

DANILO MASSATO NOMURA

PLANEJAMENTO DO ARRANJO FÍSICO E DAS NORMAS DE
SEGURANÇA E UTILIZAÇÃO DA NOVA SALA DE PROJETOS DO
PRO

São Paulo
2013

DANILO MASSATO NOMURA

PLANEJAMENTO DO ARRANJO FÍSICO E DAS NORMAS DE
SEGURANÇA E UTILIZAÇÃO DA NOVA SALA DE PROJETOS DO
PRO

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo para obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção.

São Paulo
2013

DANILO MASSATO NOMURA

PLANEJAMENTO DO ARRANJO FÍSICO E DAS NORMAS DE
SEGURANÇA E UTILIZAÇÃO DA NOVA SALA DE PROJETOS DO
PRO

Trabalho de Formatura apresentado à
Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo para obtenção do diploma de
Engenheiro de Produção.

Orientadora:
Profa. Dra. Uiara Bandineli Montedo

São Paulo
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Nomura, Danilo Massato

Planejamento do arranjo físico e das normas de segurança e utilização da nova sala de projetos do PRO / D.M. Nomura. -- São Paulo, 2013.

105 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Ergonomia 2.Arranjo físico I.Universidade de São Paulo. I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

Dedico este trabalho a meus pais e avós.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Eloi Nomura e Elisa Nomura, e aos meus avós, Ryutaro Nomura, Tane Nomura, Masaru Nishioka e Shizuko Nishioka, que sempre priorizaram meu bem-estar e educação. Devo a eles minhas conquistas, minhas escolhas de vida e meu caráter. Aos meus irmãos, Eric Nomura e Gabriel Nomura, e aos meus tios e primos por torcerem pelo meu sucesso.

A todos os amigos que fiz durante a POLI, com os quais passei estes anos inesquecíveis. Juntos superamos as dificuldades das provas e trabalhos e aproveitamos as viagens e os momentos de diversão. Em especial aos colegas do Biênio, Bruno Baroni, Claudio Kawasaki, Daniel Yamamoto, Déborah Anieri e Thiago Yashiro, e aos colegas da Produção, Caio Ishihara, Carolina Tamaoki, Kelly Mizutani, Maury Ueta, Sérgio Munakata, Simone Kimura e Thiago Higa.

À Professora Doutora Uiara Bandineli Montedo, ao Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul e aos monitores da Sala de Projetos pela disponibilidade e gentileza em auxiliarem no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores que tive e terei durante o curso de minha vida.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o planejamento do arranjo físico e das normas de utilização e segurança da nova Sala de Projetos, um espaço destinado a alunos para a realização de projetos de diversas naturezas, com foco maior para projetos de desenvolvimento de produtos.

Na nova Sala de Projetos estarão disponíveis recursos diversos para o desenvolvimento de projetos, desde recursos básicos, como móveis, lousas e TVs, a recursos específicos, como computadores com diversos softwares instalados, equipamentos para análise ergonômica, equipamentos para processamento de imagem e impressoras 3D.

Para o desenvolvimento deste trabalho são utilizadas duas disciplinas do curso de Engenharia de Produção, o planejamento do arranjo físico e a ergonomia.

Os conhecimentos da ergonomia são utilizados principalmente na realização de entrevistas, na análise de situações de referência e na análise de situações de ação característica. Durante estas análises são coletadas informações que são utilizadas como base para as ferramentas do planejamento do arranjo físico e para o desenvolvimento das normas de utilização e segurança.

São apresentadas três alternativas de arranjo físico, para as quais são construídos modelos 3D, que possibilitam a simulação e visualização dos elementos da nova Sala de Projetos dentro dela, permitindo uma melhor escolha de solução.

Palavras chave: Ergonomia, Arranjo Físico

ABSTRACT

The goal of this paper is planning the layout and the utilization and safety rules for the new Project Room, a space designed for students, where they may develop a variety of projects, with greater focus on product development projects.

There will be many available resources inside the new Project Room, ranging from basic resources, such as furniture, whiteboards and TVs, to more specific resources, such as computers with a variety of software, ergonomic analysis equipment, image processing equipment and 3D printers.

Mainly two disciplines from the Industrial Engineering course will be used during the development of this project: layout planning and ergonomics.

Knowledge from ergonomics is mainly used during the execution of interviews, the analysis of reference situations and the analysis of characteristic action situations. Information that will further be used as the base for the layout planning tools and for the development of the utilization and safety rules is collected during the previous ergonomics analyses.

Three alternatives of layout are presented, for which 3D models are build. With the 3D models it is possible to simulate and visualize the elements of the new Project Room inside it, making it possible to make a better choice of solution.

Keywords: Ergonomics, Layout

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Vista superior da nova Sala de Projetos.....	14
Figura 2-Vista isométrica da nova Sala de Projetos	14
Figura 3-Localização da nova Sala de Projetos na planta do novo prédio do PRO	15
Figura 4-Tipos de processo	21
Figura 5-Relação entre tipos de processo e tipos básicos de arranjo físico ...	24
Figura 6-Interligações do tipo A	30
Figura 7-Interligações do tipo E	30
Figura 8-Interligações dos tipos I, O e X.....	30
Figura 9-Trabalho prescrito e trabalho real.....	33
Figura 10-Sala de Projetos atual	48
Figura 11-Planta da Sala de Projetos atual	50
Figura 12-Modelo 3D da Sala de Projetos atual	50
Figura 13-Alunos assistindo a aula e utilizando computador	52
Figura 14-Monitor calibrando impressora 3D Metamáquina 2	53
Figura 15-Peças impressas na impressora 3D	54
Figura 16-Botões da impressora 3D que devem ser pressionados para troca de PLA	55
Figura 17-Design Loft na Stanford University	56
Figura 18-Radicand Labs.....	58
Figura 19-Interligações do tipo A na nova Sala de Projetos	68
Figura 20-Interligações do tipo E na nova Sala de Projetos	68
Figura 21-Interligações do tipo I na nova Sala de Projetos.....	69
Figura 22-Interligações do tipo O na nova Sala de Projetos.....	69
Figura 23-Elementos replicáveis e não replicáveis	70
Figura 24-Distribuição de tomadas e luminárias na nova Sala de Projetos	74
Figura 25-Exemplo de aplicação de adesivo vinílico em parede	77
Figura 26-Alternativa X	80
Figura 27-Alternativa Y	82
Figura 28-Alternativa Z	84
Figura 29-Divisão de células.....	86
Figura 30-Células de computadores.....	88

