

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CAIO RODRIGUES MARTINS

MARIANA GOMES PIDDE

**SALA LIMPA: ASPECTOS GERAIS, ORÇAMENTO E
MONTAGEM DOS PAINÉIS ISOTÉRMICOS**

ANÁPOLIS / GO

2018

CAIO RODRIGUES MARTINS

MARIANA GOMES PIDDE

**SALA LIMPA: ASPECTOS GERAIS, ORÇAMENTO E
MONTAGEM DOS PAINÉIS ISOTÉRMICOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADORA: KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES

ANÁPOLIS / GO: 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

MARTINS, CAIO RODRIGUES/ PIDDE, MARIANA GOMES

Sala limpa: Aspectos gerais, orçamento e montagem dos painéis isotérmicos

81 P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Sala Limpa

2. Painéis Isotérmicos

3. Orçamento

4. Montagem

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MARTINS, Caio Rodrigues; PIDDE, Mariana Gomes. Sala limpa: Aspectos gerais, orçamento e montagem dos painéis isotérmicos. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 81 p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Caio Rodrigues Martins

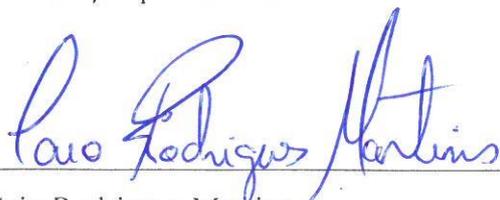
Mariana Gomes Pidde

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Sala limpa: Aspectos gerais, orçamento e montagem dos painéis isotérmicos.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

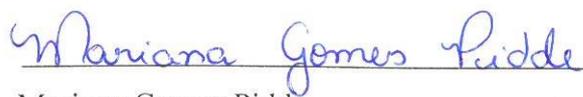
ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Caio Rodrigues Martins

E-mail: caiorodriguesmartins@hotmail.com



Mariana Gomes Pidde

E-mail: piddemariana@gmail.com

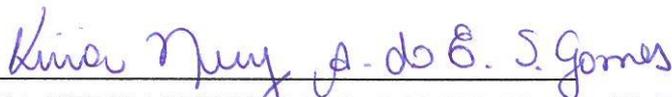
CAIO RODRIGUES MARTINS

MARIANA GOMES PIDDE

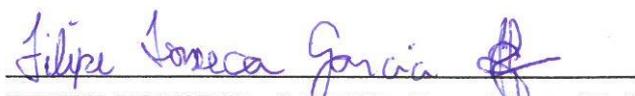
**SALA LIMPA: ASPECTOS GERAIS, ORÇAMENTO E
MONTAGEM DOS PAINÉIS ISOTÉRMICOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

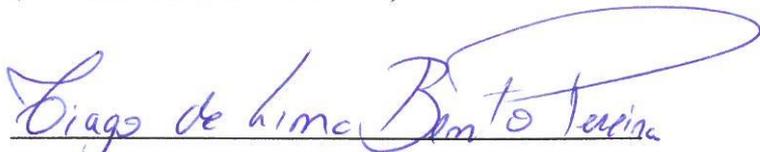
APROVADO POR:



**KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES, Mestra (UniEvangélica)
(ORIENTADORA)**



**FILIPE FONSECA GARCIA, Especialista (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**TIAGO DE LIMA BENTO PEREIRA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 27 de novembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Presto meu agradecimento a Deus, por ter me permitido chegar até nesse ponto de minha vida. Agradecer a minha família por todo o suporte desde o meu nascimento até hoje, nessa longa jornada da vida.

Agradeço a professora orientadora Kíria Nery Alves do E. S. Gomes devido a toda atenção referente ao trabalho de conclusão de curso e dúvidas direcionadas ao ramo da Engenharia Civil de uma forma geral.

Agradeço a todos que participaram dessa jornada com o intuito de adquirir o título de Engenheiro Civil.

Caio Rodrigues Martins

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido a oportunidade e a capacidade de chegar até essa fase de minha vida. Aos meus familiares que sempre me apoiaram nos momentos de dificuldade, me incentivando a não desistir e a superar cada obstáculo.

Agradeço aos professores que encontrei durante esses cinco anos de graduação, que compartilharam comigo seus conhecimentos e experiências. Aos amigos que contribuíram ao longo desse caminho já percorrido.

Agradeço a professora orientadora Kíria Nery Alves do E. S. Gomes, que nos guiou nesse trabalho de conclusão de curso. E por fim, em especial, agradeço ao meu avô, que hoje não se encontra em meio a nós.

Mariana Gomes Pidde

*“Uma mente aberta para o conhecimento,
jamais retornará ao estado original.”
(Albert Einstein).*

RESUMO

Neste trabalho realiza-se estudos e análises referentes aos aspectos gerais de uma sala limpa, com a utilização, orçamento e montagem dos painéis isotérmicos. A estrutura de desenvolvimento do trabalho consiste em conceitos sobre ambientes limpos, evolução histórica, utilização na atualidade, funcionamento de salas limpas, normatizações, definições e como deve-se trabalhar dentro desses meios controlados, com foco nos componentes e como são feitas suas instalações. Apresenta-se a importância de modernização com a utilização de painéis isotérmicos na construção de salas limpas, a partir de suas vantagens construtivas. Mostra-se como é feito o levantamento e orçamento dos materiais e serviços necessários para montagem desses painéis, que irão ser utilizados para a formação de paredes e forros. Utiliza-se pesquisas em livros, revistas, artigos e visitas de campo. O que possibilita adquirir conhecimento de forma geral sobre o que são ambientes limpos, processo construtivo e noções sobre como realizar o orçamento e montagem dos painéis isotérmicos e elementos afins a eles, em salas limpas. Aponta-se que a utilização dos painéis isotérmicos para a construção de ambientes limpos gera uma maior facilidade de manutenção dos ambientes, mudanças de *layouts*, e demais modificações, bem como a redução dos custos destinados as demais disciplinas a longo prazo, como o custo destinado ao sistema de tratamento de ar.

PALAVRAS-CHAVE:

Sala limpa. Painéis isotérmicos. Orçamento. Montagem.

ABSTRACT

In this work, studies and analyzes are carried out regarding the general aspects of a clean room, with the use, budget and assembly of isothermal panels. The work development framework consists of concepts about clean environments, historical evolution, current use, cleanroom operation, standardization, definitions and how to work within these controlled environments, focusing on the components and how their facilities are made. It presents the importance of modernization with the use of isothermal panels in the construction of clean rooms, based on its constructive advantages. It shows how is done the collection and budget of the materials and services needed to assemble these panels, which will be used for the formation of walls and linings. Research in books, magazines, articles and field visits is used. This makes it possible to acquire general knowledge about clean environments, a constructive process and notions about how to budget and assemble isothermal panels and related elements in clean rooms. It is pointed out that the use of isothermal panels for the construction of clean environments generates a greater ease of maintenance of the environments, changes of layouts, and other modifications, as well as the reduction of the costs destined to the other disciplines in the long term, like the destined cost to the air treatment system.

KEYWORDS:

Clean room. Insulated panels. Budget. Assembly.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Figura ilustrativa de uma cirurgia utilizando <i>spray</i> de Lister	20
Figura 2 – Filtros HEPA e ULPA, respectivamente.....	22
Figura 3 – Difusor de ar e exaustor, respectivamente	22
Figura 4 – Fluxo de ar não unidirecional.....	23
Figura 5 – Fluxo de ar unidirecional	24
Figura 6 – Fluxo de ar misto.....	24
Figura 7 – Diferença de pressões positivas	30
Figura 8 – Diferença de pressões negativas	30
Figura 9 – Zona de troca de vestimentas	32
Figura 10 – Colaboradores com vestimentas de sala limpa trabalhando.....	33
Figura 11 – Corte da peça de painel	34
Figura 12 – Tipos de encaixe.....	37
Figura 13 – Piso multicamadas.....	43
Figura 14 – Parede constituída com painéis isotérmicos.....	44
Figura 15 – Forro pano único	45
Figura 16 – Porta dupla e simples Ral 5010.....	46
Figura 17 – Porta de saída de emergência Ral 9003	46
Figura 18 – Porta simples Ral 9003	47
Figura 19 – Porta dupla em aço inox.....	47
Figura 20 – Porta de correr em aço inox	48
Figura 21 – Visor de 950 x 950 x 50 mm.....	49
Figura 22 – Visor de 2000 x 950 x 50 mm.....	49
Figura 23 – Antecâmaras de materiais e pessoas	50
Figura 24 – Sistema de sinalização e botoeiras de emergência de uma antecâmara	51
Figura 25 – Vista interna de uma antecâmara de pessoas	51
Figura 26 – <i>Pass-through</i> de <i>shaft</i>	53
Figura 27 – Dutos de ar condicionado montados sobre o forro	54
Figura 28 – Dutos de ar condicionado em fase de montagem.....	55
Figura 29 – Vista entre forro e laje.....	56
Figura 30 – Detalhe perfil “T”.....	57
Figura 31 – Detalhe pendural	58

Figura 32 – Perfil “U” enrijecido conectando os varões roscados parabolados na laje e no bolachão.....	59
Figura 33 – Posicionamento do forro em relação a laje e ao piso	60
Figura 34 – Perfil guia instalado com isolamento de piso.....	61
Figura 35 – Painel de divisória sendo encaixado	62
Figura 36 – Recorte de luminárias no forro.....	63
Figura 37 – Corte de vão para instalação de porta	63
Figura 38 – Corte do vão a ser instalado o visor	64
Figura 39 – Acabamento de silicone em visor	64
Figura 40 – Painel técnico	65
Figura 41 – <i>Shaft</i> em caixa de hidrante	65
Figura 42 – <i>Shaft</i> de retorno de ar	66
Figura 43 – Fechamento de pia com porta para manutenção de tubulação.....	66
Figura 44 – Acabamento com perfil arredondado e concha arremate.....	67
Figura 45 – Acabamento com perfil arredondado e cantoneira.....	67
Figura 46 – Planta de Sala Limpa.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Segmentos da norma ISO 14644	25
Quadro 2 – Conceitos e definições	28
Quadro 3 – Tipos das chapas dos painéis que envolvem o núcleo.....	35
Quadro 4 – Tipos de painéis em relação ao núcleo	35
Quadro 5 – Tipos de cores	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de limpeza do ar para partículas em suspensão, selecionadas para salas e zonas limpas	27
Tabela 2 – Características do núcleo	36
Tabela 3 – Planilha Orçamentária Resumida	72
Tabela 4 – Planilha Orçamentária	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância
CFC	Clorofluorcarboneto
DML	Depósito de Material de Limpeza
EPS	Poliestireno Expandido
HEPA	Filtros de Alta Eficiência para Partículas em Suspensão no Ar
ISO	International Organization for Standardization
LDR	Lã de Rocha
MF	Macho-fêmea
NBR	Norma Brasileira
PIR	Poliisocianurato
PUR	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinila
SINAPI	Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil
SL	Sala Limpa
ULPA	Filtros de Muito Baixa Penetração para Partículas
UTA	Unidade de Tratamento de Ar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo geral	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 METODOLOGIA	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2 SALA LIMPA	19
2.1 HISTÓRICO	19
2.2 FUNCIONAMENTO.....	21
2.3 NORMATIZAÇÕES	25
2.4 DEFINIÇÕES	27
2.5 CONTAMINAÇÃO.....	29
2.6 DISCIPLINA	31
3 PAINÉIS ISOTÉRMICOS.....	34
3.1 DEFINIÇÕES	34
3.2 ASPECTOS GERAIS	37
3.3 FABRICAÇÃO.....	38
4 PROCESSO CONTRUTIVO	40
4.1 COMPONENTES DE SALA LIMPA.....	41
4.1.1 Piso	41
4.1.2 Paredes	43
4.1.3 Forro.....	44
4.1.4 Portas.....	45
4.1.5 Visores	48
4.1.6 Antecâmaras	50
4.1.7 Dispositivos de separação	52
4.1.8 Caixas de passagem.....	52
4.1.9 Unidades de tratamento de ar	53
4.2 MONTAGEM DOS PAINÉIS ISOTÉRMICOS	55
5 ORÇAMENTO DOS PAINÉIS ISOTÉRMICOS	69

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICE A – PLANTA BAIXA	78
APÊNDICE B – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA	79

1 INTRODUÇÃO

As empresas de produtos e serviços da atualidade procuram atingir o máximo de qualidade possível no desenvolvimento de suas atividades, para que possam melhorar a qualidade de trabalho, gerar maior confiança por parte dos clientes e conseqüentemente potencializarem seu comércio.

Uma empresa possui diversas ramificações, que quando bem integradas permitem um maior desempenho geral em seus serviços. Quando se fala sobre controle e supervisão de produtos e serviços, a atenção se encaminha para órgãos regulamentadores, que estruturam a qualidade de cada produto e a forma de produção.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é um exemplo de órgão brasileiro regulamentador de qualidade de produtos e serviços, tanto nacionais quanto importados, que estão sujeitos à vigilância sanitária.

Um assunto bastante pertinente e de grande enfoque atual é a respeito de ambientes limpos e controlados, que recebem o nome geral de sala limpa. Sendo um local com controle de partículas, temperatura, umidade, pressão e alguns outros fatores que influenciam na produção de determinado produto ou serviço.

Sala limpa é um ambiente fechado, que se dimensiona a partir da necessidade das empresas e suas respectivas buscas de qualidade, já que cada produto ou serviço exige certo limite de contato com outros ambientes. Ou seja, determinado controle de partículas que estão presentes no local.

Uma sala limpa estrutura-se por seus lados fechados, portas de acesso, unidade de tratamento de ar (UTA), respectivos componentes particulares e materiais que compõem o produto ou serviço da empresa. Atualmente, muitos ramos de negócios buscam a utilização desses tipos de salas, tais como: alimentício, farmacêutico, hospitalar, laboratorial, veterinário, nanotecnológico, automobilístico, dentre outros.

O tema sala limpa gera diversas ramificações, que quando unificadas edificam diversos tipos e modelos de ambientes. Para uma melhor compreensão dos passos que compõem a criação de uma sala limpa podemos considerar as seguintes etapas: projeto, orçamento, montagem/construção, instalação de aparelhos e componentes, limpeza, controle e manutenção.

Para desenvolver um bom projeto de uma sala limpa, primeiramente precisamos saber a utilização que o ambiente terá, ou seja, o produto que será desenvolvido, manipulado

ou trabalhado no local. O projeto deverá atender as normas, compatibilizando todos os projetos envolvidos no ambiente, como: elétrico, hidráulico, incêndio, gás e outros.

A partir de uma boa integração entre o projetista e o técnico da área analisada, pode-se alcançar uma excelente otimização de todas as etapas que envolvem o desenvolvimento da sala limpa e sua futura utilização.

Após o desenvolvimento de todo o projeto conceitual para a construção da sala limpa, a empresa deve realizar o orçamento, para ter uma estimativa de custos e saber a viabilidade da edificação. Como existem várias etapas construtivas e diversificadas empresas que atuam na área, o orçamento acaba por ser dividido em vários orçamentos particulares.

A montagem/construção é feita com a instalação de piso, forro, paredes e pontos de acesso e visualização. Sendo que para uma melhor potencialização e facilidade da futura limpeza e controle do ambiente utiliza-se painéis isotérmicos.

Painéis isotérmicos são elementos constituídos por chapas de aço separadas por um núcleo formado por materiais como poliuretano, poliestireno, dentre outros. O que faz com que os painéis possuam ótimo isolamento térmico e acústico, além de alguns tipos terem uma boa resistência a flexo-compressão.

Os aparelhos e componentes serão instalados nos respectivos locais projetados para que a sala execute a função que lhe foi designada. A limpeza, controle e manutenção ocorrem constantemente para que a qualidade dos produtos seja a maior possível, no que diz respeito a partículas e contaminação.

1.1 JUSTIFICATIVA

O tema em questão é muito discutido e utilizado na atualidade, pois diversificadas empresas já possuem salas limpas, com o objetivo de melhorar a qualidade de seus produtos e serviços. Com a evolução da sociedade e o requerimento de novas melhorias na qualidade de vida, as empresas buscam satisfazer as exigências que vem sendo cada vez maiores, por isso a importância de ambientes mais limpos e bem controlados para desenvolvimento de produtos e serviços de excelência.

As mais variadas empresas buscam acompanhar a evolução de mercado, aderindo ao desenvolvimento e melhorias de salas limpas. Sendo que a utilização de painéis isotérmicos para a vedação dessa sala é o que atualmente existe de mais moderno, pois eles possuem fatores que auxiliam na otimização de diversas etapas existentes na montagem e facilidade de manutenção e limpeza nas futuras funções desses ambientes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Compreensão dos aspectos gerais de uma sala limpa, para o desenvolvimento do orçamento e montagem dos painéis isotérmicos que estruturam o ambiente em questão.

1.2.2 Objetivos específicos

Compreender a importância da utilização de salas limpas atualmente, com intuito de potencializar o desenvolvimento e qualidade de um produto ou serviço. Explicar de uma forma sucinta todas as etapas executivas que englobam a construção de uma sala limpa, com enfoque no orçamento e montagem com painéis isotérmicos.

