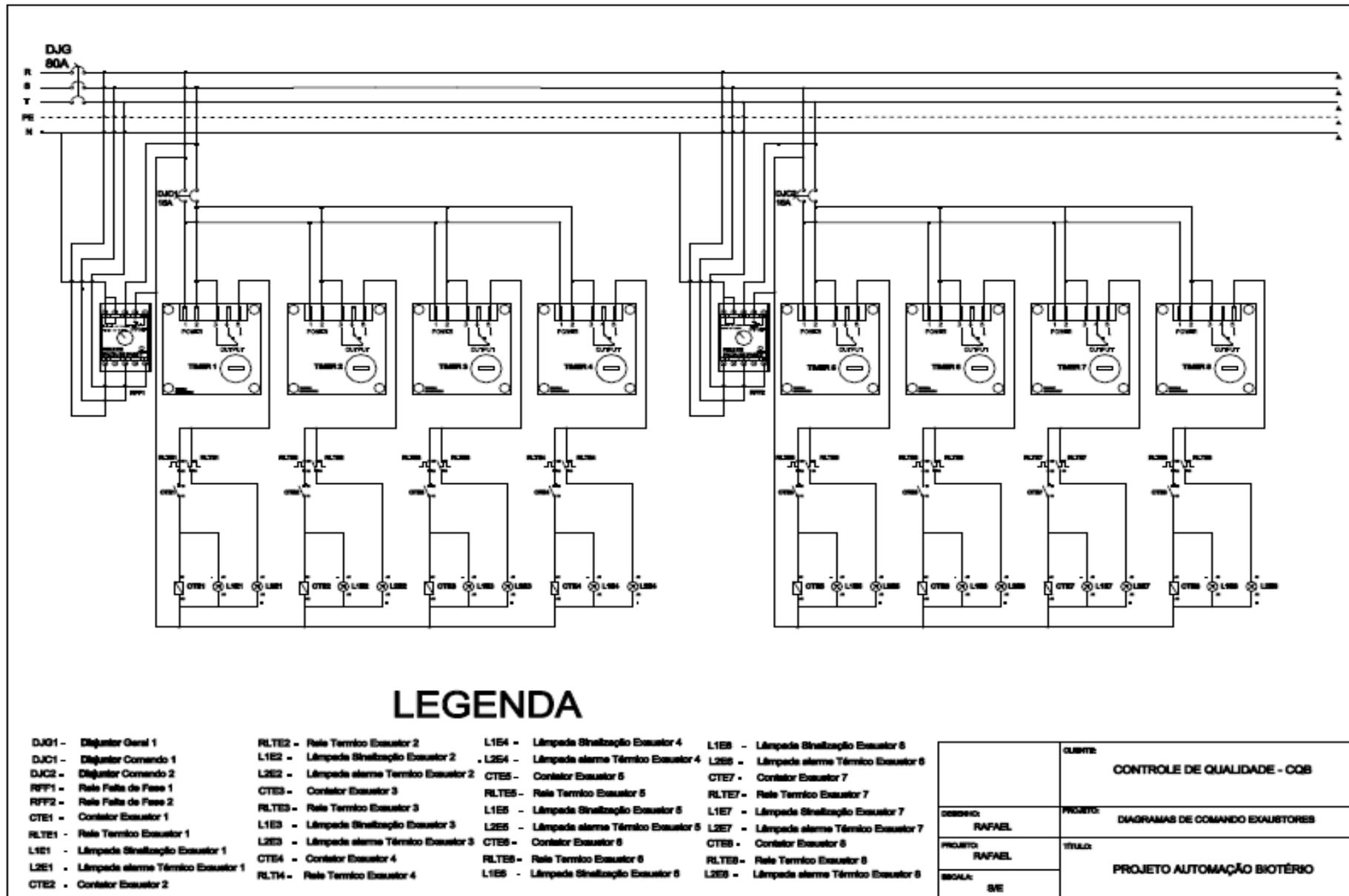


LEGENDA

DJG - Disjuntor Geral	CLS - Contator Auxiliar Iluminação Sala 03
CL1 - Contator Auxiliar Iluminação Sala 01	DUL3 - Disjuntor de Comando Iluminação Sala 03
DUL1 - Disjuntor de Comando Iluminação Sala 01	LE3 - Lâmpada Iluminação Iluminação Sala 03
LE1 - Lâmpada Iluminação Iluminação Sala 01	CL4 - Contator Auxiliar Iluminação Sala 04
CL2 - Contator Auxiliar Iluminação Sala 02	DUL4 - Disjuntor de Comando Iluminação Sala 04