Figura 31-Células de reunião de grupos.....	89
Figura 32-Células de ergonomia e de processamento de imagem.....	90
Figura 33-Área para café	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Disciplinas do PRO com interesse de realizar projetos na nova Sala de Projetos	12
Tabela 2-Vantagens e desvantagens dos tipos de arranjo físico.....	25
Tabela 3-Escala A, E, I, O, U	26
Tabela 4-Código dos elementos do arranjo físico.....	27
Tabela 5-Carta de interligações preferencias	28
Tabela 6-Quantidade de interligações	28
Tabela 7-Razões para interligações	29
Tabela 8-Intensidades e cores das interligações	29
Tabela 9-Elementos da Sala de Projetos atual.....	49
Tabela 10-Situações de referência para as normas de utilização e segurança da nova Sala de Projetos	59
Tabela 11-Atividades desenvolvidas dentro da nova Sala de Projetos	62
Tabela 12-Lista de recursos da nova Sala de Projetos	65
Tabela 13-Carta de interligações preferenciais da nova Sala de Projetos.....	66
Tabela 14-Quantidade de interligações da nova Sala de Projetos	67
Tabela 15-Razões para interligações na nova Sala de Projetos	67
Tabela 16-Alocação das atividades nas células da nova Sala de Projetos	71
Tabela 17-Diagrama de interligações da nova Sala de Projetos com células	72
Tabela 18-Alternativa X	79
Tabela 19-Alternativa Y	81
Tabela 20-Alternativa Z.....	83
Tabela 21-Comparação entre alternativas.....	85
Tabela 22-Quantidades e especificações	92
Tabela 23-Quantidades e especificações	93
Tabela 24-Quantidades e especificações	93
Tabela 25-Quantidades e especificações	94
Tabela 26-Quantidades e especificações	94
Tabela 27-Quantidades e especificações	95
Tabela 28-Quantidades e especificações	95
Tabela 29-Quantidades e especificações	96
Tabela 30-Quantidades e especificações	96

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivo	13
1.2	Definição do problema.....	13
1.3	Metodologia.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1	Planejamento do arranjo físico	17
2.1.1	Importância do arranjo físico	17
2.1.2	Objetivo do planejamento do arranjo físico	18
2.1.3	Características de um bom arranjo físico	19
2.1.4	Elementos do arranjo físico	20
2.1.5	Tipos de processo	21
2.1.6	Tipos de arranjo físico	23
2.1.7	Seleção de arranjo físico	24
2.1.8	Inter-relações não baseadas no fluxo de materiais	25
2.1.9	Projeto detalhado de arranjo físico	31
2.2	Ergonomia	31
2.2.1	Importância da ergonomia.....	32
2.2.2	Trabalho, tarefa e atividade.....	32
2.2.3	Metodologia da ação ergonômica	34
2.2.4	Condução de projetos de concepção de sistemas de trabalho	40
3	LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES	45
3.1	Entrevistas.....	45
3.1.1	Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul	45
3.1.2	Monitores da Sala de Projetos atual.....	46
3.2	Situações de referência.....	48
3.2.1	Sala de Projetos atual	48

3.2.2	Design Loft na Stanford University	55
3.2.3	Radicand Labs	57
3.2.4	Normas de utilização e segurança em outros laboratórios	58
4	ARRANJO FÍSICO	61
4.1	Elementos do arranjo físico	61
4.2	Tipo de processo	63
4.3	Tipo de arranjo físico	63
4.4	Inter-relações não baseadas no fluxo de materiais	64
4.5	Geração de alternativas	72
4.5.1	Alternativa X	79
4.5.2	Alternativa Y	81
4.5.3	Alternativa Z	83
4.6	Escolha da solução	85
4.7	Descrição da solução	86
4.7.1	Células de computadores	87
4.7.2	Células de reunião de grupo	88
4.7.3	Células de ergonomia e de processamento de imagem	89
4.7.4	Área para café	90
4.8	Especificações e quantidades dos elementos	91
5	NORMAS DE UTILIZAÇÃO E SEGURANÇA	97
6	CONCLUSÃO	101
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

1 INTRODUÇÃO

O InovaLab@POLI é um laboratório multidisciplinar que oferece recursos avançados para projetos de engenharia (softwares, hardware, impressoras 3D, oficinas mecânica e eletrônica), com acesso livre para alunos de graduação da Escola Politécnica e da Universidade de São Paulo (POLI) como um todo. (InovaLab@POLI, 2013)

O InovaLab@POLI visa estimular o uso de recursos para inovação pelos alunos de graduação, motivar os alunos para continuar aperfeiçoando a sua formação técnica e reforçar a formação de competências complementares, tais como a capacidade de trabalhar em equipe, o conhecimento do mercado e do cliente, a criatividade para busca de soluções, a capacidade de comunicação e a mentalidade empreendedora. Até o momento o volume de recursos empregados nele é da ordem de R\$1 milhão.

Dentre as diversas iniciativas relacionadas ao InovaLab@POLI, este trabalho será desenvolvido na nova Sala de Projetos que estará localizada no novo prédio do Departamento de Engenharia de Produção da POLI (PRO). A Sala de Projetos é um ambiente concebido para que os alunos possam trabalhar em seus projetos com apoio de recursos avançados e em um ambiente que favoreça o trabalho colaborativo em equipes, a troca de experiências e o compartilhamento de conhecimentos. (InovaLab@POLI, 2013)

Na nova Sala de Projetos estarão disponíveis espaço, equipamentos, ferramentas e softwares diversos para o desenvolvimento de projetos de engenharia, principalmente projetos de desenvolvimento de produtos.

Embora o uso da Sala de Projetos não se restrinja a disciplinas, sendo a utilização livre para toda a Universidade de São Paulo (USP), até mesmo para projetos pessoais, existe um grande número de professores do PRO que mostram-se interessados em desenvolver projetos para as suas respectivas disciplinas que possam usufruir das suas dependências.

Tabela 1-Disciplinas do PRO com interesse de realizar projetos na nova Sala de Projetos

Curso de Graduação	Semestre	Disciplina
Engenharia de Produção	7	PRO2715-Projeto do Produto e Processo
	7	PRO2713-Gestão da Qualidade de Produtos e Serviços
	7	PRO2420-Projeto de Fábrica
	8	PRO2313-Ergonomia, Saúde e Segurança no Trabalho
	8	PRO2421-Técnicas de Gerenciamento de Operações Industriais
	8	PRO2801-Gestão de Projetos
	8	PRO2814-Produção e Sustentabilidade
	9	PRO2804-Projeto, Processo e Gestão de Inovação
	9	PRO2614-Princípios de Marketing para a Engenharia de Produção
Design	4	PRO2718-Projeto e Engenharia do Produto II
	4	PRO2315-Ergonomia I
	5	PRO2317-Ergonomia II
	6	PRO2719-Materiais e Processos de Produção III
	6	PRO2720-Projeto e Engenharia do Produto III
	7	PRO2721-Materiais e Processos de Produção IV
	8	PRO2318-Gestão de Projetos em Design

Fonte: Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul

Atualmente a Sala de Projetos é localizada no atual prédio do PRO, no primeiro andar, onde antes era localizada a cantina do prédio, porém, com o projeto do novo prédio do PRO, há uma sala reservada especialmente para a Sala de Projetos.