1.3 METODOLOGIA

Estudo teórico em diversas bibliografias básicas, artigos, revistas, normas técnicas, visitas técnicas e outras fontes de informações afins. Acompanhamento de orçamentos e montagens de painéis isotérmicos em diversas obras, executadas pela empresa F7 Tecnotérmicos Ltda ME, situada na cidade de Anápolis, Goiás.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho estrutura-se em duas grandes vertentes, sendo sala limpa e painéis isotérmicos. O capítulo 1 refere-se a importância da sala limpa no mercado para potencialização do produto ou serviço a ser desenvolvido, introduzindo os painéis isotérmicos na montagem desses ambientes. No capítulo 2 são apresentados os aspectos gerais de uma sala limpa, evidenciando o histórico, normatização, definições, contaminação e disciplina dentro de uma sala limpa. O capítulo 3 apresenta as definições de painéis isotérmicos, apresentando seus variados tipos e como são fabricados. O capítulo 4 aborda quais as etapas de construção de uma sala limpa com seus componentes, como visores, portas, paredes, forros, entre outros, evidenciando a montagem do forro e das divisórias, e sua sequência de montagem. O capítulo 5 mostra o orçamento dos itens necessários para a montagem dos

painéis e componentes constituintes de uma sala limpa. Por fim, o capítulo 6 com as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

2 SALA LIMPA

2.1 HISTÓRICO

Na sociedade contemporânea a busca por qualidade, padronização e eficiência acaba por direcionar variados ramos de negócios, sendo que a utilização de ambientes limpos e controlados encaixam-se perfeitamente nesse quadro. Mesmo porque com esses locais pode-se atingir um excelente produto ou serviço final com a perfeição inicialmente pretendida.

O surgimento das salas limpas aconteceu a partir do século XIX, com uma evolução tecno-científica bastante interessante. Os primeiros relatos são voltados para a medicina, já que em diversos tipos de cirurgias aconteciam bastantes imprevistos relacionados com infecções. Vários nomes estão presentes dentro da biologia e sua evolução, Joseph Lister, por exemplo, foi um cirurgião e pesquisador inglês, que possibilitou um grande crescimento nas porcentagens de assepsia com a utilização de ácido carbólico, hoje intitulado fenol (WHYTE, 2013).

Sua observação foi que algumas vacas diminuíram os índices de doenças entozoais após consumirem pastagens em campos que tiveram derramamento de esgoto com grandes quantidades de fenol, utilizado para tratar o mesmo (WHYTE, 2013). A partir disso começou a utilizar esse ácido nas cirurgias, aplicando sobre os ferimentos, limpando as ferramentas e lavando as mãos dos envolvidos. Também desenvolveu o *spray* de Lister, que utilizavam para borrifar no ambiente, mesmo essa parte não sendo muito efetiva no que diz respeito às partículas em suspensão no ar (LISTER, 1867). A Figura 1 representa ilustrativamente uma cirurgia no século XIX com a utilização do *spray* de Lister, referenciando historicamente os avanços atingidos em relação a assepsia em cirurgias.

Com o tempo as evoluções foram ocorrendo, no que refere-se as vestimentas, a circulação do ar, a estruturação das salas cirúrgicas, as práticas das pessoas envolvidas nas cirurgias, dentre vários outros aspectos. Gerando assim inúmeras melhorias para a medicina. Culminando, também, em uma grande expansão da utilização das áreas limpas em diversos outros ramos, pois variados tipos de produtos e serviços necessitavam da ausência de contaminantes. A segunda guerra mundial impulsionou grandes desenvolvimentos no que tange o assunto sobre ambientes limpos, pois perceberam a necessidade de controlar doenças, desenvolver produtos bélicos e outros (WHYTE, 2013).

Criou-se então o conceito de sala limpa, que constitui-se por ser um local limpo e controlado, ou seja, um espaço que possui controle dos níveis de contaminantes e partículas,

estejam assentados sobre objetos ou em suspensão no ar. Basicamente, isso é possível através de uma grande inserção de ar filtrado e extração do ar disperso no ambiente. Existem diversas formas de minimizar a existência de partículas e contaminantes presentes no meio, tais como controle de umidade, temperatura e pressão, além da utilização de materiais construtivos adequados.

É uma sala que minimiza a introdução, geração e retenção de partículas. Conseguimos isso, primeiramente, através do fornecimento de uma enorme quantidade de ar filtrado utilizando filtros de alta eficiência. Este ar é utilizado para (1) diluir e remover as partículas, bactérias e produtos químicos dispersos pelo pessoal, equipamento e outras fontes de dentro da sala limpa; (2) pressurizar a sala para impedir que ar sujo entre na sala limpa. Em segundo lugar, salas limpas são construídas com materiais que não geram partículas ou ‘liberam gases’, contaminação química em suspensão no ar, e que podem ser limpas facilmente. Por último, o pessoal de salas limpas usa vestimentas que os cobrem de tal forma a minimizar a sua dispersão de partículas e microrganismos (WHYTE, 2013).

Figura 1 – Figura ilustrativa de uma cirurgia utilizando *spray* de Lister



Fonte: LePan, 2017

Referente ao tema sala limpa, surgiram estudos que tentavam qualificar cada vez mais esses ambientes. O fluxo de ar juntamente com a filtragem do mesmo foi algo revolucionário, pois a partir deles foi possível controlar cada vez mais as partículas no ambiente. Conseqüentemente, definiu-se os tipos de sala limpa a partir do modelo de

ventilação existente na mesma, sendo salas limpas de fluxo de ar unidirecional, não unidirecional e misto (SILVA, 2012).

Fluxo de ar unidirecional caracteriza-se por ser um fluxo que percorre em uma só direção, tanto horizontal quanto vertical, com uma velocidade uniforme e constante. Já o fluxo não unidirecional o movimento do ar é de forma aleatória. Salas limpas mistas, configuram-se por possuírem os dois tipos de fluxo, em locais diferentes da mesma (ABNT, 2004).

Atualmente existem e são criados modelos e *layouts* de salas limpas para atender os diversos ramos de mercado. Inovando a cada dia os meios de construção e qualificação, com o intuito de potencializar qualidades e eficiência de produção, em conjunto com os avanços tecnológicos e conhecimento humano, tanto a partir da ciência quanto pela experiência adquirida em todo esse processo evolutivo de salas limpas.

2.2 FUNCIONAMENTO

Uma sala limpa é um local fechado onde é inserido ar filtrado, para que as partículas em suspensão no ar possam movimentar e saírem do local. Primeiro, precisa-se entender que o ambiente é extremamente limpo e que as partículas citadas são na escala de micrometros, que seria a milionésima parte do metro. Por meios didáticos serão adotados modelos e exemplos fictícios de salas limpas, com o objetivo de abordar o assunto de uma maneira geral.

Parte do ar que já existe na sala limpa é retirado por meio de exaustores, passando por filtros para poderem retornar, juntamente com ar insuflado do meio externo e filtrado. A ideia é simples, o ar filtrado entra na sala, mistura-se com os contaminantes e partículas e sai do ambiente. Entretanto, existem diversificadas aplicações e modelagens para essa inserção e retirada do ar (SILVA, 2012).

A junção do ar condicionado, dos sistemas de inserção e extração de ar em relação a filtragem configura-se o sistema de tratamento de ar. Pode-se classificar os filtros de ar em: mantas, filtros grossos, filtros finos, filtros absolutos e filtro de carvão ativado. Para cada ambiente existe diferentes formas de tratar o ar. Os filtros absolutos são do tipo HEPA (Filtros de Alta Eficiência para Partículas em Suspensão no Ar) e ULPA (Filtros de Muito Baixa Penetração para Partículas), eles são os mais utilizados em salas limpas, pois possuem uma filtração de partículas abaixo de 0,5 μm e por serem produzidos com meio filtrante de microfibras de vidro especial (ISODUR, 2016a). A Figura 2 apresenta os filtros HEPA e ULPA.

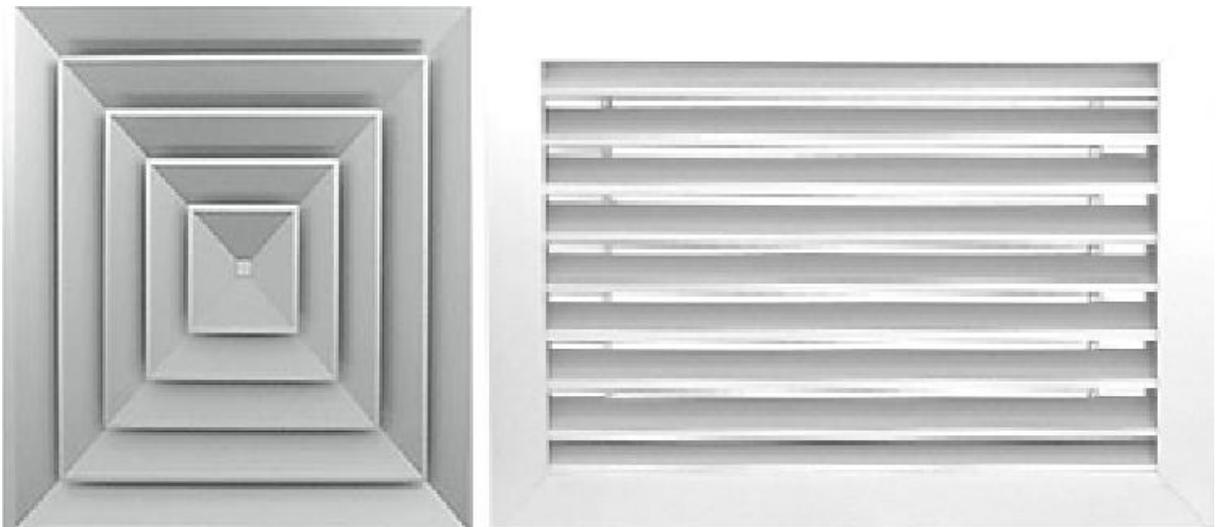
Figura 2 – Filtros HEPA e ULPA, respectivamente



Fonte: Direct Industry, 2018 (Adaptado)

Existem diferentes arranjos de filtros, podendo usar filtros finos ou grossos antes de filtros HEPA ou ULPA, pois eles são mais econômicos e filtram as partículas maiores, enquanto os filtros com valor econômico mais elevado filtram as partículas menores e duram mais tempo. A disposição desse sistema de fluxo de ar irá depender de cada ambiente e forma de trabalhar. Pode-se pensar em uma sala na forma de um cubo, onde no teto existe um difusor de ar em quatro direções, e na parte inferior das paredes existem exaustores, representados pela Figura 3.

Figura 3 – Difusor de ar e exaustor, respectivamente



Fonte: Seimmei, 2018 (Adaptado)

O fluxo de ar poderá ocorrer de forma não unidirecional, Figura 4, unidirecional, Figura 5, ou misto, Figura 6. Em ambos, o ar filtrado entrará na sala pelo difusor, espalhando-se por todo o meio, misturando-se com as partículas e contaminantes, saindo pelos exaustores, sendo direcionados para a filtragem. Uma nova inserção para a sala será feita, em conjunto com ar recirculado e o colhido do meio exterior que também passa pelo processo de filtragem, reiniciando o processo de fluxo de ar de uma sala limpa.

A razão pela qual o ar é insuflado é porque um arranjo de salas limpas deve possuir diferenças de pressões, normalmente as maiores pressões estão nos ambientes mais internos, onde o produto ou serviço será desenvolvido, e essa pressão é realizada pelo ar inserido dentro da sala. Para uma pressão positiva inserimos mais ar do que retiramos e para uma pressão negativa retiramos mais ar do que inserimos (WHYTE, 2013).

O objetivo de se ter diferenças de pressões é para que os ambientes mais limpos não sejam contaminados pelos menos limpos, ou seja, quando abrir-se uma porta para entrar em uma sala de produção, o ar irá sair da sala de produção para fora, devido possuir uma pressão interior maior que a exterior. Caso o produto não possa contaminar outras áreas, ele pode ser desenvolvido em uma sala de pressão negativa, para que o ar interno não escoe para o meio externo (WHYTE, 2013).

Figura 4 – Fluxo de ar não unidirecional

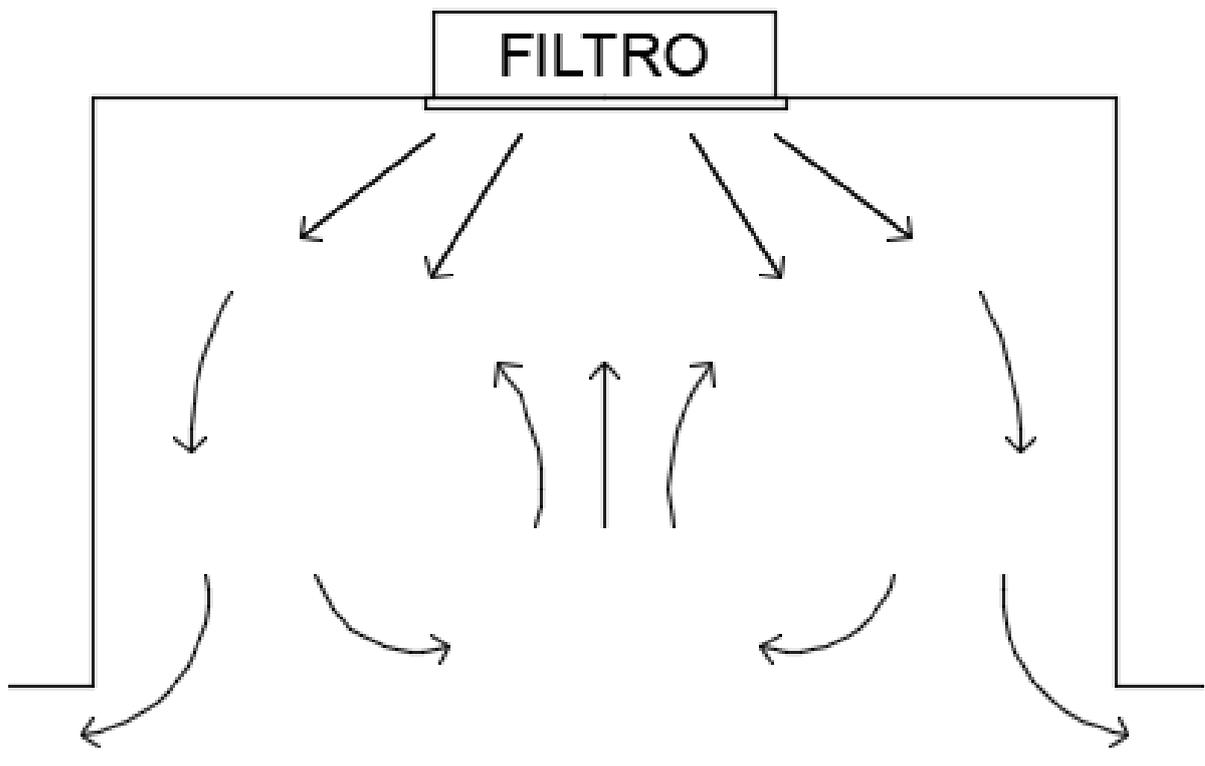
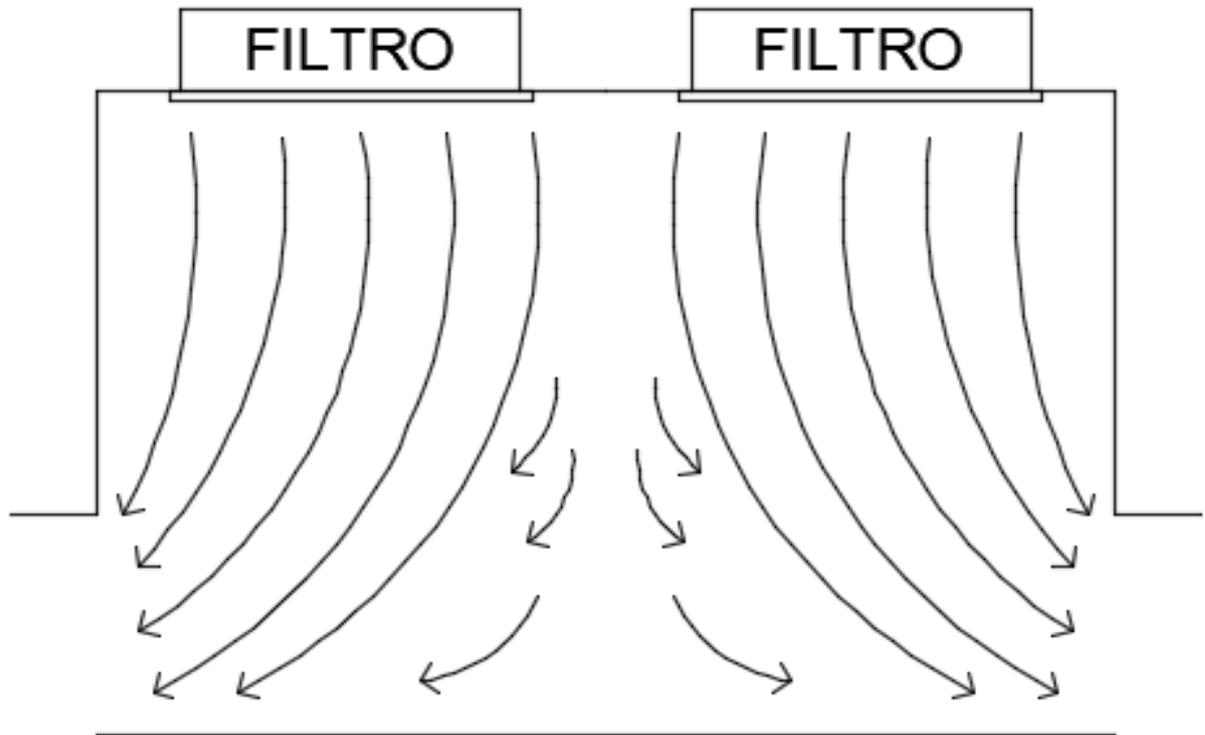
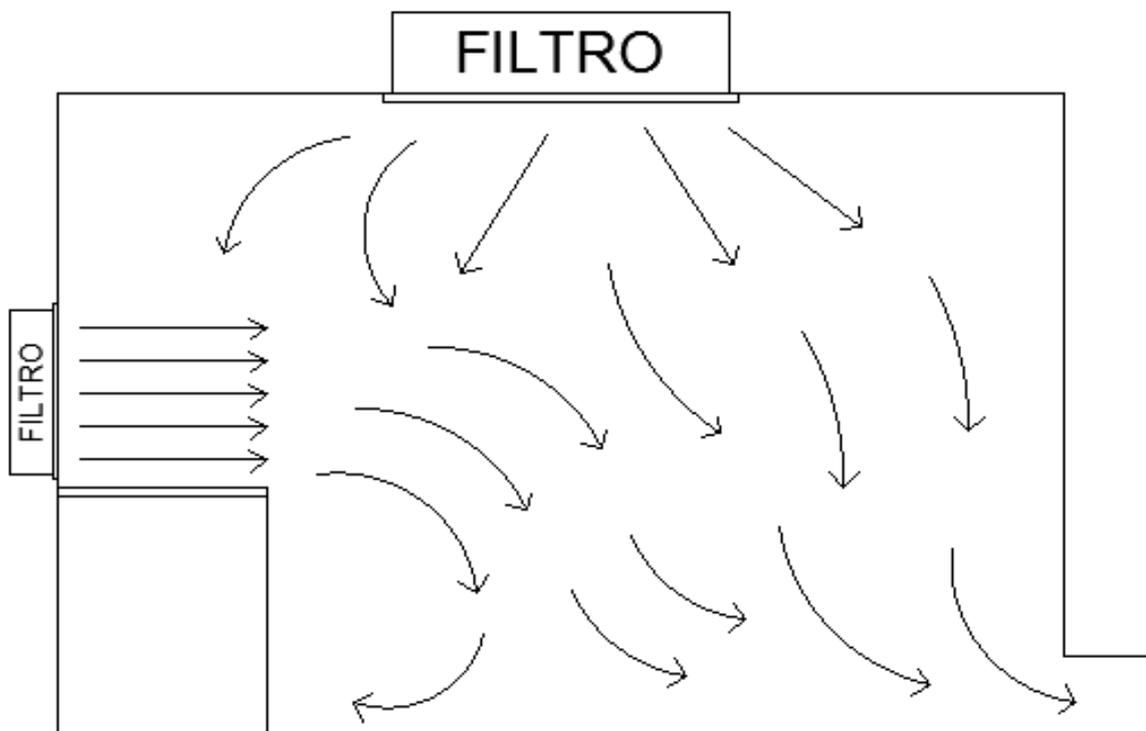