DUL2 - Disjuntor de Comando Iluminação Sala 02	LE4 - Lâmpada Iluminação Iluminação Sala 04
LE2 - Lâmpada Iluminação Iluminação Sala 02	DJCS - Disjuntor Comando 3

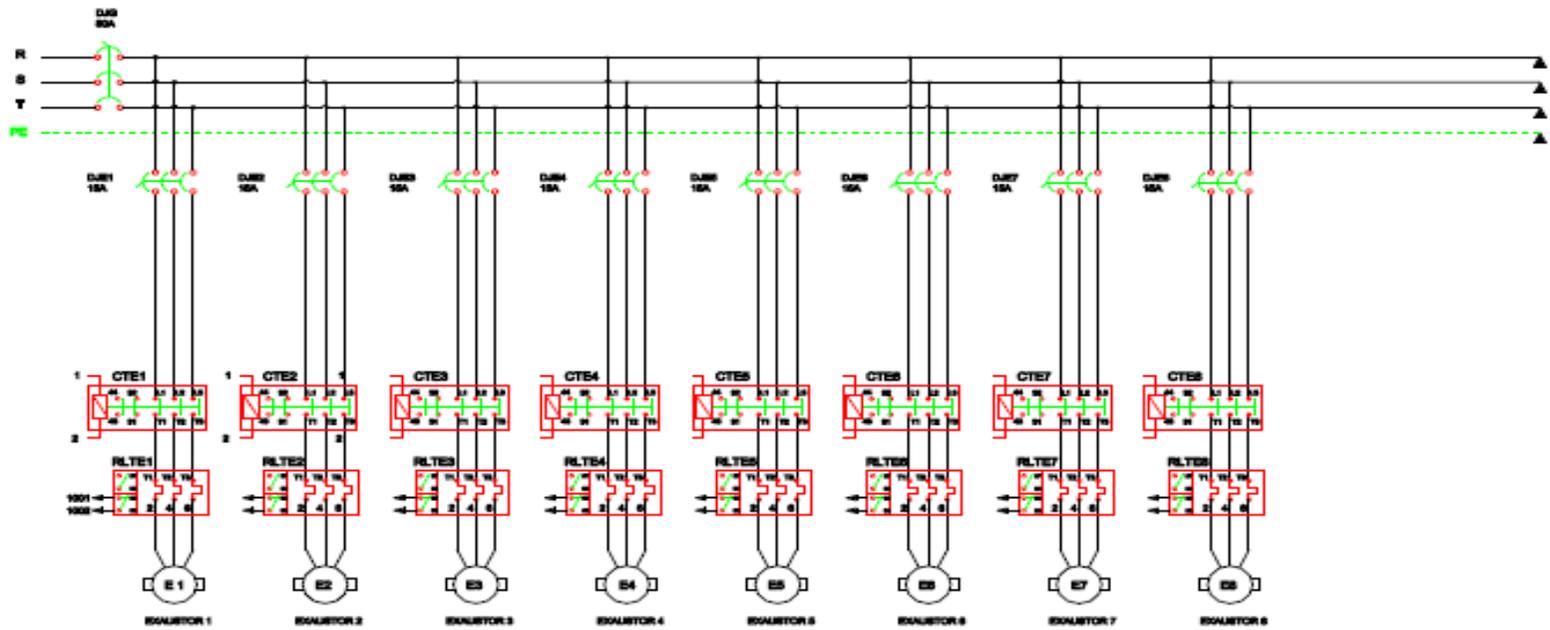
	CLIENTE: CONTROLE DE QUALIDADE - COB
DESIGNADO: RAFAEL	PROJETO: DIAGRAMAS DE COMANDO E FORÇA CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO.
PROJETO: RAFAEL	TÍTULO: PROJETO AUTOMAÇÃO BIOTÉRIO
REVISÃO: 01	