1.1 Objetivo

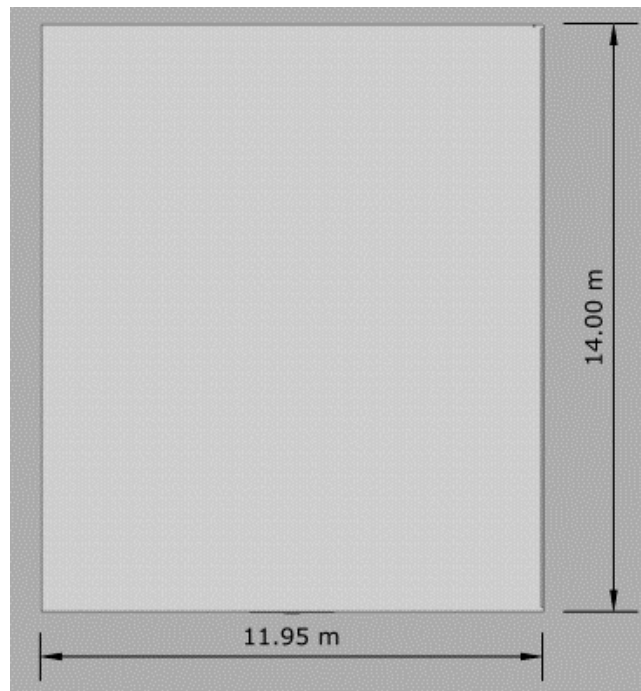
O objetivo deste trabalho é planejar o arranjo físico da nova Sala de Projetos que estará localizada no novo prédio do PRO, assim como definir suas normas de utilização e segurança.

Através deste trabalho, espera-se projetar um arranjo físico e normas que atendam os objetivos da Sala de Projetos e do InovaLab@POLI, de fornecer os elementos necessários ao desenvolvimento dos projetos de engenharia, de favorecer o trabalho em equipe, o compartilhamento de conhecimentos, a troca de experiências e desenvolver a comunicação, o empreendedorismo e a criatividade de seus usuários.

1.2 Definição do problema

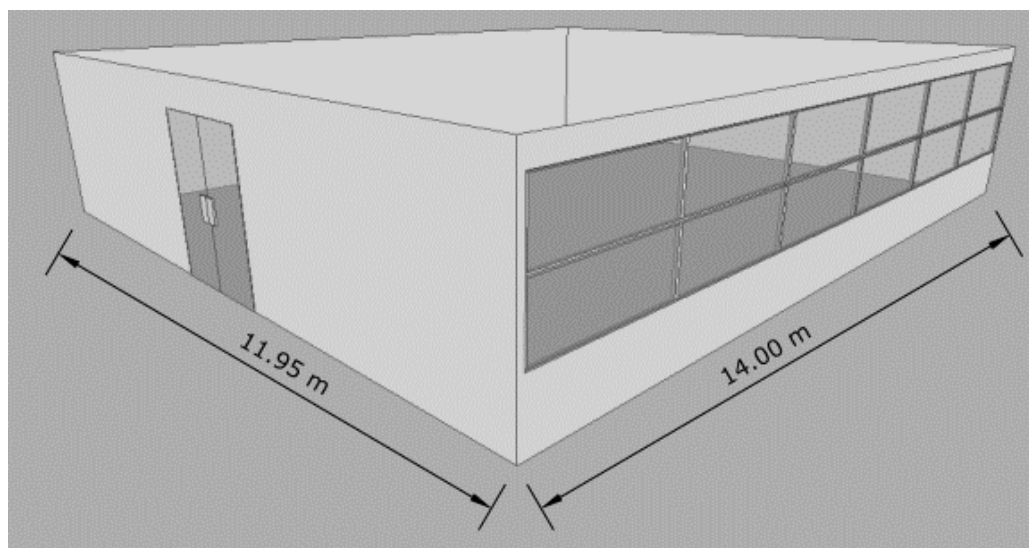
No projeto do novo prédio do PRO, a Sala de Projetos possui espaço reservado especialmente à ela no primeiro andar do bloco D3. Será disponibilizada uma sala de (11,95x14,00) m, com área total de 167,30 m².