Figura 5 – Fluxo de ar unidirecional

Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 6 – Fluxo de ar misto

Fonte: Próprios autores, 2018

Um local de trabalho será composto por algumas salas limpas, corredores de acesso e saída de pessoal. Os ambientes que podem existir em uma rede de operação com salas limpas são os seguintes: vestiário, corredores de acesso, antecâmara, sala de recebimento de materiais, salas de produção, sala de estoque de produtos, miniambientes, isoladores, dentre outros.

2.3 NORMATIZAÇÕES

Após avanços e definições nos estudos de salas limpas foram surgindo diferentes linhas de pesquisas relacionadas com ambientes limpos e controlados, principalmente no estudo de fluxo de ar, filtros de ar, materiais estruturantes, vestimentas, técnicas de limpeza e manutenção. Consequentemente surgiram normatizações, como o Manual Técnico TO 00-25-203 que foi a primeira norma escrita sobre salas limpas, publicada pela Força Aérea Americana em março de 1961. Em 1963 surgiu a Federal Standard 209 criada pela Sandia Corporation que foi base para a ISO 14644-1:1999 (WHYTE, 2013).

Com todo esse progresso a norma ISO 14644 Standards tornou-se referência para o desenvolvimento de sala limpa, sendo que com a evolução temporal ela foi subdividindo-se em algumas partes e cada uma dessas divisões sofreram diferentes alterações ao longo dos anos (WHYTE, 2013). Atualmente a ISO 14644 possui importantes segmentos, que estão representados no Quadro 1.

Quadro 1 – Segmentos da norma ISO 14644

(continua)

Parte 1	Classificação da limpeza do ar
Parte 2	Especificações para ensaios e monitoramento para comprovar a contínua conformidade com a ISO 14644-1
Parte 3	Métodos de ensaio
Parte 4	Projeto, construção e partida
Parte 5	Operações
Parte 6	Vocabulário (Retirado)
Parte 7	Dispositivos de separação (compartimentos de ar limpo, <i>gloveboxes</i> , isoladores, miniambientes)
Parte 8	Classificação da contaminação molecular em suspensão
Parte 9	Classificação da limpeza de partículas em superfície
Parte 10	Classificação da limpeza de substâncias químicas em superfície
Parte 11	(Não está em desenvolvimento ainda)

Quadro 1 – Segmentos da norma ISO 14644**(conclusão)**

Parte 12	Especificações para monitorar a limpeza do ar por concentração de partículas em nanoescala (em desenvolvimento)
Parte 13	Limpeza de superfícies para atingir níveis definidos de limpeza em termos de partículas e classificações químicas
Parte 14	Avaliação da adequação para uso de equipamentos por concentração de partículas no ar
Parte 15	Avaliação da adequação para uso de equipamentos e materiais por concentração química no ar

Fonte: International Organization for Standardization, 2018 (Adaptado)

Essas normas são revisadas periodicamente devido a novas descobertas, juntas regem os processos construtivos de quaisquer tipos de salas limpas, mas, logicamente, com o auxílio de outros materiais, sendo eles mais específicos para cada linha de execução que uma sala limpa abrange. As Práticas Recomendadas e os Guias Técnicos auxiliam as partes da norma ISO 14644, em aspectos como ensaios de vestimentas, contagem de partículas, execução, limpeza e manutenção das salas, funcionamento dos tipos de filtros utilizados, dentre outros (WHYTE, 2013).

A NBR ISO 14644-1 (ABNT, 2005) classifica as salas limpas de acordo com a quantidade de partículas em suspensão no ar. A Tabela 1 utiliza os estudos e pesquisas mais atuais para apresentar as classificações de limpeza do ar para partículas em suspensão de acordo com a Equação 1.

$$C_n = 10^N \left[\frac{0,1}{D} \right]^{2,08} \quad (1)$$

em que:

- C_n é a concentração máxima permitida (em partículas/m³ de ar) de partículas em suspensão no ar que são iguais a, ou maiores que, o tamanho considerado de partículas. C_n é arredondado para cima, usando no máximo três algarismos significativos;
- N é o número de classificação ISO, que não deve ser maior que 9. Números de classificação intermediária podem ser especificados, sendo 0,1 o menor incremento permitido para N ;
- D é o tamanho considerado de partículas em μm ;
- 0,1 é uma constante com a dimensão de μm .

Tabela 1 – Classes de limpeza do ar para partículas em suspensão, selecionadas para salas e zonas limpas

Número de classificação ISO (N)	Limites máximos de concentração (partículas/m ³ de ar) para partículas iguais ou maiores que os tamanhos considerados (limites de concentração calculados com a Equação 1)					
	0,1 µm	0,2 µm	0,3 µm	0,5 µm	1 µm	5 µm
ISO Classe 1	10	2				
ISO Classe 2	10	24	10	4		
ISO Classe 3	1000	237	102	35	8	
ISO Classe 4	10000	2370	1020	352	83	
ISO Classe 5	100000	23700	10200	3520	832	29
ISO Classe 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
ISO Classe 7				352000	83200	2930
ISO Classe 8				3520000	832000	29300
ISO Classe 9				35200000	8320000	293000

NOTA Devido as relacionadas ao processo de medição, na definição da classe de limpeza não são utilizados mais que três algarismos significativos nos valores de concentração.

Fonte: ABNT, 2005

Todas essas classificações representam salas extremamente limpas, mas no que diz respeito as partículas microscópicas em suspensão no ar existem nove divisões, sendo a ISO Classe 1 a mais controlada delas (ABNT, 2005). A entrada e saída de ar podem ser feitas de várias formas, a entrada é feita a partir de filtros e a saída através de exaustores. A divisão deles ao longo da sala é feita a partir da necessidade de cada produto ou serviço, criando fluxos de ar verticais, horizontais, diagonais ou aleatórios.

2.4 DEFINIÇÕES

Algumas definições que estão presentes na ISO 14644, são de extrema importância para a compreensão do que ocorre nas fases de desenvolvimento de uma sala limpa, desde a fase de projetos, execução, manutenção até a limpeza. O Quadro 2 lista algumas definições importantes e os seguimentos da ISO 14644 das quais foram retirados.

Quadro 2 – Conceitos e definições

Norma	Conceito	Definição
NBR ISO 14644-1:2005	Sala limpa	Sala na qual a concentração de partículas em suspensão no ar é controlada; é construída e utilizada de maneira a minimizar a introdução, geração e retenção de partículas dentro da sala, na qual outros parâmetros relevantes, como, por exemplo, temperatura, umidade e pressão, são controlados conforme necessário.
NBR ISO 14644-1:2005	Zona limpa	Espaço exclusivo no qual a concentração de partículas em suspensão no ar é controlada; é construída e utilizada de maneira a minimizar a introdução, geração e retenção de partículas dentro da zona, na qual outros parâmetros relevantes, como, por exemplo, temperatura, umidade e pressão, são controlados conforme necessário.
NBR ISO 14644-1:2005	Partícula	Porção de matéria sólida ou líquida que, para o propósito de classificação da limpeza do ar, enquadra-se em uma distribuição cumulativa baseada em um tamanho limiar (limite inferior) no intervalo de 0,1 µm a 5 µm.
NBR ISO 14644-1:2005	Instalação	Sala limpa ou uma ou mais zonas limpas, incluindo todas as estruturas associadas, sistemas de tratamento de ar, serviços e utilidades.
NBR ISO 14644-3:2009	Fluxo de ar não unidirecional	Distribuição de ar na qual o ar insuflado na zona limpa mistura-se com o ar interno, por indução.
NBR ISO 14644-3:2009	Fluxo de ar unidirecional	Fluxo de ar controlado através de toda a seção transversal de uma zona limpa, com uma velocidade constante e linhas de fluxo aproximadamente paralelas.
NBR ISO 14644-1:2005	Estado de ocupação como construído	Condição na qual a instalação está completa, com todos os serviços interligados e funcionando, mas sem a presença de equipamentos de produção, material ou pessoal.
NBR ISO 14644-1:2005	Estado de ocupação em repouso	Condição na qual a instalação está completa, com equipamentos de produção instalados e operando de forma acordada entre o usuário e o fornecedor, mas sem presença de pessoal.
NBR ISO 14644-1:2005	Estado de ocupação em operação	Condição na qual a instalação está funcionando nas condições especificadas, com o número de pessoas presentes conforme o especificado e trabalhando de forma acordada.
NBR ISO 14644-4:2004	Limpeza (estado de)	Condição de um produto, superfície, dispositivo, gás, fluido etc. com um nível definido de contaminação.
NBR ISO 14644-4:2004	Comissionamento	Série de inspeções, ajustes e ensaios, planejados e documentados, realizados sistematicamente para colocar a instalação em operação técnica correta, conforme especificado.
NBR ISO 14644-3:2009	Dispositivo de separação	Equipamento utilizando meios construtivos e dinâmicos, a fim de criar níveis assegurados de separação entre o interior e o exterior de um volume definido.
NBR ISO 14644-7:2007	Meio escafandro	Dispositivo de acesso que mantém uma barreira efetiva enquanto possibilita que a cabeça, tronco e braços do operador entrem na área de trabalho do dispositivo de separação.

Fonte: Próprios autores, 2018

2.5 CONTAMINAÇÃO

O que impede que o ambiente continue limpo são as contaminações inseridas nele, com isso precisa-se entender quais são as principais fontes, as causas e como fazer para minimizá-las ou retirá-las do ambiente de trabalho. As fontes são divididas em dois grupos, fontes internas e externas, que são respectivamente caracterizadas por estarem dentro ou fora da sala limpa em questão, possuindo vias de transferência de contaminação, podendo ser pelo ar ou por contato (ASMONTEC, 2017a).

Deve-se entender que antes da sala limpa entrar no estado de ocupação em repouso ocorre uma ‘superlimpeza’, retirando as partículas que estão inseridas no local de trabalho, com isso as fontes internas serão originadas a partir das pessoas e desgastes dos materiais, equipamentos e produtos. Por exemplo, uma pessoa em estado de repouso, sentada e quieta, gera em torno de 100 mil partículas por minuto, movimentando seus braços, corpo e cabeça gera 1 milhão de partículas por minuto e andando gera em torno de 5 milhões de partículas por minuto, podendo até causar maiores níveis de contaminação interrompendo o fluxo de ar caso ela faça movimentos rápidos (WHYTE, 2013).

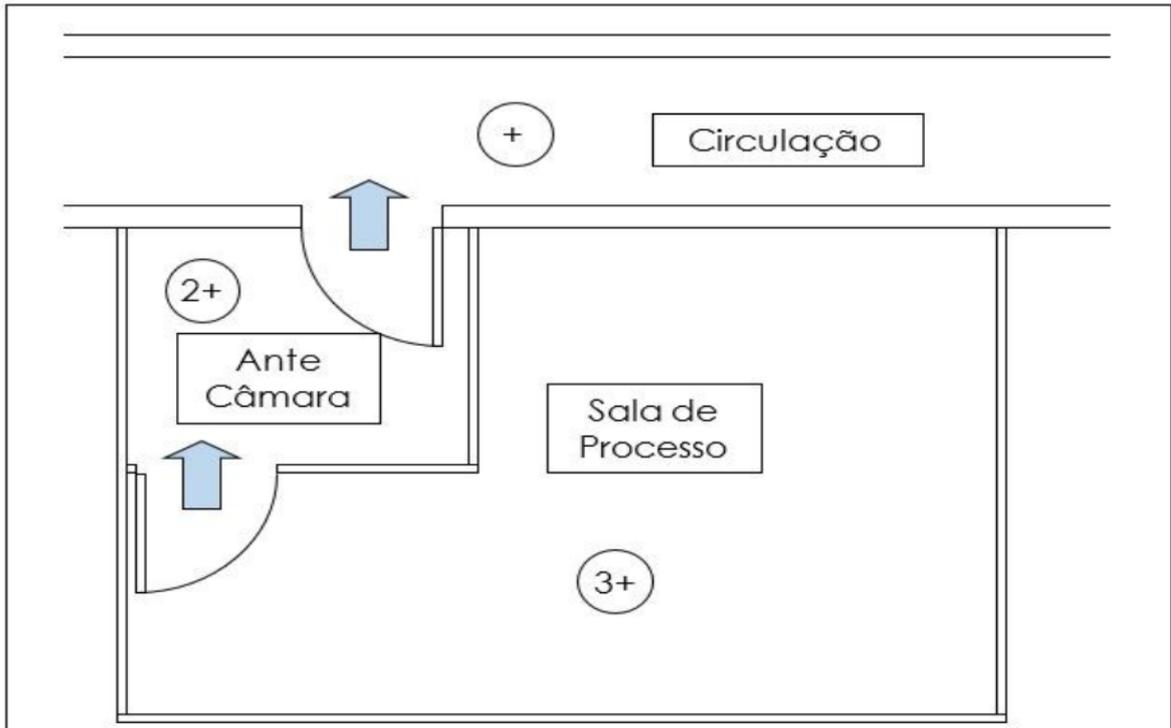
Conclui-se que as fontes internas de contaminação são a partir de pessoas e suas ações, e também de desgastes dos materiais e produtos. Fontes externas derivam-se de materiais que precisam entrar no meio de produção, em frestas existentes na estrutura e possíveis falhas no sistema de tratamento de ar. A contaminação também pode ocorrer do processo produtivo para o operário (ASMONTEC, 2017a).

Diferenças de pressões são essenciais para manter o controle de limpeza em ambientes, a Figura 7 apresenta um ambiente simples de salas limpas e diferenças de pressões para proteger o produto, em que existe uma sala de processo com pressão maior que a antecâmara, que por sua vez possui pressão maior que o corredor de circulação. Ou seja, sempre que uma porta for aberta o fluxo de ar irá ocorrer pra longe da sala de processo. Existindo ainda uma função de intertravamento nas portas da antecâmara (BRITTO, 2011).