ANEXO 07**Diagrama de comando dos exaustores**



ANEXO 08

Diagrama força dos exaustores

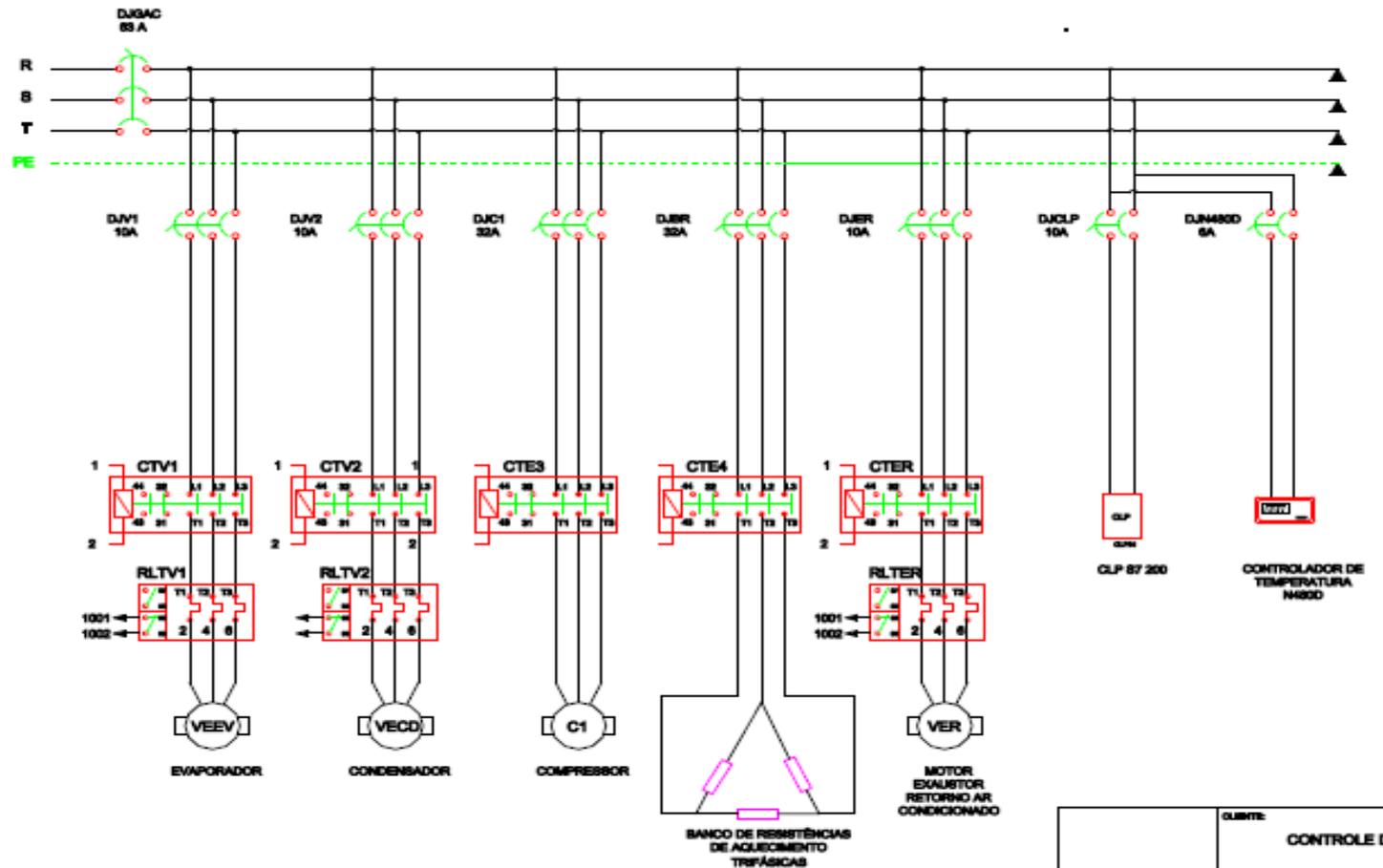


LEGENDA: Verificar Planta de Diagramas de Comando dos Exaustores. Nesta outra prancha estão especificados os nomes dos dispositivos.