Figura 1-Vista superior da nova Sala de Projetos



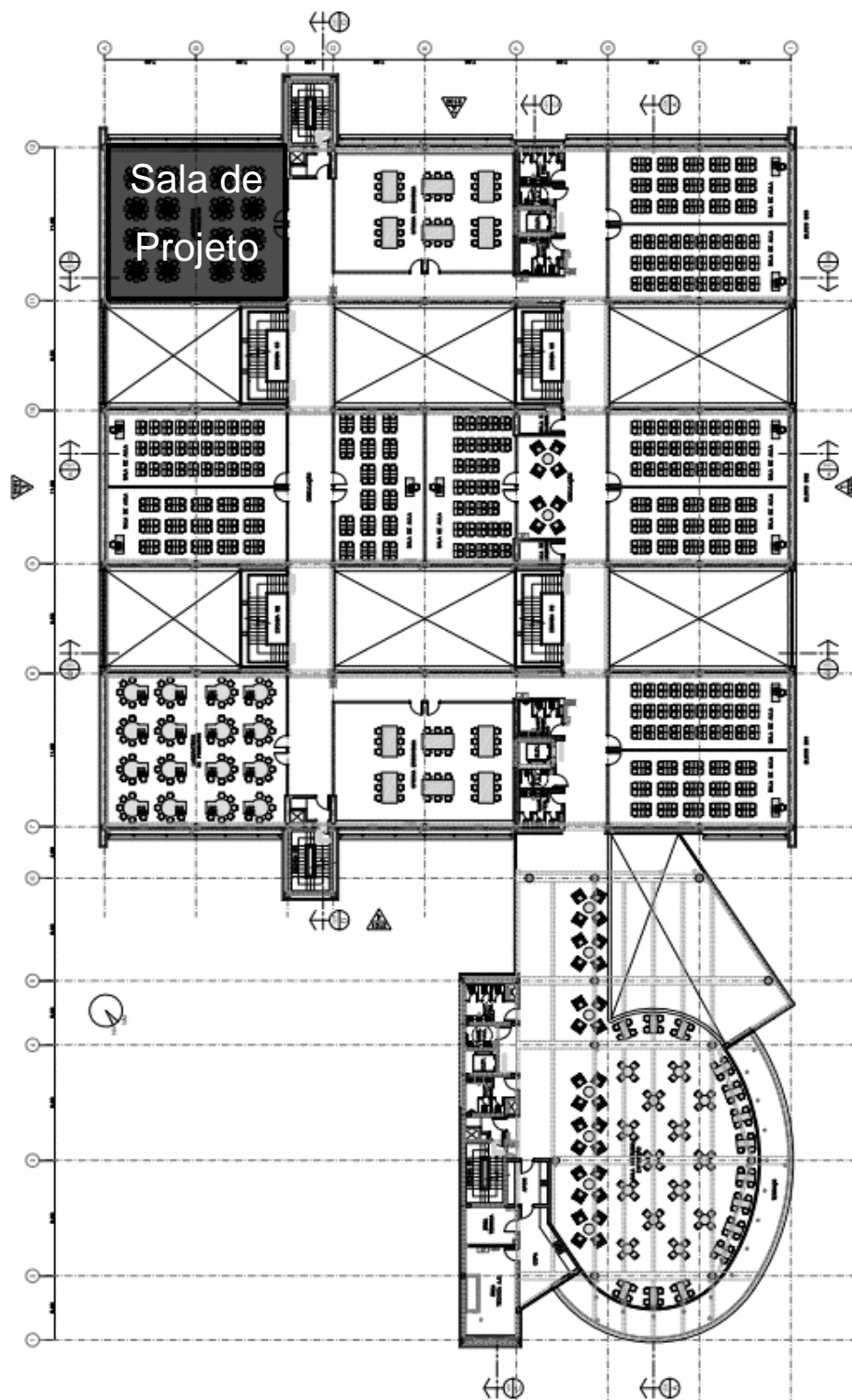
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 2-Vista isométrica da nova Sala de Projetos



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3-Localização da nova Sala de Projetos na planta do novo prédio do PRO



Fonte: Projeto executivo do projeto do novo prédio do PRO

Quanto aos elementos que irão compor a nova Sala de Projetos, já estão definidos em especificações e quantidade aqueles que estão diretamente ligados ao desenvolvimento dos projetos dentro da sala, como equipamentos de análise

ergonômica, equipamentos de processamento de imagem, softwares e impressoras 3D.

Quanto aos computadores, suas especificações técnicas já estão definidas, porém, falta definir a quantidade necessária. Já em relação aos móveis, não existe ainda nenhuma definição.

Caberá a este trabalho definir:

1. Projeto do arranjo físico da Sala de Projetos, com vistas e plantas da sala com seus elementos dentro dela.
2. Quantidade de computadores necessária.
3. Especificações dos móveis e quantidade dos móveis necessários.
4. Normas de utilização e segurança.

1.3 Metodologia

A metodologia empregada neste trabalho busca integrar os conhecimentos de duas disciplinas da engenharia de produção: o planejamento do arranjo físico e a ergonomia.

Inicialmente, serão utilizadas metodologia e ferramentas de análise da ergonomia para realizar entrevistas e para estudar e analisar situações de referência que auxiliem na concepção do arranjo físico e das normas de utilização e segurança da nova Sala de Projetos. Serão realizadas entrevistas com diversos atores, estudos de situações de referência, observações e análises de situações de ação característica.

A partir dos dados coletados, é possível utilizar metodologia e ferramentas do planejamento do arranjo físico para conceber o arranjo físico da nova Sala de Projetos, será realizada a análise dos elementos do arranjo físico, a seleção do tipo de processo, do tipo de arranjo físico, a carta e o diagrama de inter-relações e, por fim, a proposição de alternativas de arranjo físico.

Durante toda a concepção do arranjo físico, é possível novamente utilizar a ergonomia para definir detalhes do arranjo físico ligados ao conforto e segurança dos usuários, principalmente devido aos relatos das entrevistas e das análises das situações de referência, que também auxiliam na concepção das normas de utilização e segurança da nova Sala de Projetos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Através da revisão bibliográfica será possível extrair as ferramentas e metodologias que interessam o desenvolvimento deste projeto nas áreas do planejamento do arranjo físico e da ergonomia.

2.1 Planejamento do arranjo físico

O planejamento do arranjo físico, também chamado de leiaute, trata do posicionamento físico dos recursos de transformação. A forma como os recursos de transformação são dispostos afeta diretamente a forma como os recursos transformados (materiais, informações e clientes) fluem pela operação. (Slack, Johnston, & Chambers, 2002)

Qualquer organização, em algum momento, deve tomar decisões quanto ao seu arranjo físico. Seja uma indústria alimentícia, que deve decidir como edifícios, máquinas e pessoas estarão dispostos na produção, seja um escritório de advocacia, que deve dispor mesas e cadeiras em um espaço alugado, a forma como os recursos de uma organização são dispostos pode impactar seriamente nos resultados alcançados.

A importância do arranjo físico varia de organização para organização, dependendo principalmente do tipo de produto ou serviço vendido e do volume dos mesmos.

2.1.1 Importância do arranjo físico

Para Muther (1978), o planejamento do arranjo físico possui importância relevante em evitar perdas em uma organização. A instalação de edifícios, máquinas e equipamentos sem planejamento, com posteriores rearranjos no intuito de encontrar uma disposição satisfatória significa perdas com ociosidade de equipamentos, interrupção no trabalho dos operários, demolição de edifícios, paredes e estruturas.

Segundo Slack, Johnston, Chambers (2002), a mudança do arranjo físico é normalmente uma atividade difícil e de longa duração por causa das dimensões físicas dos recursos de transformação movidos; o rearranjo físico de uma operação existente pode interromper seu funcionamento suave, levando à insatisfação do cliente ou a perdas na produção; se o arranjo físico está errado, pode levar a

padrões de fluxo longos ou confusos, estoque de materiais, filas de clientes formando-se ao longo da operação, inconveniências para os clientes, tempos de processamento longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos.

Além dos aspectos negativos que um arranjo físico mal planejado pode trazer à organização, é evidente que um arranjo físico bem planejado e que leve em consideração aspectos relevantes da organização (como a variedade e volume de produção, etapas do processo produtivo, fluxos dos recursos transformados, etc.) pode trazer ganhos em eficiência e eficácia à organização.