A Figura 8 apresenta salas com diferenças de pressões, em que a sala de processo possui pressão menor que a antecâmara e a circulação, evitando que o produto contamine os outros ambientes, porém para que a antecâmara evite contaminação do corredor para a sala de processo quando a porta for aberta, esta deve possuir uma pressão maior que as demais, evitando que ao abrir a porta o fluxo de ar do corredor a invada. Esse tipo de sistema de pressão é com um quando não puder existir contaminação da sala de produção para o meio

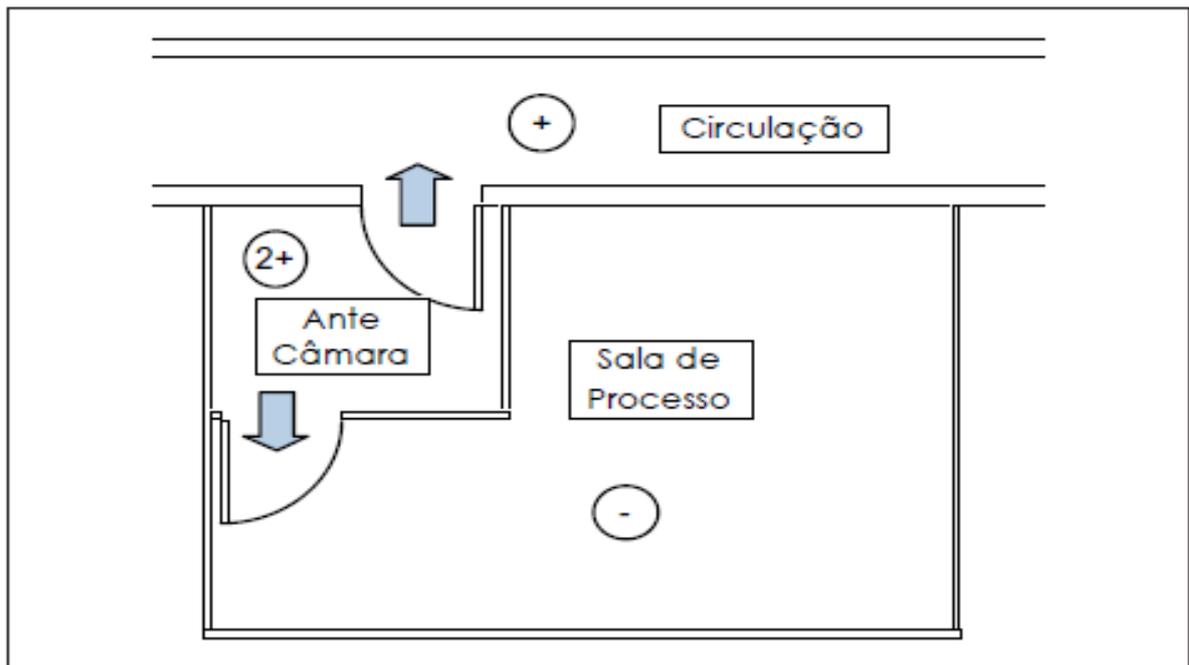
mais externo por ser tóxico, nem da circulação para o produto, para não afetar o desenvolvimento e a qualidade do mesmo (BRITTO, 2011).

Figura 7 – Diferença de pressões positivas



Fonte: BRITTO, 2011

Figura 8 – Diferença de pressões negativas



Fonte: BRITTO, 2011

Os meios de evitar e controlar as contaminações integram-se a partir de um excelente processo construtivo para evitar infiltrações do meio externo para o interno, com uma filtragem do ar conforme prescrito em projeto, comissionamento com o intuito de identificar problemas e observar se a sala continua atendendo aos valores pré-estabelecidos para o estado de ocupação em operação e disciplina adequada dos operadores com relação ao trabalho desenvolvido (WHYTE, 2013).

A maioria dos itens pessoais não podem ser utilizados em uma sala limpa devido a fatores de contaminação, dentre eles tem-se: comidas, bebidas, doces e chicletes; latas e garrafas; fumo; rádios, equipamentos de áudio pessoais, celulares, *papers*; jornais, revistas livros, lenços de papel, toalhas de papel e outros produtos de papel; lápis e borrachas; carteiras, porta moedas e outros itens similares; itens dentro dos bolsos, principalmente quando esses itens são acessíveis pelas roupas de salas limpas (ISODUR, 2017).

2.6 DISCIPLINA

A equipe que atua em uma sala limpa deve possuir treinamento técnico para permanecer em tal local, que depende da política adotada pela empresa, que varia do tipo de produto ou serviço desenvolvido (ASMONTEC, 2018a).

Normalmente, devem seguir alguns passos primordiais. Cada operador deve possuir uma higiene pessoal adequada, utilizar roupas feitas de fibras artificiais, pois elas dispersam menos partículas, evitar o uso de cosméticos e materiais que irão produzir partículas no ambiente da sala limpa (WHYTE, 2013).

Ao chegar em uma zona de pré-troca, os sapatos devem ser removidos ou limpos através de limpadores de sapatos de sala limpa, tapetes ou pisos adesivos e remover partes de suas roupas e adereços. Na zona de troca de vestimentas, deve-se colocar o macacão designado para o ambiente, a touca, as luvas, máscara e propés e/ou sapatos de sala limpa (WHYTE, 2013).

Obrigatoriamente, para colocar o propé ou o sapato de sala limpa é importante vestir cada um dos pés separadamente, em que o primeiro a ser vestido deve ser colocado na zona de entrada da sala limpa, passando por um banco divisor ou linha divisória, sequencialmente o outro pé é vestido e também colocado na nova zona. Atitudes como essas preservam a qualidade de limpeza dos ambientes seguintes, evitando assim maiores riscos de contaminação (WHYTE, 2013). A Figura 9 mostra um exemplo de zona de troca de vestimentas.

Figura 9 – Zona de troca de vestimentas

Fonte: Farmacêuticas, 2016

Ao realizar a entrada na sala limpa e desenvolver seu respectivo serviço, o comportamento do colaborador tem papel fundamental para evitar a contaminação no ambiente, iniciando desde o vestuário colocado de maneira correta, protegendo todo o corpo do indivíduo, até a maneira de se comportar e realizar suas atividades (ABNT, 2006).

As portas não podem ficar abertas ou serem fechadas rapidamente, devido as diferenças de pressões existentes entre os ambientes. Outro ponto importante é que o trabalhador deve estar atento a maneira como se posiciona ao receber e manusear as matérias primas e os equipamentos que lhes foram designados, já que podem ser contaminados (ABNT, 2006).

Não realizar trabalho com o corpo sobre os produtos. Um hábito que pode auxiliar na diminuição da contaminação é utilizar equipamentos com superfícies de contato menores sempre que possível para manusear a matéria-prima e o produto, porque isso faz com que o fator de contaminação entre as mãos dos operadores e o produto sejam reduzidos (ABNT, 2006). Na Figura 10 tem-se colaboradores realizando seu trabalho com vestimentas adequadas para uma sala limpa.

Ao tossir e espirrar a pessoa deve tomar cuidado para não liberar contaminação sobre o produto, devendo virar o rosto e trocar a máscara. As ações de conversar, tocar nas

superfícies de uma sala limpa, na pele exposta do rosto e apertar a mão de alguém para cumprimentar, também são práticas que devem ser evitadas (WHYTE, 2013).

Assim como os operários, os prestadores de serviço de manutenção também devem receber treinamento para obedecerem a política de cada empresa. Eles devem entrar em determinada área apenas com autorização e serem supervisionados quando não for possível receberem o treinamento técnico necessário de como se portar no ambiente em questão. Realizarem o mesmo processo de vestimentas que os demais, as ferramentas utilizadas dentro da sala devem estar em perfeitas condições de trabalho e limpeza, as embalagens dos materiais devem ser retiradas e os serviços que gerarem partículas serem realizados isoladamente das demais áreas, com o intuito de evitar a dispersão de partículas e limparem o local após concluírem o serviço (WHYTE, 2013).

Figura 10 – Colaboradores com vestimentas de sala limpa trabalhando



Fonte: Asmontec, 2018

Após a entrada e desenvolvimento de atividades, pode ocorrer de certo funcionário ter que sair e retornar para o ambiente, ou simplesmente deixar as instalações da empresa. As vestimentas descartáveis devem ser colocadas em local apropriado para descarte e as designadas para reutilizações colocadas em outro local para serem coletadas e levadas à lavanderia. Caso exista necessidade de reutilização das mesmas sem serem lavadas, precisam ser retiradas de forma que adquiram o mínimo de contaminação, ou seja, sem o toque das mesmas com superfícies de áreas menos limpas ou com elas mesmas, podendo ser utilizado sacolas individuais para guardar cada item (ABNT, 2006).

3 PAINÉIS ISOTÉRMICOS

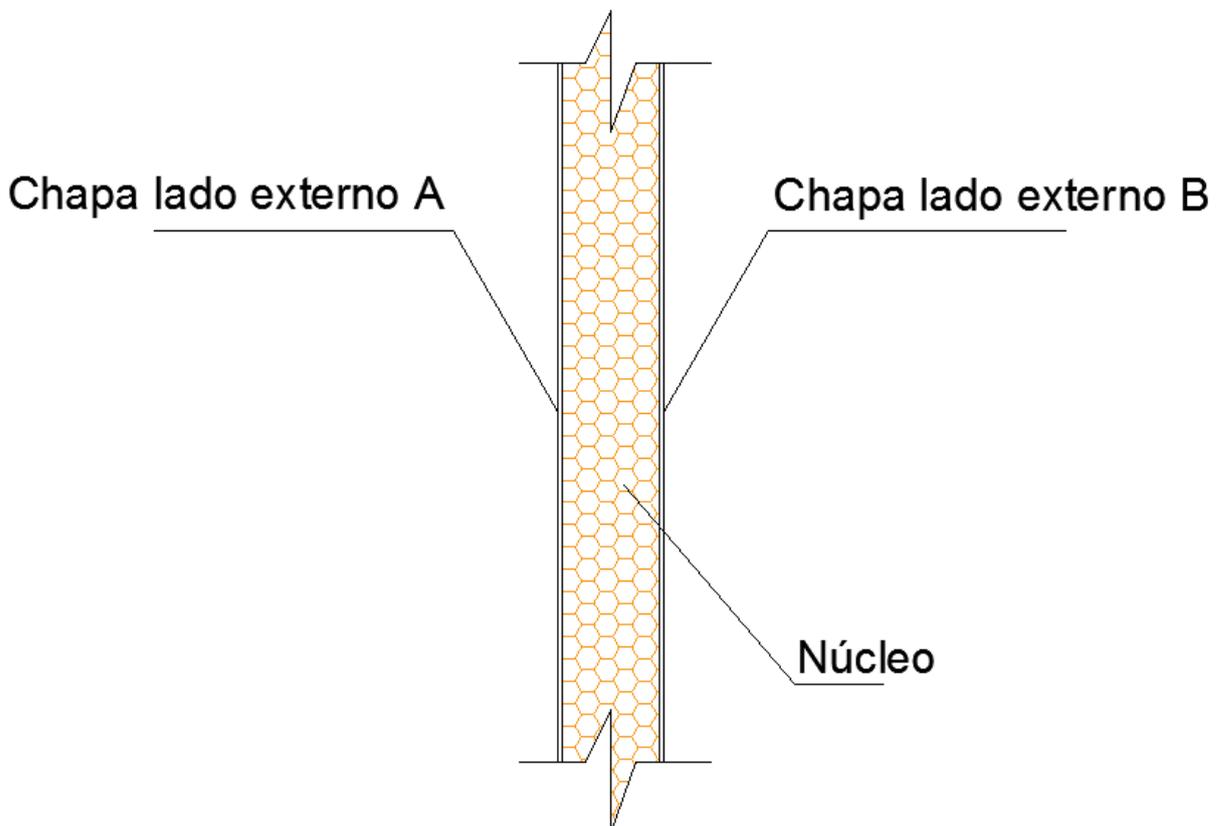
3.1 DEFINIÇÕES

Painéis isotérmicos surgiram no mercado de materiais e produtos devido a busca por agilidade e economia. São produtos pré-fabricados, que possuem um núcleo denso revestido em ambos os lados com chapas de aço galvanizado ou inox. Há diversas combinações para as chapas que revestem os painéis, com o intuito de melhor atender as necessidades do ambiente, tanto técnicas como financeiras.

Foi adotado para fins didáticos os tipos de painéis 1, 2, 3, 4 e 5 para poder explicar de maneira mais fácil os tipos das chapas que os constituem, conforme mostra o Quadro 3. A Figura 11 representa a vista interna de um painel explicando as chapas em volta do núcleo.

O Quadro 4 mostra os tipos de painéis com relação aos núcleos existentes apresentando suas características e aplicações.

Figura 11 – Corte da peça de painel



Fonte: Próprios autores, 2018

Quadro 3 – Tipos das chapas dos painéis que envolvem o núcleo

Tipos de painéis	Chapa lado A	Chapa lado B
1	Aço galvanizada pintada	Aço galvanizada pintada
2	Aço galvanizada pintada	Aço galvanizada sem pintar
3	Aço galvanizada pintada	Aço inox
4	Aço galvanizada sem pintar	Aço inox
5	Aço inox	Aço inox

Fonte: DânicaZipco; Isoeste 2018 (Adaptado)

Quadro 4 – Tipos de painéis em relação ao núcleo

Material	Características	Aplicação
PIR – Poliisocianurato	Espuma plástica rígida termofixa e inerte a temperatura ambiente	Edificações comerciais, industriais e habitacionais
PUR – Poliuretano	Espuma plástica rígida e inerte a temperatura ambiente	Edifícios comerciais, indústrias e cobertura de residências
LDR – Lã de Rocha	Núcleo isolante incombustível e ecologicamente correto	Ambientes com exigência de materiais não combustíveis
EPS – Poliestireno Expandido	Produção livre de emissão de gases nocivos à camada de ozônio (CFC)	Câmaras frigoríficas industriais e comerciais

Fonte: DânicaZipco, 2018 (Adaptado)

A Tabela 2 apresenta características dos núcleos dos painéis isotérmicos, as espessuras existentes, o coeficiente global de transmissão de calor, densidade e o vão máximo entre apoios. Ficando a critério de cada projeto qual tipo de núcleo utilizar.

A Equação 2 mostra como calcular o coeficiente global de transmissão de calor,

$$U = \frac{\Delta Q}{A \Delta T \Delta t} \quad (2)$$

em que

- U é o coeficiente global de transmissão de calor (W/m².K);
- ΔQ é a entrada ou perda de calor (J);
- A é a área de superfície de transferência térmica (m²);

- ΔT é a diferença na temperatura entre as áreas das superfícies (K);
- Δt é o período de tempo (s).

Tabela 2 – Características do núcleo

Material	Espessura (mm)	U – Coeficiente Global de transmissão de calor (W/m ² . K)	Densidade (kgf/m ³)	Vão máximo entre apoios (mm)
PUR/PIR	50	0,40	36 a 42	3200
	70	0,28		3700
	100	0,20		4450
	120	0,16		4850
	150	0,13		5300
	200	0,10		6000
LDR	50	0,66	80	2000
	100	0,33		3500
	200	0,16		4000
EPS	50	0,70	14,5	2500
	100	0,35		4000
	150	0,23		4600
	200	0,17		5500
	250	0,14		6000

Fonte: DânicaZipco, 2018 (Adaptado)

O Quadro 5 representa as cores existentes no mercado e seus respectivos nomes comerciais.

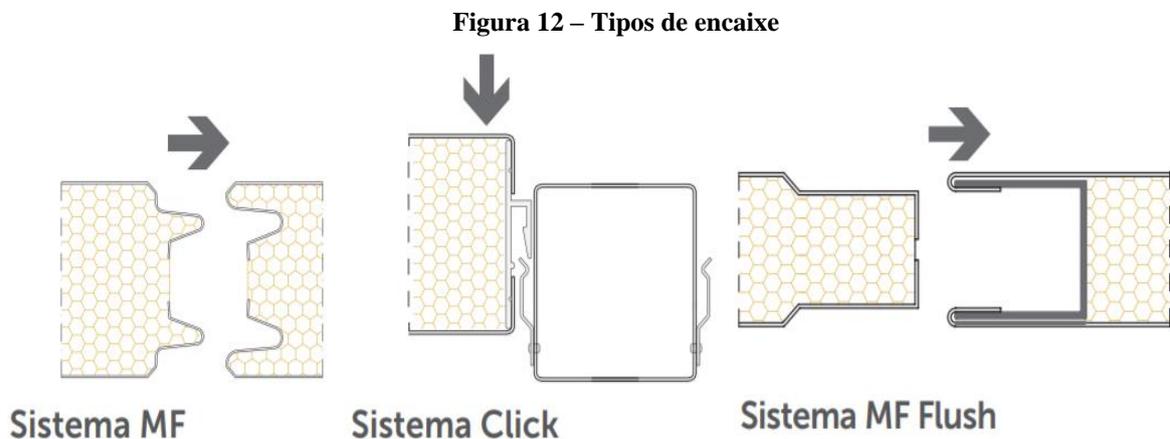
Quadro 5 – Tipos de cores

Nome comercial	Cor
Ral 9003	Branco
Ral 7035	Cinza
Ral 1015	Bege
Ral 5010	Azul

Fonte: Isoeste, 2018 (Adaptado)

As chapas que constituem os painéis isotérmicos utilizados em salas limpas seguem o padrão de três possíveis espessuras, 0,43 mm, 0,50 mm e 0,65 mm. Sendo a de 0,50 mm mais utilizada, por garantir segurança com relação a resistência e melhor custo benefício.

Os painéis isotérmicos possuem tipos de encaixes que facilitam na montagem dos ambientes, a Figura 12 apresenta os três tipos utilizados no mercado. O sistema macho-fêmea (MF) é o mais utilizado, possuindo para todos os tipos de núcleos. O sistema *Click*, tem sua junção feita por uma presilha *click*, como o próprio nome já diz. Os painéis LDR, podem possuir encaixe tipo macho-fêmea, mas também MF *Flush*, que possui uma estrutura reforçada em seu encaixe, já que estes painéis se caracterizam por serem menos resistentes que os demais (DÂNICAZIPCO, 2018).



Fonte: DânicaZipco, 2018 (Adaptado)

3.2 ASPECTOS GERAIS

Geralmente, os painéis são utilizados para climatização de ambientes ou em salas limpas, por serem ótimos termo isolantes devido as características de seus núcleos, podendo manter a temperatura do meio interno cerca de 10% menor em relação ao meio externo e por não liberarem nenhum tipo de resíduo (NETO, 2012).