	CLIENTE: CONTROLE DE QUALIDADE - COB
DESENHO: RAFAEL	PROJETO: DIAGRAMA DE FORÇA - REDE DE EXAUSTORES
PROJETO: RAFAEL	TÍTULO: PROJETO AUTOMAÇÃO BIOTÉRIO
REVISÃO: SE	

ANEXO 09

Diagrama força do ar condicionado e automação

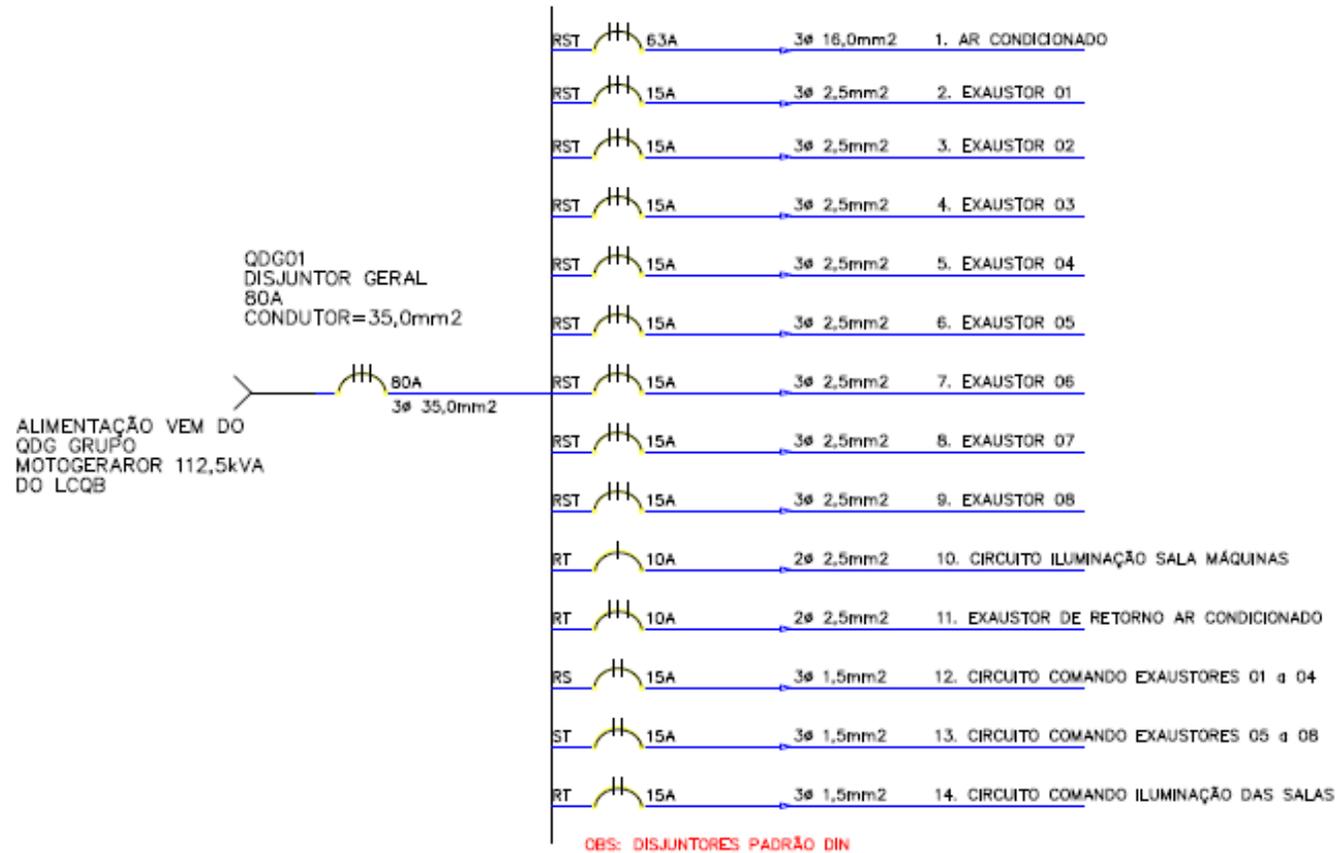


	QUÍBITE: CONTROLE DE QUALIDADE - CQB
DESENHO: RAFAEL	PROJETO: DIAGRAMA DE FORÇA AR CONDICIONADO e AUTOMAÇÃO