Pela análise de Muther (1978) e Slack, Johnston, Chambers (2002), é possível inferir que a decisão sobre o arranjo físico inclui algumas escolhas de longo prazo, como a posição de edifícios e paredes, por isso, a escolha de um arranjo físico ruim pode trazer consequências negativas à organização. Por isso, mesmo que possa parecer simples em alguns casos, esta decisão deve ser sempre justificada antes de ser tomada.

Em um escritório, podem ser utilizados os mesmos princípios e procedimentos do planejamento do arranjo físico tradicional, porém, para o planejamento de escritórios, é necessária importância especial a alguns elementos. As principais diferenças entre o planejamento do arranjo físico de um escritório e de um arranjo físico tradicional são (Lee, Amundsen, Nelson, & Tuttle, 1997):

- Afinidades dependem mais das comunicações e das movimentações de pessoas em vez que das movimentações de materiais.
- Restrições ao arranjo físico normalmente têm um caráter mais psicológico ou organizacional do que propriamente de espaço.
- Políticas internas e personalidades dos indivíduos têm influência maior.

2.1.2 Objetivo do planejamento do arranjo físico

O planejamento do arranjo físico tem como objetivo organizar áreas de trabalho e equipamentos na forma mais econômica para operar, porém de forma segura e gratificante aos funcionários. Este objetivo geral pode ser alcançado seguindo seis princípios do planejamento do arranjo físico (Muther, Practical Plant Layout, 1955):

1. **Princípio da integração total:** o arranjo físico é melhor com a integração de operários, materiais, equipamentos, atividades de suporte e quaisquer outras considerações relevantes, de forma que resulte no melhor comprometimento dos recursos.
2. **Princípio da mínima distância movida:** mantidas constantes as outras variáveis, o arranjo físico é melhor quando se permite que os materiais sejam movidos pela distância mínima entre as operações.
3. **Princípios de fluxo:** mantidas constantes as outras variáveis, o arranjo físico é melhor organizando-se a área de trabalho para cada operação ou processo na mesma ordem ou sequência na qual os materiais são processados.
4. **Princípio do espaço cúbico:** é possível obter economia através do uso efetivo todo o espaço disponível, tanto horizontal quanto vertical.
5. **Princípio da satisfação e segurança:** mantidas constantes as outras variáveis, o arranjo físico é melhor se planejado de forma que ofereça condições de trabalho seguras e gratificantes aos operários.
6. **Princípio da flexibilidade:** mantidas constantes as outras variáveis, o arranjo físico é melhor se pode ser ajustado e rearranjado ao menor custo e inconveniência.

2.1.3 Características de um bom arranjo físico

É importante definir os objetivos do detalhamento do projeto de arranjo físico. Embora dependam das circunstâncias específicas da organização, segundo Slack, Johnston, Chambers (2002), os objetivos gerais que são relevantes para todas as operações são:

- **Segurança inerente:** todos os processos que podem representar perigo não devem ser acessíveis a pessoas não autorizadas.
- **Extensão do fluxo:** o fluxo de materiais, informações ou clientes deve ser canalizado pelo arranjo físico, de forma a atender os objetivos da operação.
- **Clareza de fluxo:** todo o fluxo de clientes e materiais deve ser sinalizado de forma clara e evidente para clientes e mão-de-obra.
- **Conforto da mão-de-obra:** mão-de-obra deve ser alocada em locais distantes de partes barulhentas ou desagradáveis da operação. O ambiente de trabalho deve ser ventilado, iluminado e, se possível, agradável.

- **Coordenação gerencial:** supervisão e coordenação devem ser facilitadas pela localização da mão-de-obra e dispositivos de comunicação.
- **Acesso:** todas as máquinas, equipamentos e instalações devem estar acessíveis para permitir adequada limpeza e manutenção.
- **Uso do espaço:** o arranjo físico deve permitir uso adequado de espaço disponível da operação (incluindo o espaço cúbico e do piso).
- **Flexibilidade de longo prazo:** o arranjo físico deve ser mudado à medida que as necessidades de operação mudam. Um bom arranjo é planejado com as potenciais necessidades futuras em mente.

2.1.4 Elementos do arranjo físico

Existem cinco elementos básicos sobre os quais um arranjo físico é planejado (Muther, Planejamento do layout: sistema SLP, 1978):

- **(P) Produto:** o que é produzido ou feito.
- **(Q) Quantidade:** o quanto de cada item deve ser feito.
- **(R) Roteiro:** o processo, suas operações, equipamentos e sequência.
- **(S) Serviços de suporte:** recursos, atividades ou funções auxiliares que devem suprir a área em questão e que lhe darão condições de funcionamento efetivo.
- **(T) Tempo:** quando, por quanto tempo, com que frequência e com que prazo.

Produto (P) e quantidade (Q) são os elementos que definem as características principais do arranjo físico, decisões básicas quanto ao arranjo físico de um estabelecimento levam em consideração a gama de produtos e a quantidade de cada produto a ser realizado.

Quanto ao roteiro (R), é importante, pois explica como os itens são produzidos, quais as transformações e qual a sequência na qual estas transformações devem ser realizadas. O roteiro pode ser definido através de listas de operação e equipamentos, cartas de processo e gráficos de fluxo.

Os serviços de suporte (S) são aqueles que não estão diretamente ligados à produção dos itens, porém, sem os quais a organização não funcionaria bem. Os serviços de suporte incluem manutenção, reparo de máquinas, ferramentaria,

sanitários, alimentação, atendimento de primeiros socorros, setores de expedição e recebimento, escritórios e áreas de armazenamento.

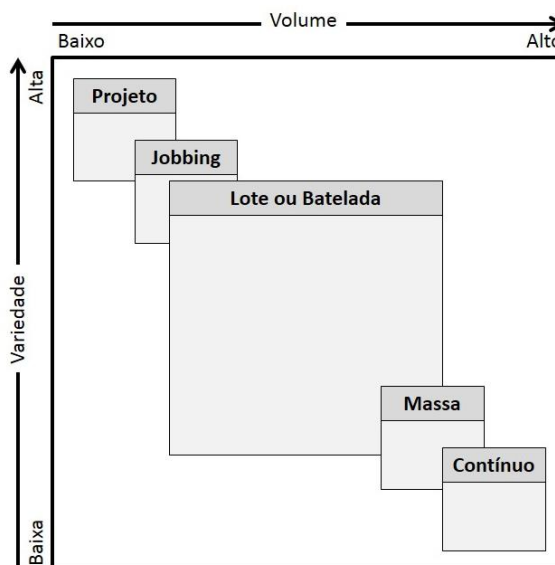
O elemento tempo (T) lida com questões como quando produzir, quando o projeto do arranjo físico será executado e qual o tempo de operação de cada máquina. Quando as organizações buscam otimizar a utilização de seus recursos, o elemento tempo torna-se um aspecto principal no planejamento do arranjo físico.