Eles possuem diversas aplicações, podendo ser utilizados no lado externo do ambiente, como em fachadas, ou internamente, em divisões de salas que necessitam de assepsia ou não, ou ainda, em locais em que existe a necessidade de manter uma certa temperatura amena. Além dessas, são utilizados na fabricação de vários componentes de um ambiente limpo, como forros, portas, armários, bancadas, dentre outros.

Os painéis com núcleo PUR e PIR possuem melhor condutibilidade térmica do que painéis com núcleo em LDR e EPS. Quanto mais elevada é a densidade do núcleo, mais resistente será o painel (ISOESTE, 2018).

Com relação a alvenaria convencional, os painéis isotérmicos garantem uma obra mais limpa, gerando menos resíduos, devido a otimização, reaproveitamento dos mesmos e uma redução no peso da estrutura por serem mais leves. Caracteriza-se por um processo rápido e eficiente, ou seja, com menor prazo de execução, e reduz até 20% dos materiais gastos em comparação com as construções convencionais (NETO, 2012). Pois, após sua montagem, a parede se encontra acabada/pintada, já a alvenaria necessita de reboco, chapisco e pintura para seu acabamento.

Além de possuírem um acabamento arquitetônico de excelente qualidade e um *layout* mais flexível, proporcionam uma economia de espaço, já que são menos espessos do que muitos materiais construtivos utilizados na própria alvenaria convencional.

Possuem praticidade na montagem e facilidade na manutenção, porque as peças têm sistemas de encaixe e superfícies lisas e higiênicas. O canteiro desse tipo de construção é menor, ou seja, necessita de pouco espaço para instalação.

São ecologicamente corretos por serem livres de CFC (Clorofluorcarboneto), que é um gás nocivo a camada de ozônio e aos seres vivos. Além de possuírem ótima condutibilidade térmica, são ótimos isolantes elétrico e acústico. Em uma obra com sua utilização, existe uma redução no consumo de energia, já que os custos com equipamentos de climatização serão reduzidos, devido seu coeficiente global de transmissão de calor ser menor que outros sistemas de vedação. Eles podem ser adquiridos de acordo com a necessidade do projeto, limitando-se apenas ao transporte (DÂNICAZIPCO, 2018).

Existem desvantagens em relação aos paradigmas de conceitos que a sociedade imprime, a falta de interesse em inovar por parte de algumas empresas, escassez de incentivo do governo a inovação e ausência de incentivo a isenção de impostos.

3.3 FABRICAÇÃO

O processo de fabricação de painéis é feito com a utilização de uma máquina de produção contínua, composta por várias etapas. Inicia-se com o recebimento dos materiais que irão compor os painéis. As chapas de aço chegam em formas de rolos cilíndricos, os componentes do núcleo no estado líquido (MOURA, 2018).

A equipe de produção define qual tipo, espessura e tamanho dos painéis que irão ser produzidos. Colocam-se dois rolos de chapas nas desbobinadoras, em que um desses rolos fica na parte superior e o outro em uma parte inferior. As chapas são desenroladas e seguem um percurso passando por forno de pré-aquecimento, para que elas possam adquirir melhores características e fiquem paralelas (parte superior e parte inferior) (MOURA, 2018).

Existe a esteira de perfilação, nesse momento as chapas adquirem o formato que o painel terá, se será liso ou ondulado, dependendo das características já definidas pela equipe de produção. As partes externas das chapas, ou seja, no lance inferior a parte de baixo, no lance superior a parte de cima, recebem um filme protetor. A chapa inferior pode receber um adesivo do fabricante, ou o formato que irão ter as laterais dos painéis, definindo nesse momento a espessura dos mesmos. Injeta-se o núcleo sobre a chapa inferior, em forma de *spray*, espalhando-o transversalmente em relação ao sentido que a chapa caminha na esteira (MOURA, 2018).

Nesse momento as partes superior e inferior estão se aproximando e o líquido do núcleo começa a expandir-se, com o encontro das chapas em certa espessura, passando por uma prensa contínua, que possibilita boa adesão do núcleo com as chapas e conseqüentemente solidificação do núcleo (MOURA, 2018).

Os painéis já estão com os formatos prontos, precisando apenas serem cortados para definirem seus comprimentos. O sistema de corte é automatizado, a parte do maquinário que realiza o corte espera a quantidade de espaço definida passar por ela, depois acompanha o sistema de produção realizando o corte transversal, após o corte ela retorna ao ponto inicial, repetindo o processo. O próximo passo é armazenar os painéis, podendo também epilhá-los e enrolar uma quantidade em papel filme para transporte e armazenamento (MOURA, 2018).

4 PROCESSO CONTRUTIVO

O processo construtivo inicia-se com o planejamento dos empresários a partir do produto ou serviço que irão desenvolver. Juntamente com projetistas de salas limpas, técnico da área do produto ou serviço, arquitetos, engenheiros civis e mecânicos, estruturam as dependências de trabalho da empresa.

Não pode-se definir o que fazer primeiro, deve ter uma noção geral de como ficará toda a edificação final. Normalmente constrói-se os galpões principais, para que as salas limpas sejam divididas internamente, mas também existem casos em que os galpões já estão edificados e o projeto de salas limpas deve ser adequado as dimensões pré-existentes.

Define-se o *layout* e os materiais de construção necessários, em conformidade com as normas e práticas recomendadas. A ISO 14644 apresenta em suas partes como desenvolver os projetos e a construção, os ensaios que devem ser feitos para verificar se os ambientes atendem a classificação para qual eles foram projetados.

Cada produto ou serviço irá definir o tipo de sala limpa que a empresa deverá ter, as diferenças de pressões nos ambientes e todos os fatores que culminam em uma boa integração das etapas do desenvolvimento do trabalho que a empresa realiza. Após os estudos e análises referentes aos tipos de salas que irão preencher as dependências da empresa e a definição da qualidade de limpeza de cada ambiente, terminam-se os projetos básicos, direcionando para o orçamento, que por sua vez direciona ao projeto executivo e só então para a execução.

Dentro dos galpões irão inserir o tipo de piso adotado, sendo muito utilizados pisos vinílicos. O foco é a utilização de painéis isotérmicos em paredes e forros. Com a ideia de todas as superfícies serem lisas ou arredondadas para minimizar a concentração de sujeiras e partículas, são colocados os perfis arredondados na parte inferior, superior e cantos no interior das salas. Todos os locais onde ocorrem encontro de peças, é colocado silicone para que a vedação fique cada vez mais perfeita.

São instalados os pontos de acesso e visualização. O ambiente pode ser projetado para possuir antecâmaras, vestiários, locais de troca de roupa, corredores de acesso, locais de armazenamento de produtos e vários outros modelos. Com isso, a ideia geral continua, sempre são instalados os pisos, as paredes, com seus respectivos componentes, sejam eles visores, portas, caixas de passagem, painéis removíveis para o caso de precisar passar equipamentos maiores, dentre outros.

Os forros são instalados com suas estruturas de sustentação, e os acabamentos são feitos ao longo de todo perímetro da sala limpa, isolando-a do meio externo, com isso são retirados os plásticos protetores dos materiais que edificam a sala limpa.

São instalados o sistema de tratamento de ar, os difusores e filtros de ar, os exaustores e componentes afins da UTA. Existindo assim ambientes de trabalho externos às salas limpas, denominados áreas técnicas.

Com isso, tem-se toda a edificação de ambientes limpos executada. Realiza-se uma ‘superlimpeza’ dos ambientes. Existem diversos tipos de comissionamento que devem ser realizados, o primeiro deles é no estado de operação como construído, o segundo em repouso e o terceiro em operação. Sendo que o terceiro deve possuir uma realização ao longo do tempo, por prazos especificados pelo memorial técnico que acompanha o projeto executivo.

4.1 COMPONENTES DE SALA LIMPA

4.1.1 Piso

Piso, em construções, é um elemento arquitetônico que suporta cargas e movimentações. Em salas limpas existem os pisos provenientes da construção em si, que são revestidos por mantas de material epóxi, com o intuito de criar contato entre o piso e os operadores e máquinas, propiciando um grau de limpeza elevado (SOLEPOXY, 2016).

Os revestimentos a base de resina epóxi foram ganhando o mercado da construção civil por sua capacidade de aderência, surgindo empresas especializadas na formulação e aplicação dos mesmos. A ANVISA cada vez mais rigorosa em suas exigências, fez com que esses revestimentos se tornassem a primeira opção em utilização nas áreas industriais farmacêuticas, alimentíciaa, hospitalares, dentre outras (SOLEPOXY, 2016).

Assim como as demais estruturas, o piso não trabalha sozinho, logo ele e seu revestimento sofrem grandes solicitações, sejam elas mecânicas ou químicas, e o seu bom funcionamento depende da estrutura sobre a qual ele é instalado/aplicado e da área externa a ser revestida. A NBR 14050 estabelece/define que os revestimentos de alto desempenho tem como objetivo proteger substratos de concreto ou metálico, resultando em acabamento final resistente aos ataques químicos e às solicitações físicas (ABNT,1998).

A espessura do revestimento a ser utilizada é de suma importância, pois algumas áreas necessitam de uma absorção de impactos maior que as demais, tendo a necessidade de um revestimento mais espesso. Da mesma forma que, se o substrato sobre o qual o piso será

instalado estiver muito desuniforme, o revestimento deverá ser mais denso para regularizar as imperfeições e ainda garantir as especificações solicitadas (PAPE, 2010).

Para garantir a higienização e assepsia do ambiente, a textura deve ser lisa evitando o acúmulo de partículas e facilitando a limpeza. Em salas molhadas é comum considerar superfícies mais rugosas com relação as demais por questões de segurança. Porém essas salas ainda devem assegurar que a limpeza seja eficaz (PAPE, 2010).

O equilíbrio entre as especificações técnicas exigidas pelo ambiente e a estética também devem ser levadas em consideração. E em salas onde há muitos materiais, objetos, equipamentos ou ainda, um tráfego maior de pessoas, os revestimentos devem ser mais resistentes a abrasão (PAPE, 2010).

Como pode-se observar, existem várias características técnicas a serem atendidas, por isso há tipos diferentes de revestimentos, basicamente são divididos em três, sendo eles:

- **Autonivelante:** proporciona uma superfície extremamente lisa, o que conseqüentemente leva a uma superfície fácil de se limpar. É de rápida aplicação e possui uma boa planicidade quando bem aplicado. Não possui boa resistência a riscos, a impactos possuem média resistência e não é recomendado para áreas úmidas. Em pouco tempo já se apresenta desgastado com relação aos demais (PAPE, 2010);
- **Espatulado e Argamassados:** possui alta resistência a impacto e abrasão, com uma durabilidade longa e de fácil manutenção. É um revestimento com argamassa e pintura de acabamento. É mais rugoso, podendo gerar uma estrutura porosa, porém se bem selado com uma pintura de alta espessura os poros são eliminados e assim poderão ser usados em salas limpas (PAPE, 2010);
- **Multicamadas (*Multilayer*):** é o mais comumente utilizado por possuir alta resistência a impactos e riscos. Tem longa durabilidade, fácil manutenção, texturas e acabamentos variados. Apesar de sua espessura variar pouco, seu revestimento é feito com várias camadas, por isso sua aplicação demanda um período maior de tempo (PAPE, 2010).

A Figura 13 apresenta o exemplo de piso mais utilizados em salas limpas, que são pisos do tipo epóxi multicamadas.

Figura 13 – Piso multicamadas

Fonte: F7 Tecnotérmicos, 2018

4.1.2 Paredes

Paredes caracterizam-se por serem responsáveis por divisão ou vedação de ambientes, dependendo do caso possuem função estrutural, suportando cargas e transferindo-as ao elemento estrutural em que apoiam-se.

Em ambientes limpos e controlados é recomendado a utilização de painéis isotérmicos para a função de paredes ao invés de alvenaria convencional, por causa da facilidade de limpeza e manutenção, e a não liberação de partículas devido as chapas serem galvanizadas com pintura eletrostática ou inox (ASMONTEC, 2017b).

A Figura 14 representa a disposição de uma parede constituída por painéis isotérmicos e cantos arredondados, onde os pilares existentes também são envolvidos por painéis evitando superfícies rugosas.

Figura 14 – Parede constituída com painéis isotérmicos



Fonte: Próprios autores, 2018

4.1.3 Forro

Forro é um elemento das construções que pode possuir como intuito o revestimento de instalações elétricas, hidráulicas ou simplesmente para aderir beleza ao ambiente. Em salas limpas, se dividem basicamente em duas opções, que seriam a de forro leve ou autoportante (PAPE, 2010).

Sendo forro leve aquele que apenas sustenta sua própria estrutura e o autoportante além de suportar sua própria estrutura, também resiste a esforços inseridos sobre ele, por operadores e maquinário, definindo-se então um espaço localizado na parte superior das salas limpas como área de manutenção técnica (PAPE, 2010).

Também são recomendados a utilização de painéis isotérmicos para a constituição dos forros de ambientes limpos, pois possuem excelente resistência a compressão, tração e flexão. São dispostos horizontalmente podendo ser apoiados nas paredes ou sustentados por pendurais que os conectam a estrutura particular interna ou do galpão em si. Quando são sustentados pelas paredes denominam-se forro por sala, e quando são sustentados apenas por pendurais, sem as paredes como elemento de sustentação, pano único.

A Figura 15 apresenta a disposição dos painéis isotérmicos em um forro pano único que sustenta sua estrutura e cargas sobre ele, localizado nas zonas limpas de uma indústria farmacêutica.

Figura 15 – Forro pano único



Fonte: F7 Tecnotérmicos, 2018

4.1.4 Portas

Portas são pontos de acesso dispostos dentro das paredes de vedações e/ou divisões de ambientes que permitem a passagem de pessoas. Em salas limpas existem vários tipos de portas. Elas dividem-se principalmente em relação as dimensões e os materiais construtivos. As mais utilizadas em salas limpas são confeccionadas a partir de painéis isotérmicos.

Estas devem possuir excelente vedação em suas extremidades, pois são utilizadas em salas com pressões positivas e negativas, onde uma grande saída de ar pode interferir no sistema de tratamento de ar, provocando a contaminação do produto ou do meio, ocasionando gastos adicionais para manter o controle e classificação de limpeza de certo ambiente.

Um exemplo que define bem a complexibilidade de tipos de salas limpas e aplicações de portas, são em ambientes frigoríficos, onde as vedações das portas devem possuir resistência elétrica com intuito de aquecimento das extremidades, para que não ocorra o efeito físico de congelamento e conseqüentemente a porta não danifique-se. Outra particularidade a ser considerada é que as mesmas podem possuir visores ou não.

O mercado de portas para salas limpas, assim como o de painéis isotérmicos, possuem padrões de cores e dimensões, geralmente esse padrão é comum entre as fábricas, assim como as características de vedação e estruturação são semelhantes de um fabricante para outro.

As Figuras 16 a 20, apresentam as portas mais usuais em salas limpas. É importante ressaltar que o projeto de sala limpa pode necessitar de uma porta com características especiais, porém o padrão de estanqueidade deve ser atendido da mesma forma que as demais.

Figura 16 – Porta dupla e simples Ral 5010 (Azul)



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 17 – Porta de saída de emergência Ral 9003 (Branca)



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 18 – Porta simples Ral 9003



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 19 – Porta dupla em aço inox



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 20 – Porta de correr em aço inox



Fonte: F7 Tecnotérmicos, 2018

4.1.5 Visores

Em um sistema produtivo unificado e de extrema qualidade e limpeza do ambiente, não é recomendável que diversas pessoas fiquem entrando e saindo de salas de trabalho com alta frequência. Mas existem casos que é necessário a observação de outros sistemas de produção para controle, fiscalização ou acompanhamento do processo (ISODUR, 2016b).

Processos repetitivos com escala de produção e grandes jornadas de trabalho para os operários, faz que sejam necessários a utilização de pontos de visualização, para que os fiscais e outros operadores que estiverem passando pelo lado externo da sala possam observar se está tudo bem com os trabalhadores que estão no lado interno juntamente com a esteira de produção. Os visores constituem as salas limpas gerando visualização entre os meios, permitindo comunicação visual. São constituídos por dois vidros paralelos, que variam de espessura e dimensões dependendo da necessidade de cada empresa. Como ponto de visualização também temos apenas uma peça de vidro separando dois ambientes, dependendo também do projeto e custo de cada empresa.

Para definir o modelo dos visores ou vidros, os projetistas e técnicos das áreas industriais primeiramente devem definir os locais que necessitam da implementação dos mesmos. Devem analisar o tipo de salas que irão dividir, principalmente em quesitos de umidade e limpeza do ar. Observar se no local onde se deseja os pontos de visualização são paredes feitas com painéis isotérmicos, alvenaria convencional, portas, dentre outros casos. As Figuras 21 e 22 representam as dimensões mais usuais de visores.

Figura 21 – Visor de 950 x 950 x 50 mm



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 22 – Visor de 2000 x 950 x 50 mm



Fonte: Próprios autores, 2018

4.1.6 Antecâmaras

Antecâmaras são salas que precedem ambientes de produção, com intuito de aumentar o grau de limpeza das salas mais internas em relação ao processo produtivo. Elas podem ser de materiais ou pessoas. As portas de uma antecâmara devem ser intertravadas, ou seja, para que a passagem ao ambiente de trabalho seja realizada, o operador deve entrar na antecâmara, fechar a porta de entrada e só então poderá abrir a porta de entrada a sala de produção (ASMONTEC, 2018b). A Figura 23 apresenta os dois tipos de antecâmaras existentes: de materiais e pessoas.