PROJETO: RAFAEL	TÍTULO: PROJETO AUTOMAÇÃO BIOTÉRIO
ESCALA: 1/1	

ANEXO 10

Diagrama unifilar do projeto

DIAGRAMA UNIFILAR QDG01

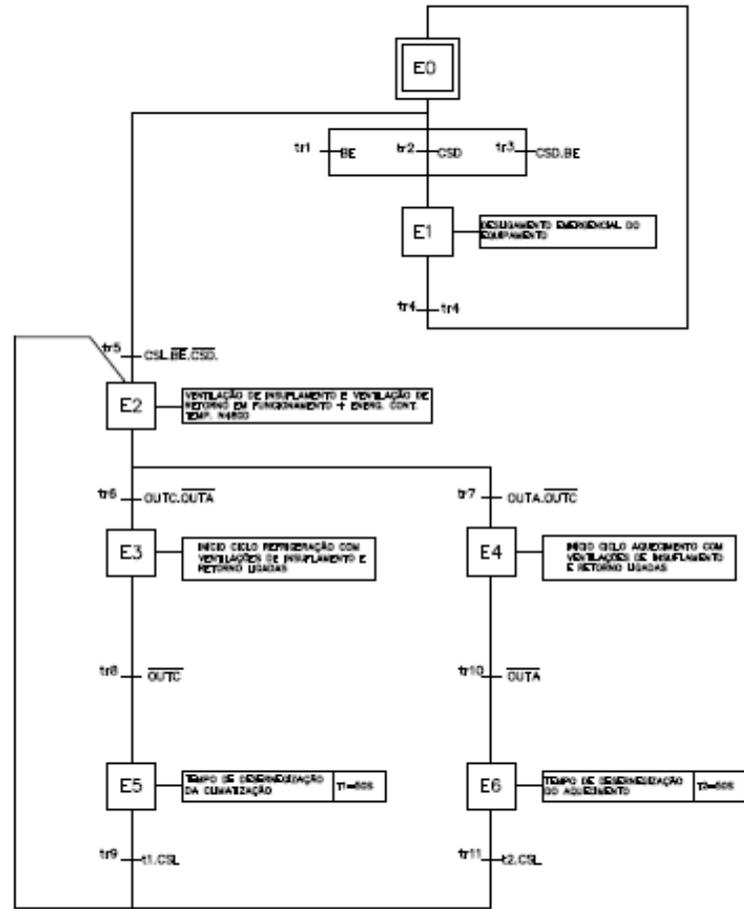


	QUINTE: CONTROLE DE QUALIDADE - COB
DESENHO: RAFAEL	PROJETO: DIAGRAMA UNIFILAR DO QDG01 DO PROJETO
PROJETO: RAFAEL	TÍTULO: PROJETO AUTOMAÇÃO BIOTÉRIO
ESCALA: 0/1	