2.1.5 Tipos de processo

A posição na qual uma organização encontra-se em relação ao volume e à variedade de seus produtos ou serviços tem implicações em diversos aspectos do planejamento do arranjo físico.

Para Slack, Johnston, Chambers (2002), em manufatura, os processos podem ser divididos nos chamados tipos de processo em função do volume e da variedade produzidas. Em ordem crescente de volume e decrescente de variedade são:

Figura 4-Tipos de processo



Fonte: Adaptado de Slack, Johnston, & Chambers (2002)

- **Processo de projeto:** produtos discretos, normalmente customizados e com tempo de produção longo. Há flexibilidade quanto às atividades realizadas durante a produção. Sua essência é que cada produto tem início e fim bem definidos. Os recursos transformadores são normalmente organizados de forma específica para cada produto. Exemplos: construção de navios,

produção de filmes, construção de túneis, fabricação de turbo-geradores, perfuração de poços de petróleo, instalação de um sistema de computadores.

- **Processo de jobbing:** similar em alguns aspectos ao processo de projeto, porém, em vez de possuir recursos mais ou menos dedicados a cada produto, os produtos devem compartilhar os recursos entre si. Embora todos os produtos exijam mesmo tipo de atenção, diferirão entre si pelas necessidades exatas. Produz mais itens e usualmente menores do que o processo de projeto. Exemplos: mestres ferramenteiros de ferramentas especializadas, restauradores de móveis, alfaiates que trabalham por encomenda, gráficas.
- **Processo em lote ou batelada:** Como indica o nome, quando produz-se, mais de um produto é produzido. O tamanho do lote pode ser pequeno, como de dois ou três produtos, assemelhando-se ao processo em jobbing, principalmente se cada lote for um produto totalmente novo; ou o tamanho do lote pode ser grande, e se os produtos forem familiares à operação, o processo pode ser relativamente repetitivo. Por este motivo, o processo em lote pode ser baseado em uma ampla gama de níveis de volume e variedade. Exemplos: manufatura de máquinas-ferramentas, manufatura da maior parte das peças de conjuntos montados em massa, produção de roupas.
- **Processo em massa:** repetitiva e altamente previsível. Produz bens de alto volume e variedade relativamente estreita em termos dos aspectos fundamentais do projeto do produto. As diferentes variantes entre os produtos não afetam o processo básico de produção. Exemplos: fábricas de automóveis, fabricantes de bens duráveis, engarrafamento de cerveja, produção de CDs.
- **Processo contínuo:** situa-se um passo além do processo em massa pelo fato de operar com volumes ainda maiores e variedade menor. Normalmente opera por períodos de tempo longos. Às vezes é literalmente contínuo, já que o produto é inseparável e o fluxo é contínuo. Está muitas vezes ligado a tecnologias inflexíveis, de capital intensivo com fluxo altamente previsível. Exemplos: refinarias petroquímicas, usinas de eletricidade, siderúrgicas e fábricas de papéis.

2.1.6 Tipos de arranjo físico

Após a seleção do tipo de processo, é possível selecionar o tipo de arranjo físico que melhor se adapte a ele e aos objetivos da organização.

A escolha do arranjo físico, embora governe a maneira geral segundo a qual os recursos serão arranjados uns em relação aos outros, não define precisamente a posição exata de cada elemento da operação. (Slack, Johnston, & Chambers, 2002)

Segundo Slack, Johnston, Chambers (2002), os tipos básicos de arranjo físico são:

- **Arranjo físico posicional ou de posição fixa:** os recursos transformados não se movem entre os recursos transformadores. Quem sofre o processamento fica estacionário, enquanto equipamento, maquinário, instalações e pessoas movem-se na medida do necessário. Seleciona-se este arranjo físico quando o recurso transformado possui dimensões muito grandes, dificultando sua movimentação, ou está em condições nas quais não pode ser movido. Exemplos: construção de rodovia, cirurgia de coração, estaleiro, manutenção de computador de grande porte.
- **Arranjo físico por processo:** processos similares, ou com necessidades similares, são colocados juntos uns aos outros. A justificativa da decisão por este arranjo físico pode ser pela conveniência para a operação de mantê-los juntos, ou pelo benefício que este arranjo físico traz para a utilização dos recursos. O recurso transformado é movimentado de processo a processo, de acordo com suas necessidades, possibilitando que existam diferentes roteiros de operação. Exemplos: hospital, usinagem de peças de motores de avião.
- **Arranjo físico celular:** os recursos transformados são pré-selecionados para movimentar-se em uma parte específica da operação (célula), na qual todos os recursos transformadores necessários a atender suas necessidades de processamento se encontram. A célula em si pode organizar-se segundo um arranjo físico por processo ou por produto. Depois de processado pela célula, o recurso transformado pode seguir para outra célula ou não. O arranjo físico celular é uma tentativa de trazer ordem ao complexo fluxo existente no arranjo físico por processo. Exemplos: maternidade de hospital, empresas manufatureiras de componentes de computador.

- **Arranjo físico por produto ou em fluxo ou em linha:** localiza os recursos produtivos transformadores inteiramente segundo a melhor conveniência do recurso que está sendo transformado, que segue um roteiro pré-definido no qual a sequência de atividades requerida coincide com a sequência na qual os processos foram arranjados fisicamente. O fluxo é muito claro e previsível, o que o torna fácil de controlar. O que torna possível a utilização do arranjo físico por produto é a uniformidade dos requisitos dos recursos transformados. Exemplos: montagem de automóveis, programa de vacinação em massa, restaurante self-service.