Figura 23 – Antecâmaras de materiais e pessoas



Fonte: Próprios autores, 2018

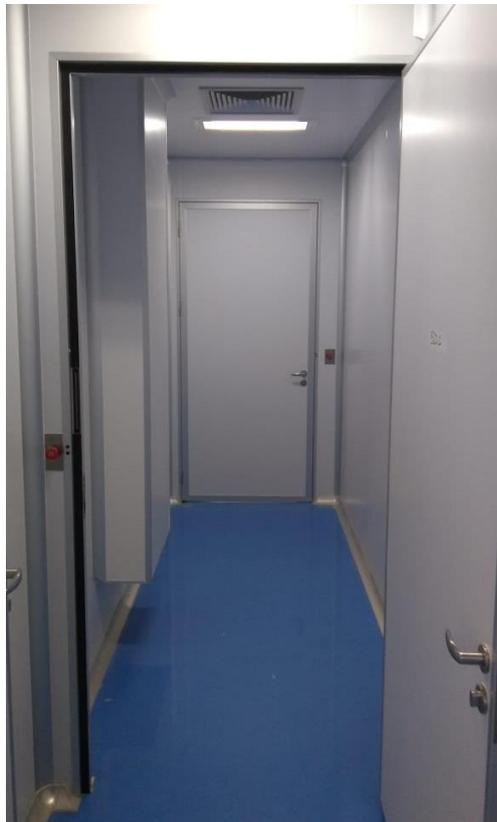
Em alguns casos, quando a pessoa entra em uma antecâmara, o sistema de tratamento de ar regulariza as diferenças de pressões entre as salas, para só então ser liberada a abertura da segunda porta (WHYTE, 2013). São dotadas de sistema de sinalização indicando se a porta poderá ou não ser aberta, e de travas de segurança para que caso haja alguma eventualidade o sistema de intertravamento seja desligado (DÂNICAZIPCO, 2018). A Figura 24 mostra o sistema de sinalização utilizado e botoeiras de emergência, já na Figura 25 observa-se a vista interna de uma antecâmara de pessoas.

Figura 24 – Sistema de sinalização e botoeiras de emergência de uma antecâmara



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 25 – Vista interna de uma antecâmara de pessoas



Fonte: Próprios autores, 2018

4.1.7 Dispositivos de separação

Os dispositivos de separação utilizados em salas limpas são definidos como espaços internos mais limpos do que a sala que está inserida. Ou seja, são ambientes que devido a novos fluxos possuem classificação de limpeza do ar superior a da própria sala que ele se aloja (ABNT, 2007).

Esses dispositivos, normalmente, são isoladores, sistemas de barreira de acesso restrito e miniambientes.

- Isoladores: tem como finalidade proteger o produto do meio ou o meio do produto, caso este seja tóxico. São dispositivos com pressões negativas ou positivas com relação a sala em sua volta. Isolam totalmente o meio de produção e a pessoa que manipula o produto dentro desses isoladores necessita de flanges para luvas ou meio-escafandros (WHYTE, 2013);
- Sistemas de barreira de acesso restrito: mais simples que os isoladores, possuem portas de acesso ao produto. O fluxo de ar não se difere tanto entre os ambientes. Sempre é necessário realizar-se a limpeza do local antes de iniciar o próximo lote a ser produzido (WHYTE, 2013);
- Miniambientes: é constituído basicamente por um fluxo unidirecional sobre o produto e nas demais áreas possuir um fluxo menor, fazendo com que haja uma barreira separando o produto dos demais componentes, evitando a contaminação (WHYTE, 2013).

4.1.8 Caixas de passagem

As caixas de passagem, chamadas no mercado de *Pass-throughs*, fazem parte do ambiente de salas limpas. Possuem como objetivo a transferência de materiais entre um ambiente e outro, buscando aprimorar a qualidade de limpeza tanto dos materiais quanto das salas. Possuem as portas intertravadas para que os ambientes não conectem-se diretamente (ASMONTEC, 2017c).

Pode-se verificar que as caixas de passagem possuem as mesmas características que as antecâmaras de materiais, porém, com dimensões menores. Podem ser fabricadas de acordo com a necessidade de cada ambiente, por isso, é necessário ter definido o processo produtivo, para que conseqüentemente seja definido o material a ser transferido de um local para outro

através delas (ASMONTEC, 2018b). A Figura 26 apresenta um *pass-through* de *shaft* com dutos do sistema de tratamento de ar internos e alçapão técnico para manutenção desses dutos.

Figura 26 – Pass-through de shaft



Fonte: F7 Tecnotérmicos, 2018

4.1.9 Unidades de tratamento de ar

Em salas limpas todos os elementos estruturais constituintes, maquinário, pessoas e produtos influenciam na qualidade do ar, ficando a tarefa de desenvolver os fluxos existentes no meio, com inserção de ar limpo e filtrado ao sistema de tratamento de ar. Tem como funções principais a captação de ar externo (fresco), UTA, inserção de ar filtrado nas áreas de produção, extração do ar sujo da sala, tratamento do ar a ser descartado e retorno de certa quantidade de ar para a UTA (recirculação) (ANVISA, 2013).

A captação de ar externo é uma atividade que exige atenção dos projetistas, pois recomenda-se que o duto que aspira o ar externo deve ser posicionado em locais que não possuam fontes de contaminação, tais como ruas sem calçamento, chaminés, escapes de motores de combustão e de pontos que ocorrem o descarte de ar contaminado de outras áreas produtivas (ANVISA, 2013).

A unidade de tratamento de ar (UTA) desenvolve as atividades relacionadas a circulação de ar no ambiente, sendo estruturada por dutos conectores, tanto das etapas de captação do ar externo, inserção e extração do ar na sala limpa. Pode ser composta por

sistemas de aquecimento e arrefecimento, sistemas de filtragem, ventiladores mecânicos e componentes que permitem o controle de pressão, temperatura e umidade do ar no ambiente interno de produção (ANVISA, 2013). A Figura 27 mostra os dutos de ar condicionado montados sobre o forro.

Figura 27 – Dutos de ar condicionado montados sobre o forro



Fonte: Próprios autores, 2018

O tratamento de ar é realizado por filtros, muitas vezes dispostos em série para que as partículas maiores sejam filtradas nos primeiros filtros, normalmente de custo inferior, e as partículas menores filtradas pelos filtros de alta eficiência que são mais caros. Tanto o ar captado do meio externo, o ar que será recirculado, quanto o ar que será descartado, devem passar por processos de filtragem com o intuito de proteção ao produto, condições de conforto e segurança aos operadores e proteção ao meio ambiente de contaminantes resultantes do processo desenvolvido pela respectiva indústria (ANVISA, 2013).

O sistema de tratamento de ar deve seguir normas técnicas, tais como a NBR 16401 (ABNT, 2017), ISO 14644 (ISO, 2018), ISO 14698 (ISO, 2003) e outros materiais de regulamentações e boas práticas em ambientes limpos. Deve ser realizado monitoramentos nos ambientes limpos, com o intuito de localizar partículas não viáveis, desenvolvimento de micro-organismos e analisar se a sala limpa atende aos requisitos para qual foi projetada. Os

monitoramentos são constituídos por testes e investigações no ambiente de trabalho, para que sejam introduzidas ações preventivas e corretivas (ANVISA, 2013). A Figura 28 mostra parte dos dutos de uma futura área limpa montados.

Figura 28 – Dutos de ar condicionado em fase de montagem



Fonte: Próprios autores, 2018

4.2 MONTAGEM DOS PAINÉIS ISOTÉRMICOS

Os projetos de sala limpa possuem particularidades estéticas, sendo necessário esconder o máximo de “emendas” de painéis, ou seja, encontros de painéis em sua largura útil, ou distribuí-las simetricamente nas salas. Antes de iniciar qualquer montagem, é necessário fazer a compatibilização dos projetos executivos de todas as disciplinas e verificar se existem interferências e resolvê-las. Deve-se realizar uma análise da área, verificar se as medidas do galpão são as mesmas indicadas em projeto para que só assim seja iniciado o processo de montagem (CARMO, 2018).

Para desenvolver a construção de ambientes limpos e controlados existem inúmeros tipos de serviços, dentre eles a montagem dos painéis isotérmicos configura-se por ser rápida e de excelente qualidade. Os painéis isotérmicos compõem, normalmente, as paredes e os forros. Sendo toda sua estruturação e montagem possível de duas formas. Uma delas, montar o forro primeiro e depois as paredes, e a outra montar as paredes e depois o forro. A opção preferível é a primeira, pois assim o processo de montagem ganha agilidade e eficiência, mas

a definição de qual utilizar dependerá da necessidade do cliente e viabilidade do local (CARMO, 2018).

Se o local tiver a disponibilidade de espaço e construções concomitantes, a montagem do forro primeiro que as paredes será escolhida. Com isso, elas não terão finalidade de suportação, tornando mais fácil uma futura mudança no *layout* sem altera es nos componentes de suporta o do forro (CARMO, 2018).

Caso o local não possua espaços bons para execu o como a distância entre o forro e laje superior ou o teto propriamente dito, desenvolvem-se todas as paredes e tubula es de utilidades, do sistema de tratamento de ar, dentre outras, que ficarão sobre o forro para só depois realizar o fechamento da estrutura com o forro propriamente dito. A distância entre o forro e a parte superior do galpão ou prédio   muito importante, pois irá configurar uma área técnica, onde os colaboradores irão utilizar para fazer manuten o dos sistemas l  existentes (CARMO, 2018).

O mais comum entre as indústrias   a montagem de forro pano único que possui a laje ou qualquer outra estrutura superior como sustentan o, ou seja, a parte superior do andar que será desenvolvido as salas limpas receberá a estrutura de fixa o do forro que ficará abaixo da laje e acima do piso (CARMO, 2018). A Figura 29 mostra claramente a área técnica entre o forro caminhável e a laje, e a fixa o do forro na laje com o próximo pavimento.

Figura 29 – Vista entre forro e laje

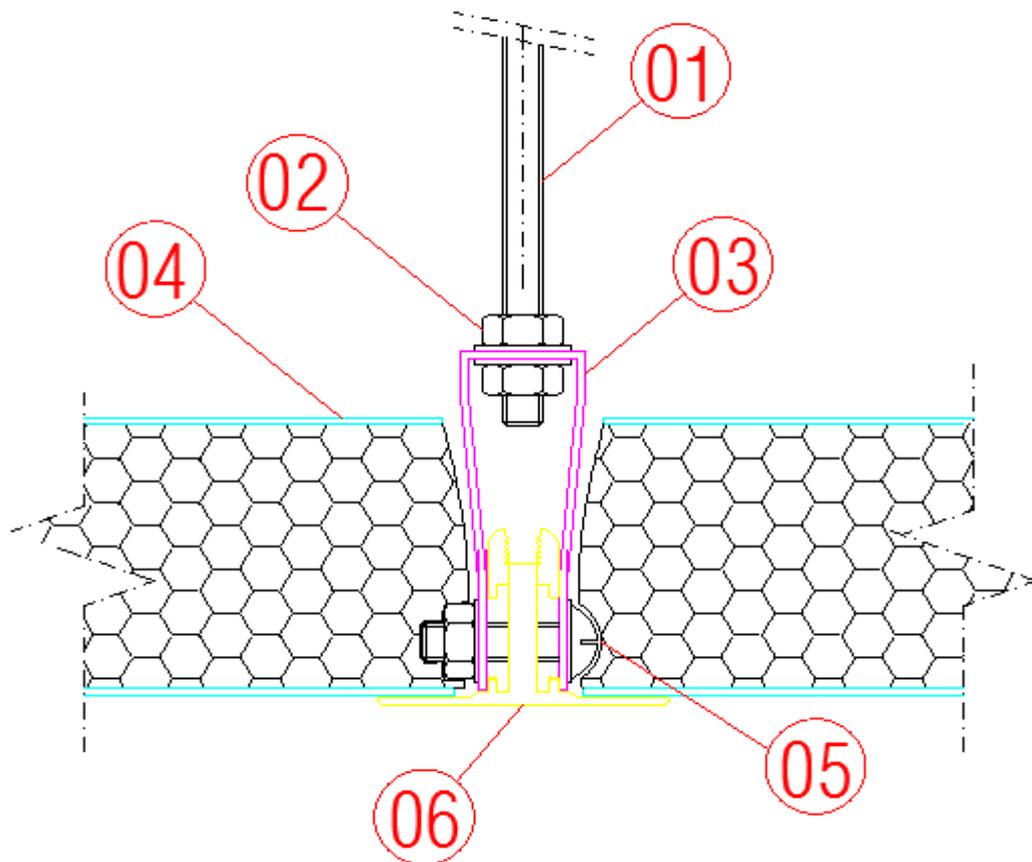


Fonte: Próprios autores, 2018

Na montagem do forro, inicialmente, verifica-se o esquadro do galpão, ou seja, jogam-se as linhas em duas paredes transversais da edificação, formando um “L”. Confere-se com um esquadro de mão se as mesmas estão perpendiculares. Isso é importante para que as marcações de fixação dos suportes sejam alinhadas, mesmo que o galpão não esteja (CARMO, 2018).

Realiza-se a marcação do piso para conferir se as emendas de placas de forro realmente coincidem com as dimensões das salas de acordo com o projeto. Começa-se a paraboltar a laje para prender os varões roscados e fixar os perfis “T” nas distâncias indicadas em projeto, conforme a Figura 30 (CARMO, 2018).

Figura 30 – Detalhe perfil “T”



Fonte: Próprios autores, 2018 (Adaptado)

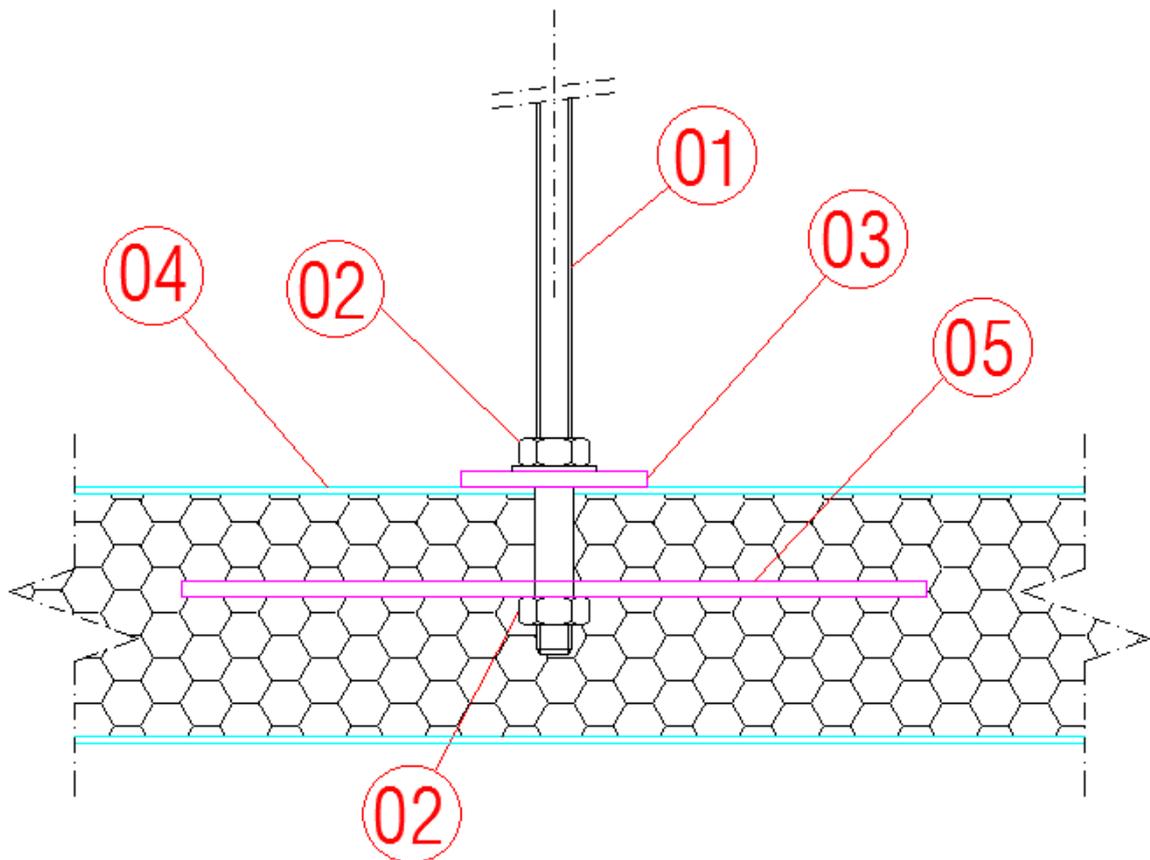
Em que:

- 01 é o varão roscado;
- 02 é o conjunto porca-arruela;
- 03 é um perfil de conexão entre o perfil “T” e o varão roscado;

- 04 é o painel isotérmico;
- 05 é o conjunto parafuso, porca e arruela;
- 06 é o perfil “T”.

Faz-se o corte no núcleo do painel para inserir as chapas quadradas, chamadas bolachões. Essas placas devem ser inseridas a uma distância maior da chapa do painel que ficará voltada para a área limpa da sala, evitando avarias na parte inferior do forro, de acordo com a Figura 31. Começando a encaixar um painel isotérmico ao outro, de forma horizontal (CARMO, 2018).