ANEXO 11

Grafcet de nível 01 da automação do ar condicionado

GRAFSET AR CONDICIONADO NÍVEL 1

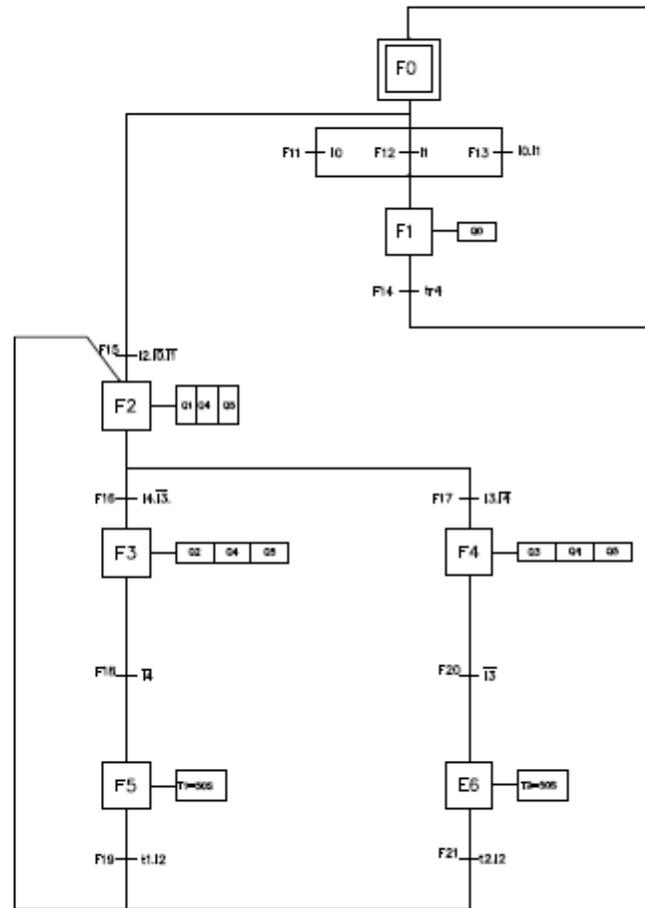


	ORIENTADO POR:	CONTROLE DE QUALIDADE - CQB
DESIGNADO POR:	PROJETO:	GRAFSET NÍVEL 1 - AUTOMAÇÃO SISTEMA DE AR CONDICIONADO
PROJETO:	TÍTULO:	PROJETO AUTOMAÇÃO BIOTÉRIO
ESCALA:	BE	

ANEXO 12

Grafcet de nível 02 da automação do ar condicionado

GRAFSET AR CONDICIONADO NÍVEL 2



	CLIENTE: CONTROLE DE QUALIDADE - CQB
DESENHO: RAFAEL	PROJETO: GRAFCET NÍVEL 2 - AUTOMAÇÃO SISTEMA DE AR CONDICIONADO
PROJETO: RAFAEL	TÍTULO: PROJETO AUTOMAÇÃO BIOTÉRIO
ESCALA: 05E	