Figura 5-Relação entre tipos de processo e tipos básicos de arranjo físico

Tipos de processo em manufatura	Tipos básicos de arranjo físico
Projeto	Arranjo físico posicional
Jobbing	Arranjo físico por processo
Lote ou Batelada	Arranjo físico celular
Massa	Arranjo físico por produto
Contínuo	

Fonte: Adaptado de Slack, Johnston, & Chambers (2002)

2.1.7 Seleção de arranjo físico

A decisão pelo tipo de arranjo físico é primeiramente definida pelas características de volume e variedade da operação. Ainda assim, mais de um tipo básico de arranjo físico pode suprir as necessidades de um mesmo tipo de processo. Por este motivo, após uma análise prévia de quais opções de arranjo físico são possíveis para a operação, devem ser analisadas as vantagens e desvantagens de cada uma das opções para a operação. (Slack, Johnston, & Chambers, 2002)

Tabela 2-Vantagens e desvantagens dos tipos de arranjo físico

	Vantagens	Desvantagens
Posicional	Flexibilidade muito alta de mix e produto Produto ou cliente não movido ou perturbado Alta variedade de tarefas para a mão-de-obra	Custos unitários muito altos Programação de espaço ou atividades pode ser complexa Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão-de-obra
Processo	Alta flexibilidade de mix e produto Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas Supervisão de equipamento e instalações relativamente fácil	Baixa utilização de recursos Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes Fluxo complexo pode ser difícil de controlar
Celular	Pode dar um bom equilíbrio entre custos e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta Atravessamento rápido Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação	Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual Pode requerer capacidade adicional Pode reduzir níveis de utilização de recursos
Produto	Baixos custos unitários para altos volumes Dá oportunidade para especialização de equipamento Movimentação conveniente de clientes e materiais	Pode ter baixa flexibilidade de mix Não muito robusto contra interrupções Trabalho pode ser repetitivo

Fonte: Adaptado de Slack, Johnston, & Chambers (2002)

2.1.8 Inter-relações não baseadas no fluxo de materiais

Em organizações tradicionais, o planejamento do arranjo físico comumente prioriza o fluxo de materiais a fim de otimizar a localização dos recursos, neste caso, ferramentas e metodologias, como análise do fluxo de materiais, cartas de processo, carta de-para, entre outras, atendem bem as necessidades deste tipo de sistema. Todavia, em alguns casos, o fluxo de materiais por si só não pode ser considerado

como base para planejamento do arranjo físico. Exemplos incluem organizações prestadoras de serviços e organizações nas quais o fluxo de materiais não tem importância para o arranjo físico, seja porque os materiais são transportados por tubos ou carrinhos de carga, ou então quando os volumes transportados são pequenos. Nestes casos pode-se utilizar uma carta de interligações preferenciais. (Muther, Planejamento do layout: sistema SLP, 1978)

A carta de interligações preferenciais é uma matriz triangular onde representa-se o grau de proximidade e o tipo de inter-relação entre uma certa área e cada uma das outras. Na célula em que existe o cruzamento entre duas áreas, deve-se inserir a importância da relação e a justificativa desta importância. O objetivo desta carta é mostrar quais atividades devem ser localizadas próximas e quais devem ficar afastadas.

Para a classificação da importância da relação, utiliza-se a escala A, E, I, O, U, X.

Tabela 3-Escala A, E, I, O, U

Escala	Cor	Significado em Inglês	Significado em Português
A	Vermelho	Absolutely necessary	Absolutamente necessário
E	Amarelo	Especially important	Especialmente importante
I	Verde	Important	Importante
O	Azul	Ordinary closeness	Pouco importante
U	Em branco	Unimportant	Desprezível
X	Marrom	Indesirable	Indesejável

Fonte: Adaptado de Muther, Planejamento do layout: sistema SLP (1978)

As razões da importância variam de caso e caso, utiliza-se um código numérico para facilitar a inserção das razões e a visualização da carta.

Tabela 4-Código dos elementos do arranjo físico

Código	Elemento
1	Presidente
2	Sr. Mesquita
3	Área de engenharia
4	Secretaria
5	Porta
6	Arquivo central
7	Sala de equipamento
8	Copiadora
9	Almoxarifado
10	Luz natural (janelas)
11	Telefones

Fonte: Adaptado de Muther, Planejamento do layout: sistema SLP (1978)

Tabela 5-Carta de interligações preferencias

	Telefones	Luz natural (janelas)	Almoxarifado	Copiadora	Sala de equipamento	Arquivo central	Porta	Secretaria	Área de engenharia	Sr. Mesquita
Presidente	A 2	I 4	U	X 3	U	O 2	I 2	A 1	U	O 1
Sr. Mesquita	E 2	O 4	U	U	O 2	I 2	O 2	I 1	A 5	
Área de engenharia	E 2	O 4	U	U	E 2,7	I 2	U	U		
Secretaria	A 2	I 4	I 1	I 1	U	E 1	E 6			
Porta	U	U	A 7	U	O 7	U				
Arquivo central	U	O 4	U	U	O 8					
Sala de equipamento	U	U	U	U						
Copiadora	U	U	E							
Almoxarifado	U	U								
Luz natural (janelas)	U									

Fonte: Adaptado de Muther, Planejamento do layout: sistema SLP (1978)

Tabela 6-Quantidade de interligações

Valor	Proximidade	Quantidade
A	Absolutamente necessário	5
E	Muito importante	6
I	Importante	8
O	Pouco importante	9
U	Desprezível	26
X	Indesejável	1
Total		55

Fonte: Adaptado de Muther, Planejamento do layout: sistema SLP (1978)

Tabela 7-Razões para interligações

Código	Razão
1	Contato pessoal
2	Conveniência
3	Barulho, perturbação
4	Luz
5	Uso em comum de equipamento
6	Recepção
7	Deslocamento do equipamento
8	Tipo similar de equipamento

Fonte: Adaptado de Muther, Planejamento do layout: sistema SLP (1978)

Após a geração da carta de interligações preferenciais, é possível gerar um diagrama com o intuito de facilitar a visualização das constatações existentes na carta. Cada elemento que deve ser incluído no arranjo físico é representado, assim como as intensidades das interligações preferenciais entre eles.

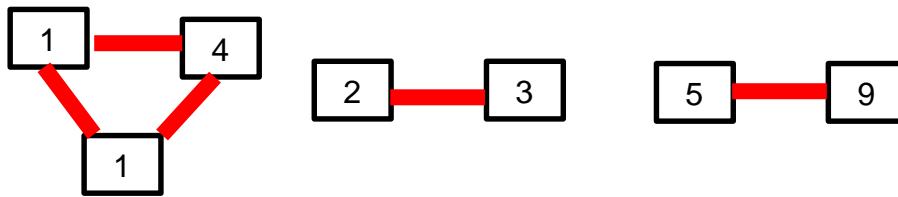
Tabela 8-Intensidades e cores das interligações

Escala	Cor	Tipo de Linha	Proximidade
A	Vermelho		Absolutamente necessário
E	Amarelo		Especialmente importante
I	Verde		Importante
O	Azul		Pouco importante
U	Em branco		Desprezível
X	Marrom		Indesejável

Fonte: Adaptado de Muther, Planejamento do layout: sistema SLP (1978)

Para a geração do diagrama, inicia-se pelas interligações de classe A, conectam-se todos os elementos a uma curta distância uns dos outros com uma linha do tipo A entre eles. Durante o processo de desenvolvimento do diagrama, deve-se ter em mente que existem inúmeras formas de dispor os elementos, por isso, pode ser conveniente propor diferentes formas de arranjo deles nesta etapa. Além disso, a cada etapa é normalmente necessário rearranjar alguns dos elementos.