Figura 31 – Detalhe pendural



Fonte: Próprios autores, 2018 (Adaptado)

Em que:

- 01 é o varão roscado;
- 02 é o conjunto porca-arruela;
- 03 é uma chapa quadrada de aço, para garantir melhor pressão no painel;
- 04 é o painel isotérmico;

- 05 é o bolachão.

A chapa quadrada inserida no núcleo entre dois painéis para suporte de sustentação do forro possui um curto varão roscado preso a ele, este é conectado por um conector de aço, que varia de empresa para empresa, geralmente usa-se um perfil “U” enrijecido, para conectar o varão roscado que já está preso a laje com o curto varão roscado preso ao bolachão (CARMO, 2018).

É importante sempre verificar se as porcas e arruelas usadas nos conectores, varões roscados e chapa quadrada estão bem travados, pois elas garantem que o forro esteja bem estruturado para ser caminhável. O intuito do conector de aço é gerar uma melhor adequação entre a torção já realizada conectando o *parabolt* e o varão roscado que conecta o painel conforme Figura 32 (CARMO, 2018).

Figura 32 – Perfil “U” enrijecido conectando os varões roscados paraboltados na laje e no bolachão



Fonte: Próprios autores, 2018

Esses suportes de sustentação, chamados kits pendurais, são distribuídos a cada dois metros na direção vertical e a cada um metro e dez centímetros na direção horizontal de cada placa, sempre em relação a largura útil do painel. Esses espaçamentos entre os pendurais prezam a segurança e confiabilidade da estruturação do forro. Da mesma forma que os kits

pendurais, os kits de sustentação para o perfil “T” também possuem uma distância máxima para distribuição, estes são utilizados onde existe o encontro de dois ou mais painéis em sua largura útil (CARMO, 2018).

É importante ressaltar que para a montagem do forro é necessário a utilização de plataformas elevatórias e andaimes, pois supõe-se que o pé direito do piso até a laje seja grande o suficiente para que após a instalação do forro conforme projeto a distância entre o forro e a laje seja adequada para a locomoção de operadores para a instalação/montagem de outras disciplinas, ou até mesmo manutenção no próprio forro (CARMO, 2018).

É viável que o piso final do ambiente limpo, piso epóxi, ainda não tenha sido feito, recomendando-se a instalação apenas após a finalização do forro para evitar desgastes e perfurações no mesmo. A Figura 33 apresenta o posicionamento do forro em relação a laje e ao piso, evidenciando o espaço adequado para circulação de pessoas sobre o forro (CARMO, 2018).

Figura 33 – Posicionamento do forro em relação a laje e ao piso



Fonte: Próprios autores, 2018

Após liberação de cura do piso de sala limpa, inicia-se o processo de montagem de divisórias. Verifica-se o esquadro do local, novamente, para realizar a locação das paredes no

piso. Instala-se o perfil guia pelo perímetro das salas, fixando-o com parafusos e buchas, realiza-se o isolamento do piso afim de evitar qualquer dano por parte da montagem dos painéis. Antes de realizar a fixação do perfil guia é necessário verificar onde serão os vãos das portas e dos painéis técnicos, para que nesses locais não existam perfurações no piso. Os painéis recebem furos ao longo de seu interior para a passagem de eletrodutos de acordo com o projeto. A Figura 34 mostra o piso de sala limpa isolado com o perfil “U” já instalado aguardando o encaixe dos painéis de divisórias (CARMO, 2018).

As peças de painéis serão encaixadas no perfil guia de forma vertical e uma nas outras de maneira horizontal, conforme Figura 35. Realiza-se o travamento na junção de duas placas de painéis parede com perfil “L”, conectando-as com o forro. Lembrando que os painéis são fabricados com esquadro perfeito e normalmente o galpão não possui essa perfeição, por isso ao se instalar os painéis é necessário a verificação do prumo na face do painel e em sua lateral (CARMO, 2018).

Figura 34 – Perfil guia instalado com isolamento de piso



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 35 – Painel de divisória sendo encaixado



Fonte: Próprios autores, 2018

Quando a primeira placa encaixada não estiver nivelada com o piso deve-se realizar um corte diagonal ao longo da peça para que as próximas placas sejam alinhadas. Para conferir esse alinhamento, nas próximas peças são verificados os prumos, caso exista desalinhamento realizar cortes para adequação. Geralmente os encaixes de divisórias devem coincidir com os encaixes do forro, ou seja, deve haver um alinhamento entre a junção das placas de forro com as placas das divisórias, porém isso se dá apenas por questões estéticas (CARMO, 2018).

Realizam-se os cortes nas paredes e no forro onde serão locados certos componentes, como portas, *pass-throughs*, visores, luminárias, grelhas e outros. Instalando-os com seus perfis de travamento, encaixe, sustentação e vedação (CARMO, 2018).

Nas portas devem ser realizados ajustes de esquadro e espaçamento de vãos, assim como a regulagem das vedações laterais e inferior, e verificar o funcionamento das fechaduras. Simultaneamente são feitos os painéis técnicos, perfilamentos, *shafts*, fechamentos e qualquer outra necessidade que venha a surgir (CARMO, 2018). As Figuras 36 a 45 representam partes dos processos construtivos dos componentes de salas limpas.

Figura 36 – Recorte de luminárias no forro



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 37 – Corte de vão para instalação de porta



Fonte: F7 Próprios autores, 2018

Figura 38 – Corte do vão a ser instalado o visor



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 39 – Acabamento de silicone em visor



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 40 – Painel técnico



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 41 – Shaft em caixa de hidrante



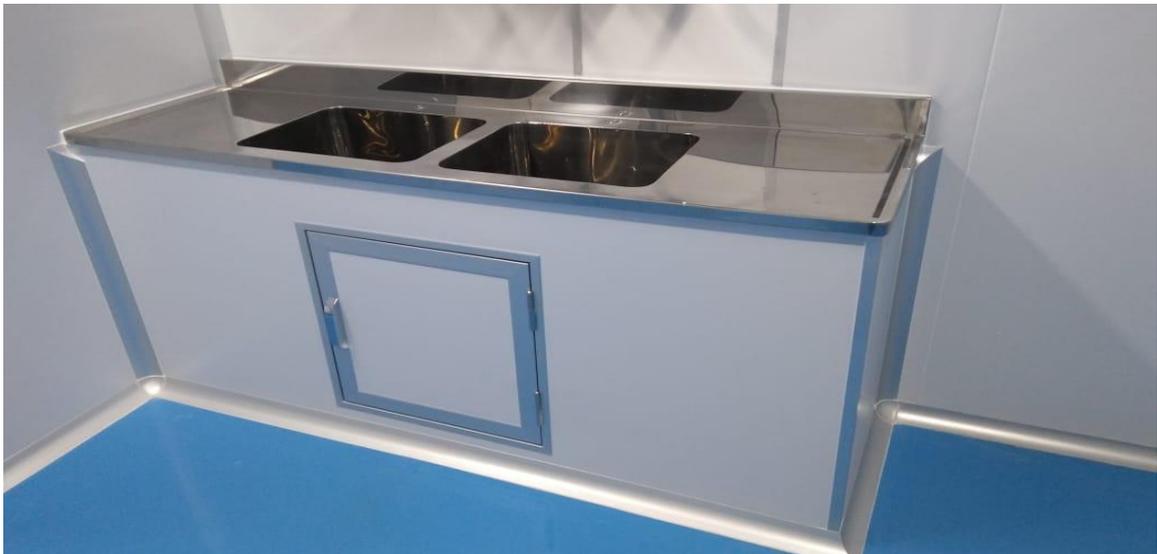
Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 42 – Shaft de retorno de ar



Fonte: Próprios autores, 2018

Figura 43 – Fechamento de pia com porta para manutenção de tubulação



Fonte: Próprios autores, 2018

Na fase de perfilamento da sala é feito a colagem dos perfis cantos arredondados nos rodapés, no forro e nos demais cantos internos, e perfil cantoneira nos cantos externos a sala, ou seja, na junção dos painéis onde não se consegue instalar os perfis arredondados

(CARMO, 2018). A Figura 44 apresenta o acabamento com perfil arredondado para evitar o acúmulo de partículas em cantos internos a sala.

Figura 44 – Acabamento com perfil arredondado e concha arremate



Fonte: Próprios autores, 2018

A Figura 45 além de apresentar acabamento com perfil arredondado também apresenta o acabamento com perfil cantoneira no canto externo do pilar revestido com painéis, evitando que esses cantos fiquem expostos a área limpa.

Figura 45 – Acabamento com perfil arredondado e cantoneira



Fonte: Próprios autores, 2018

Após a colagem de todos os perfis com silicone, inicia-se a fase de calafetação, ou seja, o processo de vedar as salas passando silicone nos frisos/encaixes de painéis, entre perfis e piso, perfis e painéis, e até mesmo entre perfis. Esse processo tem a finalidade de vedar completamente a sala e deve ser feito o mais detalhado possível para conseguir uma perfeita estanqueidade (CARMO, 2018).

Finalizando o processo de montagem é feita toda uma revisão por todas as áreas montadas e se caso não houver frestas, retiram-se os plásticos dos painéis e entrega o local pronto para a limpeza e um futuro comissionamento (CARMO, 2018).

5 ORÇAMENTO DOS PAINÉIS ISOTÉRMICOS

Antecedendo qualquer tipo de atividade que necessite de financiamento, é comum realizar-se o levantamento de todos os gastos envolvidos para a realização da mesma. Essa atividade de prever todos os custos, desde o início até sua finalização denomina-se orçamento. Este não se caracteriza por ser um valor exato, é uma estimativa do valor total a ser utilizado para a realização de determinado produto ou serviço, porém, deve ser preciso e chegar o mais próximo possível do real (MATTOS, 2006).

Um bom orçamento é feito a partir do estudo do produto ou serviço a ser realizado. São feitas reuniões com os clientes para um melhor entendimento de suas necessidades, visitas *in loco* e análises de todos os documentos disponíveis. Iniciando-se o processo de quantificar os materiais, a mão de obra, os equipamentos e o tempo para a execução. Os impostos e encargos são inseridos. É definido a margem de lucro que será trabalhada inicialmente, obtendo então o valor total para a realização da atividade (MATTOS, 2006).

Primeiro estudam-se os documentos disponíveis, realiza-se visita de campo, e fazem-se consultas ao cliente. Em seguida, monta-se o custo, que é proveniente das definições técnicas, do plano de ataque da obra, dos quantitativos dos serviços, das produtividades e da cotação de preços de insumo. Por fim, soma-se o custo indireto, aplicam-se os impostos e aplica-se a margem de lucratividade desejada, obtendo-se assim o preço de venda da obra (MATTOS, 2006).

Em licitações e concorrências de construções/montagens das mais variadas disciplinas, o orçamento tem grande importância, pois a partir dele é feita a escolha de qual empresa irá executar o serviço, ou seja, o orçamento com menor valor e que atenda todas as especificações será o vencedor da concorrência. Comumente eles variam de empresa para empresa, ou até mesmo, de pessoa para pessoa, porém, sem diferenças significativas (ISODUR, 2016c).

No intuito de amenizar essas diferenças, que as vezes podem ser exorbitantes, e obter-se propostas equalizadas, indústrias farmacêuticas, alimentícias, hospitalares, entre outras, lançam editais especificando os materiais a serem utilizados, o que contribui para que todos os orçamentos sigam a mesma linha de raciocínio.

Para um bom orçamento verifica a necessidade de que todas as dúvidas sejam esclarecidas, porém, as empresas que necessitam desses orçamentos não dispõem de tempo suficiente para tirar todas as dúvidas existentes. Com isso é oferecido a todos os participantes liberações de editais para fins de esclarecimentos e também como meio de segurança sobre o que está sendo orçado.

Esses editais devem possuir critérios importantes bem definidos, como o tipo de painel a ser utilizado com relação ao núcleo, espessura da chapa e sua cor, as salas que devem possuir sistemas de intertravamento, o tipo de estrutura para sustentação do forro, o pé direito dos locais, as cores das portas e suas dimensões, os tipos de perfis, dentre outros.

Na Figura 46 tem-se um projeto básico de sala limpa de 152,09 m² de área construída, cuja as dimensões das cotas estão em centímetros. Para melhor visualização da planta ver APÊNDICE A. Realizou-se o orçamento dos painéis e demais materiais necessários para sua montagem, juntamente com a mão de obra e equipamentos necessários para a construção/montagem dos painéis isotérmicos. Os valores utilizados foram adquiridos com a empresa F7 Tecnotérmicos, localizada em Anápolis, Goiás.

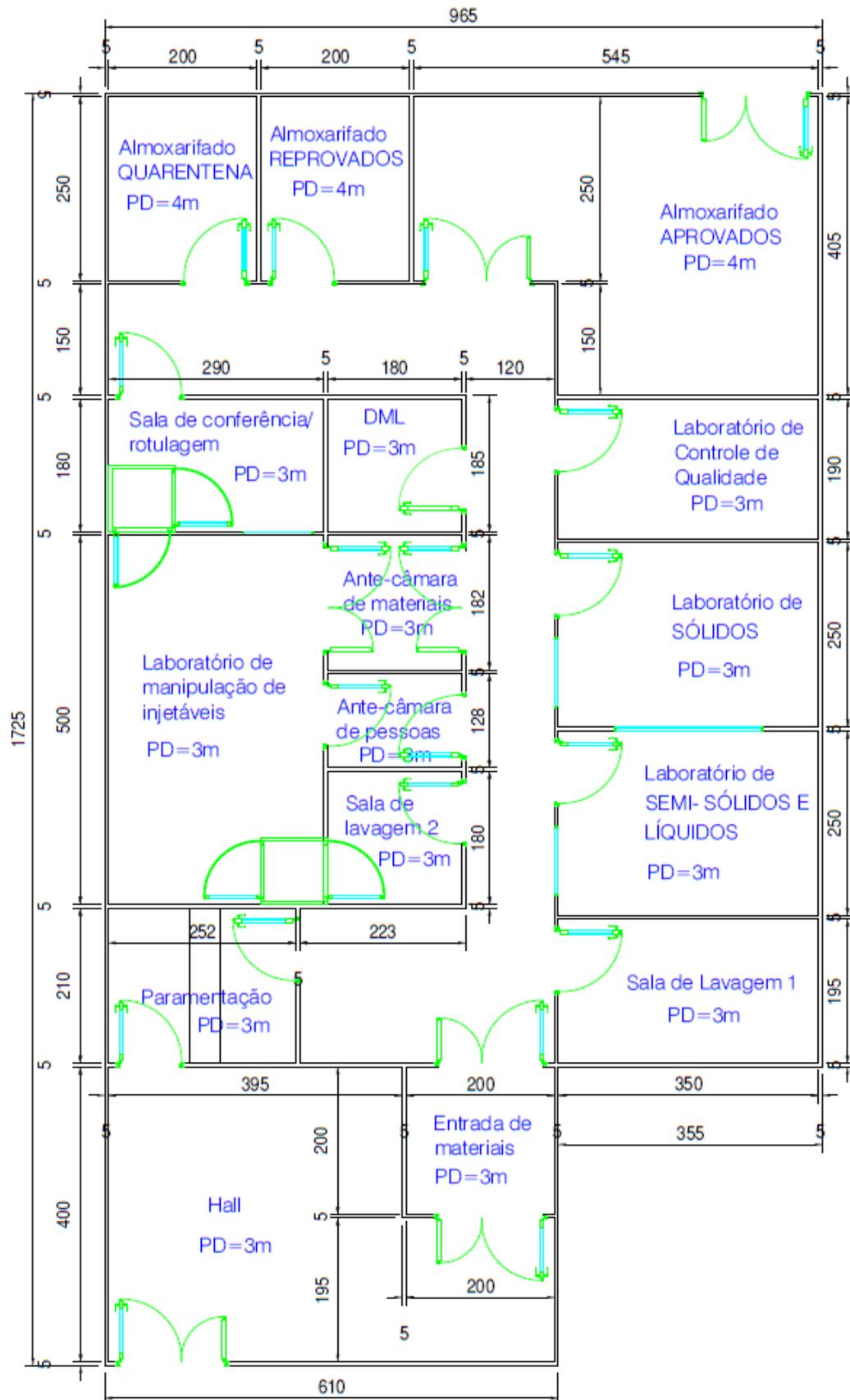
Para fins orçamentários, considerou-se que esta sala limpa será montada em Anápolis, Goiás, portanto não será considerado valor do frete dos materiais e hospedagem dos colaboradores para execução da obra, mesmo porque todos residem na cidade de Anápolis. O valor destinado para a alimentação está incluso nos valores unitários de mão de obra.

Inicialmente, colhe-se informações do cliente e/ou do edital, e pressupõe-se o entendimento de alguns conceitos básicos de sala limpa. Os painéis serão com núcleo em PIR, espessura de 50 mm, chapa 0,50 mm e cor Ral 9003 em todas as salas, exceto as salas de lavagem que serão Inox. As portas das antecâmaras, entrada de materiais e *pass-throughs* possuirão sistemas de intertravamento. Almojarifados com pé direito de 4 metros e demais salas com 3 metros. Portas de DML (Depósito de Material de Limpeza) não possuirão visores. Forro autoportante ao longo de toda a área.

Na Tabela 3 verifica-se resumidamente os valores de mão de obra, materiais e demais custos para montagem dos painéis isotérmicos. Para uma visualização dos valores unitários de cada serviço a ser executado, juntamente com os materiais, equipamentos e outros gastos para a realização do serviço ver APÊNDICE B.

Na mão de obra estão inclusos itens como as montagens de portas, visores, sistemas de intertravamento, divisórias, forro, entre outros. Os recortes de luminárias e grelhas não estão definidos, por isso não foram considerados. Todos os materiais, incluindo seus insumos, como perfis de travamento e acabamento, foram considerados no valor de materiais. Os equipamentos, como andaime e plataforma, containers, projeto executivo e ART, entre outros, estão no item demais custos.