ANEXO 13

Planilha orientativa de materiais para uma futura execução do projeto

PLANILHA ORIENTATIVA DE MATERIAIS PARA PROJETO DE AUTOMAÇÃO BIOTÉRIO

Item	Descrição	Unidade	Qtd	Marca
1	Cabo flexível antichama BWF 35mm ² 450/750V preto c/ isolamento de PVC 70°C	metro	300	PIRELLI ou superior
2	Cabo flexível antichama BWF 35mm ² 450/750V azul c/ isolamento de PVC 70°C	metro	100	PIRELLI ou superior
3	Cabo flexível antichama BWF 35mm ² 450/750V verde c/ isolamento de PVC 70°C	metro	100	PIRELLI ou superior
4	Disjuntor termomagnético trifásico curva C norma DIN 80A	peça	2	WEG ou superior
5	Disjuntor termomagnético trifásico curva C norma DIN 63A	peça	1	WEG ou superior
6	Disjuntor termomagnético trifásico curva C norma DIN 32A	peça	2	WEG ou superior
7	Disjuntor termomagnético trifásico curva C norma DIN 15A	peça	8	WEG ou superior
8	Disjuntor termomagnético trifásico curva C norma DIN 10A	peça	3	WEG ou superior
9	Disjuntor termomagnético bifásico curva C norma DIN 15A	peça	3	WEG ou superior
10	Disjuntor termomagnético bifásico curva C norma DIN 10A	peça	1	WEG ou superior
11	Disjuntor termomagnético bifásico curva C norma DIN 6A	peça	1	WEG ou superior
12	Disjuntor termomagnético monofásico curva C norma DIN 10A	peça	1	WEG ou superior
13	Disjuntor termomagnético monofásico curva C norma DIN 6A	peça	4	WEG ou superior
14	Contator trifásico CWM09 20A – 220V com 1 contato NA + 1 NF	peça	11	WEG ou superior
15	Contator auxiliar trifásico CW07 20A – 220V com 2 contatos NA + 2 NF	peça	4	WEG ou superior
16	Contator trifásico CMW65 30A – 220V com 1 contato NA + 1 NF	peça	1	WEG ou superior
17	Contator trifásico CMW18 modelo AC1 para cargas resistivas 30A – 220V	peça	1	WEG ou superior
18	Relé térmico RW17D 220V 60Hz faixa de ajuste 4-6,3A	peça	11	WEG ou superior
19	Cabo flexível antichama BWF 2,5mm ² 450/750V vermelho c/ isolamento de PVC 70°C	metro	500	PIRELLI ou superior
20	Cabo flexível antichama BWF 2,5mm ² 450/750V azul c/ isolamento de PVC 70°C	metro	200	PIRELLI ou superior
21	Cabo flexível antichama BWF 2,5mm ² 450/750V verde c/ isolamento de PVC 70°C	metro	300	PIRELLI ou superior
22	Cabo flexível antichama BWF 16mm ² 450/750V preto c/ isolamento de PVC 70°C	metro	100	PIRELLI ou superior
23	Cabo flexível antichama BWF 16mm ² 450/750V verde c/ isolamento de PVC 70°C	metro	40	PIRELLI ou superior
24	Cabo flexível antichama BWF 1,5mm ² 450/750V preto c/ isolamento de PVC 70°C	metro	200	PIRELLI ou superior
25	Cabo flexível antichama BWF 1,5mm ² 450/750V azul c/ isolamento de PVC 70°C	metro	200	PIRELLI ou superior
26	Temporizador eletrônico modelo TM-619 100-240Vac	peça	12	NOVUS
27	Controlador Eletrônico N480D 100-240Vac	peça	1	NOVUS
28	Controlador Lógico Programável modelo S7200 100-240Vac	peça	1	SIEMENS
29	Relé de proteção contra falta de fase trifásico 1 contato NA + 1NF	peça	2	COEL ou superior
30	Terminal de compressão tipo pino 2,5mm ²	peça	100	CRIMPER ou superior
31	Terminal de compressão tipo macho 2,5mm ²	peça	50	CRIMPER ou superior
32	Terminal de compressão tipo fêmea 2,5mm ²	peça	50	CRIMPER ou superior
33	Terminal de compressão tipo pino 1,5mm ²	peça	300	CRIMPER ou superior
34	Terminal de compressão longo tipo olhal 16mm ²	peça	20	CRIMPER ou superior
35	Terminal de compressão longo tipo pino 35mm ²	peça	15	CRIMPER ou superior
36	Barra de 3,0m eletroduto de PVC anti chama 3/4"	barra	25	WETZEL ou superior
37	Luva de eletroduto roscada anti chama de PVC 3/4"	peça	50	WETZEL ou superior

38	Condutele tipo C 3/4" sem rosca com tampa cega completo	peça	20	WETZEL ou superior
39	Quadro elétrico de comando pintura epóxi anti chama de sobrepor. Medidas: 1200mmX760mmX230mm.	peça	1	BRUZAMOLIN ou superior
40	Quadro elétrico de força de sobrepor, barramento de 100A trifásico com barramento de terra e neutro separados medidas: 550mmX350mmX200mm	peça	1	BRUZAMOLIN ou superior
41	Lâmpada de sinalização tipo sinaleiro verde monobloco fechada 1 contato NA + 1NF 220V	peça	12	SCHMERSAL ou superior
42	Lâmpada de sinalização tipo sinaleiro vermelha monobloco fechada 1 contato NA + 1NF 220V	peça	8	SCHMERSAL ou superior
43	Botão comutador de 2 posições monobloco fechada 1 contato NA + 1NF 220V	peça	1	SCHMERSAL ou superior
44	Botão de emergência vermelho 1 contato NF 220V 60Hz	peça	1	SCHMERSAL ou superior
45	Luminária de sobrepor padrão lavável modelo TLDRS32 com 2 lâmpadas de 32W + retor eletrônico 2X32W alto fator de potência	peça	15	PHILLIPS
46	Unidade evaporadora de ar condicionado tipo split system para dutos, modelo: EBX122, vazão de ar: 6800m³/h, líquido refrigerante R407C, capacidade de refrigeração: 10TRs trifásica 220V 60Hz	unidade	1	YORK
47	Unidade condensadora de ar condicionado tipo split system para dutos, modelo: HBC 122, capacidade de refrigeração 10TRs trifásica 220V 60Hz	unidade	1	YORK
48	Gabinete de retorno de ar modelo BBS 250, vazão de ar: 3450m³/h Motor elétrico potência nominal máxima 1,1kW trifásico 220V 60Hz	unidade	1	BERLINER LUFT
49	Tomada de ar exterior em alumínio modelo VDF711 (tamanho 997mmX997mm)	unidade	1	TROX
50	Damper para regulagem de vazão constante modelo E.N (tamanho 400mm X 400mm)	unidade	1	TROX
51	Porta termoacústica modelo XT-A: tamanho 2000mm X 1000mm	unidade	1	TROX
52	Caixa filtro bolsa estanque – modelo FBDU 1428mmX1109X653mm	unidade	1	TROX
53	Filtro do tipo bolsa estanque modelo F74B33 medidas 700mmX540mmX640mm	unidade	4	TROX
54	Damper para regulagem de vazão constante modelo E.N (tamanho 300mm X 200mm)	unidade	6	TROX
55	Damper para regulagem de vazão constante modelo E.N (tamanho 400mm X 200mm)	unidade	4	TROX
56	Porta filtro manta em alumínio com tela de nylon, carcaça com medidas: 500mmX500mmX51mm	unidade	8	TROX
57	Filtro de ar manta sintética classe G1 com carcaça em alumínio. Padrão lavável. Medidas: 495mmX495mmX50mm	unidade	10	TROX
58	Filtro absoluto em cunha padrão F781 para gabinete BBS 250.	unidade	2	TROX
59	Difusor de ar em alumínio medidas: 350mm X 350mm	unidade	6	TROX
60	Difusor de ar em alumínio medidas: 300mm X 300mm	unidade	6	TROX
61	Manta lã de vidro modelo isoflex 116, 25mm de espessura (rolo de 100m)	rolo	3	SANTA MARINA
62	Fita de alumínio 50mm de espessura rolo de 100m	rolo	20	SANTA MARINA
63	Cantoneira de chapa galvanizada 50mmX50mm chapa 26 (chapa de 3,0m)	barra	35	BARRANCO METAIS
64	Barra de perfilado 38X38mm aço galvanizado (6,0 metros)	barra	15	WETZEL ou superior
65	Barra roscada 1/4" - barra de 3,0m	barra	20	WETZEL ou superior

66	Porca sextavada de 1/4"	unidade	500	WETZEL ou superior
67	Arruela lisa de 1/4"	unidade	500	WETZEL ou superior
68	Parafuso autoatarrachante 4,2X38mm	unidade	500	WETZEL ou superior
69	Parafuso autoatarrachante 2,5X38mm	unidade	500	WETZEL ou superior
70	Bucha S08	unidade	500	WETZEL ou superior
71	Sensor de temperatura modelo PT100, 3 fios de diâmetro 16mmX50mm de comprimento e capacidade de medição num intervalo entre -50°C a 199°C	unidade	2	NOVUS
72	Grelha de retorno de ar modelo AR AG – tamanho: 325mm X 425mm	unidade	4	TROX
73	Difusor caixa terminal filtro absoluto tamanho “A” grelha com flange 400mm X 400mm	unidade	6	TROX
74	Difusor caixa terminal filtro absoluto tamanho “A” grelha com flange 300mm X 300mm	unidade	6	TROX
75	Chapa em aço zincada tipo TDC (chapa de 2000mm X 1500mm X 2,0mm)	unidade	40	KRIEGER METALÚRGICA

Planilha orientativa de materiais para projeto de automação biotério.

Fonte: Autoria própria (2014).