Figura 46 – Planta de Sala Limpa



Fonte: Próprios autores, 2018

Tabela 3 – Planilha Orçamentária Resumida

TOTAL SERVIÇOS DE MÃO DE OBRA	R\$ 38.887,67
TOTAL MATERIAIS	R\$ 227.951,20
TOTAL DEMAIS CUSTOS	R\$ 13.420,00
TOTAL GERAL	R\$ 280.258,87

Fonte: Próprios autores, 2018

Com o valor total obtido para a montagem dos painéis isotérmicos dessa área limpa, incluindo itens como portas, visores e sistemas de intertravamento, tem-se que o custo por metro quadrado de painel isotérmico montado é R\$ 479,21.

Ao realizar um orçamento da mesma área orçada com painéis isotérmicos mas considerando itens como: paredes em alvenaria, forro em PVC (Policloreto de Vinila) e revestimento das paredes com placas vinílicas, sendo que estes valores de mão de obra e materiais por metro quadrado foram retirados do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção), tem-se um valor de R\$ 423,30 por metro quadrado. Os itens portas, *pass-throughs*, visores e kit intertravamento continuaram os mesmos orçados anteriormente, assim como os demais custos.

Mesmo que uma sala limpa não deva ser construída em alvenaria convencional, por não atender aos requisitos de limpeza exigidos por normas, ao comparar o valor do orçamento por metro quadrado de uma área limpa com painéis isotérmicos e a mesma área em alvenaria convencional, tentando atender ao máximo de padrões exigidos, mas ainda não conseguindo, tem-se um valor superior na área construída com painéis.

A curto prazo, a construção de uma área com alvenaria seria mais viável que a construção com painéis isotérmicos, se atendesse aos requisitos de limpeza exigidos por norma, porém, como não atendem e a longo prazo a construção com painéis isotérmicos proporcionarem uma redução de custos em relação a manutenção da arquitetura da sala e principalmente a manutenção dos sistemas de tratamento de ar que atuam sobre a área limpa, a opção painel isotérmico se torna a única aprovada pelas exigências econômicas e de qualidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da concentração dos estudos no tema Sala Limpa: Aspectos Gerais, Orçamento e Montagem dos Painéis Isotérmicos é possível perceber a importância e complexibilidade referentes a ambientes limpos e controlados. Permite expandir os conhecimentos sobre salas limpas e suas utilizações na atualidade, juntamente com a crescente necessidade de continuação de investimentos em desenvolvimento das tecnologias já existentes, em novos projetos de pesquisa, divulgação científica, dentre tantos outros aspectos que estruturam o avanço e ampliação de produtos que sejam fabricados em zonas limpas.

É de suma importância adquirir os conhecimentos sobre os aspectos gerais de uma sala limpa, em relação as normatizações, evolução histórica, componentes e processo construtivo para que entenda-se as melhorias na fabricação dos produtos ou prestação de serviços. A partir do entendimento da grande importância da expansão desses ambientes para mais tipos de mercados surge a necessidade de adequação dos produtos que já existem e não são fabricados com a qualidade que poderiam ter.

Com isso, consegue-se enxergar a necessidade da construção dos ambientes internos utilizando painéis isotérmicos, por possuírem características pertinentes as das salas limpas, assim como a facilidade e agilidade em sua montagem. A facilidade do orçamento desses painéis isotérmicos com os componentes que constituem a estruturação básica dos ambientes, entendendo todo seu desenvolvimento de montagem, destacando-se mais uma vez que são ótimos componentes para o forro, paredes e demais fechamentos utilizados em salas limpas.

Conclui-se que devido a agilidade no processo de montagem, facilidade em futuras mudanças de *layout*, durabilidade dos painéis isotérmicos e outros fatores positivos para variados tipos de indústrias, empresas que buscam maior qualidade, economia no processo de tratamento de ar e classificação de ambientes limpos, devem buscar a utilização de painéis isotérmicos para as paredes e forros.

Dependendo da alvenaria convencional que for desenvolvida podemos ter uma economia na montagem/construção desses ambientes limpos, mas os gastos que irão existir em relação a manter a classificação do ar, medidas preventivas de trabalho e diversos outros problemas, serão maiores do que a manutenção com painéis isotérmicos.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista a importância de um ambiente limpo e controlado, priorizando a qualidade na fabricação de produtos e serviços, tem-se que as salas limpas com a utilização de painéis isotérmicos são essenciais. Por isso, deve-se realizar estudos futuros fazendo com que esses ambientes possam ser melhorados, garantindo seu perfeito funcionamento, uma redução nos custos dos materiais utilizados na montagem, evitar o retrabalho na elaboração de projetos e execução do mesmo.

Trabalhos como o estudo sobre reaproveitamento de cortes de painéis envolvem um assunto bastante importante para empresas que executam o orçamento e montagem dos mesmos, buscando utilizar a maior quantidade possível de material sem seu desperdício.

Outras sugestões de estudos são referentes a sustentação do forro e dos sistemas de tratamento de ar quando as estruturas do galpão não foram projetadas para suportar essas cargas. Assuntos que complementam a estruturação de toda a sala limpa tanto em relação aos materiais, processos construtivos, funcionamento dos ambientes limpos, execuções corretas ao trabalhar dentro de ambientes limpos, manutenção e controle da qualidade do ar e limpeza.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Guia da qualidade para sistemas de ar e monitoramento ambiental na indústria farmacêutica**. Ed. 1. Brasília, 2013. Disponível em: <http://conforlab.com.br/legislacao/qualidade_do_ar_final.pdf>. Acesso em: 30 setembro 2018.

ASMONTEC. **Como evitar contaminação em uma sala limpa**. 2017a. Disponível em: <<https://asmontec.com.br/como-evitar-contaminacao-em-uma-sala-limpa/>>. Acesso em: 15 maio 2018.

_____. **Cuidados para reduzir a contaminação em uma sala limpa**. 2018a. Disponível em: <<https://asmontec.com.br/cuidados-para-reduzir-contaminacao-em-salas-limpas/>>. Acesso em: 29 setembro 2018.

_____. **Você sabe o que esperar da instalação de uma sala limpa?** 2017b. Disponível em: <<https://asmontec.com.br/instalacao-de-uma-sala-limpa/>>. Acesso em: 1 outubro 2018.

_____. **Pass-through e antecâmara: garantia de segurança na transferência de materiais para a sala limpa**. 2018b. Disponível em: <<https://asmontec.com.br/pass-through-garantia-de-seguranca/>>. Acesso em: 2 setembro 2018.

_____. **Pass-through ou caixa de passagem: Você sabe o que é?** 2017c. Disponível em: <<https://asmontec.com.br/caixa-de-passagem-voce-sabe-o-que-e/>>. Acesso em: 2 setembro 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14050: Sistemas de revestimentos de alto desempenho, à base de resinas epoxídicas e agregados minerais - Projeto, execução e avaliação do desempenho – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 16401: Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários**. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR ISO 14644-1: Salas limpas e ambientes controlados associados - Classificação da limpeza do ar**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR ISO 14644-3: Salas limpas e ambientes controlados associados – Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR ISO 14644-4: Salas limpas e ambientes controlados associados – Projeto, construção e partida**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR ISO 14644-5: Salas limpas e ambientes controlados associados – Operações**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR ISO 14644-7: Salas limpas e ambientes controlados associados – Dispositivos de separação (compartimentos de ar limpo, gloveboxes, isoladores, miniambientes)**. Rio de Janeiro, 2007.

BRITTO, FERNANDO. **Projeto básico de salas limpas – parte 1**. Revista SBCC – Sociedade Brasileira de Controle de Contaminação. Ed. 54. São Paulo. 2011.

CARMO, FLÁVIO CUNHA. **Montagem dos painéis isotérmicos**. Anápolis-GO, F7 Tecnotérmicos, 01 out. 2018. Entrevista em visita técnica a Caio Rodrigues Martins e Mariana Gomes Pidde.

DÂNICAZIPCO. **Arquitetura de salas limpas**. 2018. Disponível em: <<http://www.danicacorporation.com/sfDanica2/web/uploads/catalogo/f23f62fe7be0c89b552f0ad6d6f7340d.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2018.

F7 TECNOTÉRMICOS. 2018. Disponível em: <<http://www.f7salalimpa.com.br/>>. Acesso em: 04 outubro 2018.

FARMACÊUTICAS. 2016. Disponível em: <<http://www.farmaceuticas.com.br/tag/sistema-de-gestao-da-qualidade/>>. Acesso em: 02 junho 2018.

INDUSTRY, DIRECT. 2018. Disponível em: <<http://www.directindustry.com/pt/prod/dencohappel/product-16606-747227.html>>. Acesso em: 25 maio 2018.

ISODUR. **As 10 melhores maneiras de definir seu fornecedor de salas limpas**. 2016c. Disponível em: <<https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms%2Ffiles%2F10505%2F1468864703%5BEbook%5Das-10-melhores-maneiras-de-definir-seu-fornecedor-de-salas-limpas.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2018.

_____. **Comportamento em áreas limpas: e dicas infalíveis dos especialistas**. 2017. Disponível em: <<https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/10505/1486556937Comportamento+em+%C3%A1reas+limpas+--+7+dicas+infal%C3%ADveis+dos+especialistas.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2018.

_____. **FAQ: o guia definitivo de salas limpas**. 2016b. Disponível em: <<https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms%2Ffiles%2F10505%2F1474985571FAQ+GUIA+DEFINITIVO+DAS+SALAS+LIMPAS.pdf>>. Acesso em: 25 maio 2018.

_____. **Filtragem de ar em salas limpas: entenda como funciona**. 2016a. Disponível em: <<https://isodur.com.br/entenda-como-funciona-o-sistema-de-filtragem-de-ar-em-salas-limpas/>>. Acesso em: 25 maio 2018.

ISOESTE. 2018. Disponível em: <<http://www.isoeste.com.br/>>. Acesso em: 01 outubro 2018.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 2018. Disponível em: <<https://www.iso.org/home.html>>. Acesso em: 30 maio 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14698: Cleanrooms and associated controlled environment – Biocontamination control**. 2003.

LEPAN, CHRIS. **Joseph Lister (1827-1914)**. 2017. Disponível em: <<https://portageartist.com/joseph-lister-1827-1914/>>. Acesso em: 25 maio 2018.

LISTER, JOSEPH. **The Lancet**. Volume 90, Issue 2299, 21 Setembro 1867, Páginas 353–356, 1867. Disponível em: <<https://www.bmj.com/content/2/351/246>>. Acesso em: 25 maio de 2018.

MATTOS, ALDO SÓREA. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentos, estudos de caso, exemplos**. 1 ed. São Paulo: PINI, 2006.

MOURA, VICTOR SANTOS. **Fabricação de painéis isotérmicos**. Anápolis-GO, Isoeste, 22 maio 2018. Entrevista em visita técnica a Caio Rodrigues Martins e Mariana Gomes Pidde.

NETO, MÁRIO. **Painéis isotérmicos reduzem tempo de montagem e desperdício de materiais**. 2012. Disponível em: <<http://www.webarcondicionado.com.br/paineis-isotermicos-reduzem-variacao-de-temperatura>>. Acesso em: 25 maio 2018.

PAPE, NIDIA CORREIA. **Acabamentos para salas limpas 1**. Revista SBCC – Sociedade Brasileira de Controle de Contaminação. Ed. 44. São Paulo. 2010

SEIMMEI. 2018. Disponível em: <<http://seimmei.com.br/portfolio/proin-diam/>>. Acesso em: 25 maio 2018.

SILVA, RODOLFO GUILHERME DE CARLOS. **Projeto Conceitual Sala Limpa**. TCC, Curso de Engenharia Elétrica, Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP. São José dos Campos, SP, 41 P. 2012. Disponível em: <<http://biblioteca.univap.br/dados/000005/00000517.pdf>>. Acesso em: 10 maio de 2018.

SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção**. 2018. Disponível em: <<https://www.isinapi.com/>>. Acesso em: 01 outubro 2018.

SOLEPOXY. **Pisos e revestimentos para Salas Limpas**. 2016. Disponível em: <<http://www.solepoxy.com.br/artigos/pisos-e-revestimentos-para-salas-limpas/>>. Acesso em: 24 setembro 2018.

WHYTE, WILLIAM. **Tecnologia de salas limpas: fundamentos de projeto, ensaios e operação**. 2 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

APÊNDICE A – PLANTA BAIXA

APÊNDICE B – PLANILHA ORÇAMENTÁRIA

Tabela 4 – Planilha Orçamentária				(continua)
SERVIÇOS DE MÃO DE OBRA	Und.	Quant.	Valor Unit.	Sub Total
Montagem de Divisória	m ²	432,75	R\$ 42,00	R\$ 18.175,50
Montagem de Forro	m ²	152,09	R\$ 49,00	R\$ 7.452,17
Montagem de Porta Dupla	und.	7,00	R\$ 520,00	R\$ 3.640,00
Montagem de Porta Simples	und.	13,00	R\$ 320,00	R\$ 4.160,00
Montagem de <i>Pass-through</i>	und.	2,00	R\$ 1.200,00	R\$ 2.400,00
Montagem de Kit intertravamento para 2 portas	und.	3,00	R\$ 640,00	R\$ 1.920,00
Montagem de Visor de 950x950x50 mm	und.	3,00	R\$ 240,00	R\$ 720,00
Montagem de Visor de 2000x950x50 mm	und.	1,00	R\$ 420,00	R\$ 420,00
TOTAL MÃO DE OBRA				R\$ 38.887,67
MATERIAIS	Und.	Quant.	Valor Unit.	Sub Total
Painel SL PIR 50mm Ral 9003 0,50x050 mm	m ²	541,42	R\$ 127,55	R\$ 69.058,12
Painel SL PIR 50mm Ral 9003/Inox 0,50x050mm	m ²	59,40	R\$ 281,00	R\$ 16.691,40
Perfil "U" 51 Sala Limpa Alumínio Anodizado	m	144,00	R\$ 18,00	R\$ 2.592,00
Perfil "L" 25x25x1 mm - Tipo BK Alumínio Anodizado	m	162,00	R\$ 11,00	R\$ 1.782,00
Perfil Canto Arredondado Raio 50 mm Anodizado	m	804,00	R\$ 18,00	R\$ 14.472,00
Perfil Acabamento Concha Arremate	und.	154,00	R\$ 7,00	R\$ 1.078,00
Silicone Branco	und.	290,00	R\$ 18,00	R\$ 5.220,00
Silicone Cinza	und.	6,00	R\$ 18,00	R\$ 108,00
Perfil "T" Sala Limpa Ral 9003	m	18,00	R\$ 39,00	R\$ 702,00
Kit Pendural	und.	44,00	R\$ 60,00	R\$ 2.640,00
Kit Sustentação Perfil "T"	und.	11,00	R\$ 40,00	R\$ 440,00
Parafuso Pan. Comb. 4,2x32	und.	467,00	R\$ 0,13	R\$ 60,71
Bucha nº 8	und.	467,00	R\$ 0,07	R\$ 32,69
Rebite de Repuxo	und.	200,00	R\$ 0,14	R\$ 28,00
Parafuso Autoperfurante PBF ZC 8-18x5/8"	und.	2029,00	R\$ 0,10	R\$ 202,90
Porta Simples com visor SL50 800x2100x50 mm Ral 9003	und.	10,00	R\$ 3.250,00	R\$ 32.500,00
Porta Simples sem visor SL50 800x2100x50 mm Ral 9003	und.	1,00	R\$ 2.450,00	R\$ 2.450,00
Porta Simples com visor SL50 800x2100x50 mm Ral 9003/Inox	und.	2,00	R\$ 4.823,32	R\$ 9.646,64
Porta Dupla com visor SL50 1400x2100x50 mm Ral 9003	und.	7,00	R\$ 4.250,00	R\$ 29.750,00
<i>Pass-through</i> 600x600x600 mm Ral 9003/Inox	und.	2,00	R\$ 8.048,25	R\$ 16.096,50
Kit intertravamento para 2 portas	und.	4,00	R\$ 4.465,06	R\$ 17.860,24
Visor SL Standard de 950x950x50 mm	und.	3,00	R\$ 980,00	R\$ 2.940,00
Visor SL Standard de 2000x950x50 mm	und.	1,00	R\$ 1.600,00	R\$ 1.600,00
TOTAL MATERIAIS				R\$ 227.951,20
DEMAIS CUSTOS	Und.	Quant.	Valor Unit.	Sub Total

Tabela 4 – Planilha Orçamentária				(conclusão)	
Container Almojarifado	VB	1,00	R\$ 850,00	R\$ 850,00	
Container Banheiro	VB	1,00	R\$ 850,00	R\$ 850,00	
Andaime	VB	1,00	R\$ 800,00	R\$ 800,00	
Plataforma Elevatória	VB	1,00	R\$ 3.400,00	R\$ 3.400,00	
Empilhadeira	VB	1,00	R\$ 4.200,00	R\$ 4.200,00	
Mobilização e Desmobilização	VB	1,00	R\$ 700,00	R\$ 700,00	
ART, projeto e Data Book	VB	1,00	R\$ 2.120,00	R\$ 2.120,00	
Caçamba bota-fora	VB	1,00	R\$ 500,00	R\$ 500,00	
TOTAL DEMAIS CUSTOS					R\$ 13.420,00
TOTAL GERAL					R\$ 280.258,87

Fonte: Próprios autores, 2018