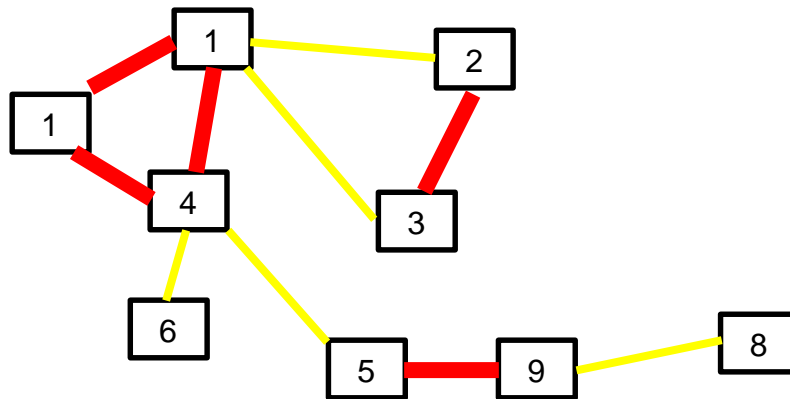
Figura 6-Interligações do tipo A



Fonte: Adaptado de Muther, Planejamento do layout: sistema SLP (1978)

Após isso, são inseridas as interligações de classe E, encontrando um tipo de arranjo no qual o comprimento delas seja aproximadamente o dobro das interligações de classe A.

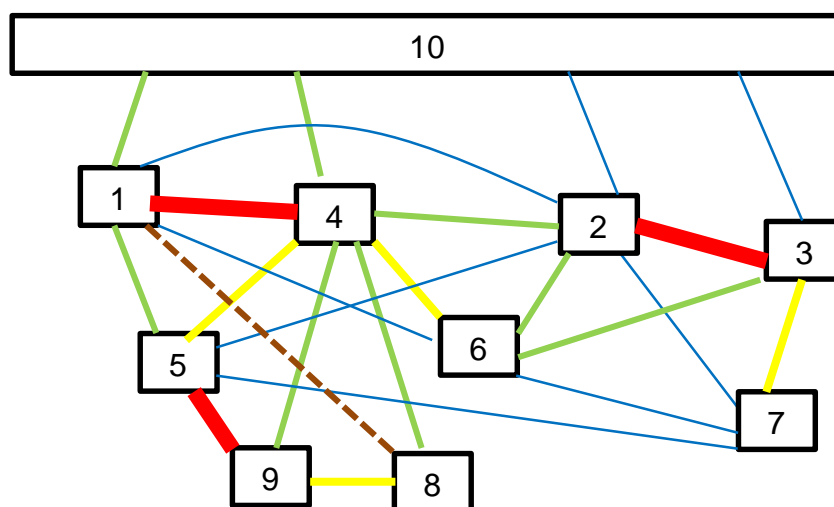
Figura 7-Interligações do tipo E



Fonte: Adaptado de Muther, Planejamento do layout: sistema SLP (1978)

Assim, sucessivamente, são incluídas as interligações de classe I, O e X.

Figura 8-Interligações dos tipos I, O e X



Fonte: Adaptado de Muther, Planejamento do layout: sistema SLP (1978)

Ao construir o diagrama, deve-se impedir que as linhas de conexão fiquem desnecessariamente emaranhadas. Para isso pode-se retirar alguns elementos e inter-relações do diagrama. Por exemplo, o elemento 11 (telefones) pode ser facilmente instalado em qualquer ponto, logo não foi necessário apresentá-lo no último diagrama.

Quando um elemento deve ficar próximo de muitos outros, podemos representá-lo deformando seu símbolo característico, facilitando a visualização, como foi realizado com o elemento 10 (janelas).

Caso um elemento seja ligado a muitos outros, isso é sinal de ele pode ser dividido ou descentralizado.

O diagrama acabado representa a interligação teórica ideal das atividades, independentemente da área necessária para cada uma.

2.1.9 Projeto detalhado de arranjo físico

Após a decisão pelo tipo básico de arranjo físico através da análise do tipo de processo e das vantagens e desvantagens de cada tipo básico de arranjo físico, é possível decidir o projeto detalhado do arranjo físico. As saídas desta fase são (Slack, Johnston, & Chambers, 2002):

- Localização física de todas as instalações, equipamentos, máquinas e pessoal que constituem os centros de trabalho da operação.
- O espaço a ser alocado a cada centro de trabalho.
- As tarefas que serão executadas por centro de trabalho.

2.2 Ergonomia

Segundo Guérin (2001), a finalidade da ação ergonômica é transformar o trabalho.

Segundo o website da ABERGO, em agosto de 2000, a Associação Internacional de Ergonomia adotou a definição oficial apresentada a seguir para ergonomia:

A Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema. Os

ergonomistas contribuem para o planejamento, projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas. (Associação Brasileira de Ergonomia, 2013)

A ergonomia busca dois objetivos (Falzon, 2007) (Guérin, 2001):

- Alcançar os objetivos econômicos determinados pela organização, em função dos investimentos realizados e futuros. Objetivo ligado a eficiência, produtividade, confiabilidade, qualidade, durabilidade.
- A concepção de situações de trabalho que não alterem a saúde dos trabalhadores e nas quais estes possam exercer suas competências ao mesmo tempo num plano individual e coletivo e encontrar possibilidades de valorização de suas capacidades. Objetivo ligado a segurança, saúde, conforto, facilidade de uso, satisfação, interesse no trabalho, prazer.

Para Guérin (2001) esses dois objetivos podem ser complementares, desde que seja aplicado um procedimento que considere interações entre duas lógicas: uma centrada no social e outra na produção.

2.2.1 Importância da ergonomia

A ergonomia se constituiu a partir do projeto de construir conhecimento sobre o ser humano em atividade, por meio de uma abordagem na qual o homem é pensado simultaneamente em suas dimensões fisiológicas, cognitivas e sociais. (Falzon, 2007)

Para a ergonomia não se trata apenas de estudar o homem em atividade, mas produzir conhecimentos úteis à ação, quer se trate da transformação ou da concepção de situações de trabalho ou objetos técnicos. Deve-se também elaborar conhecimentos sobre a ação ergonômica: metodologias de análise e intervenção nas situações de trabalho, metodologias de participação na concepção e avaliação dos dispositivos técnicos organizacionais. (Falzon, 2007)

2.2.2 Trabalho, tarefa e atividade

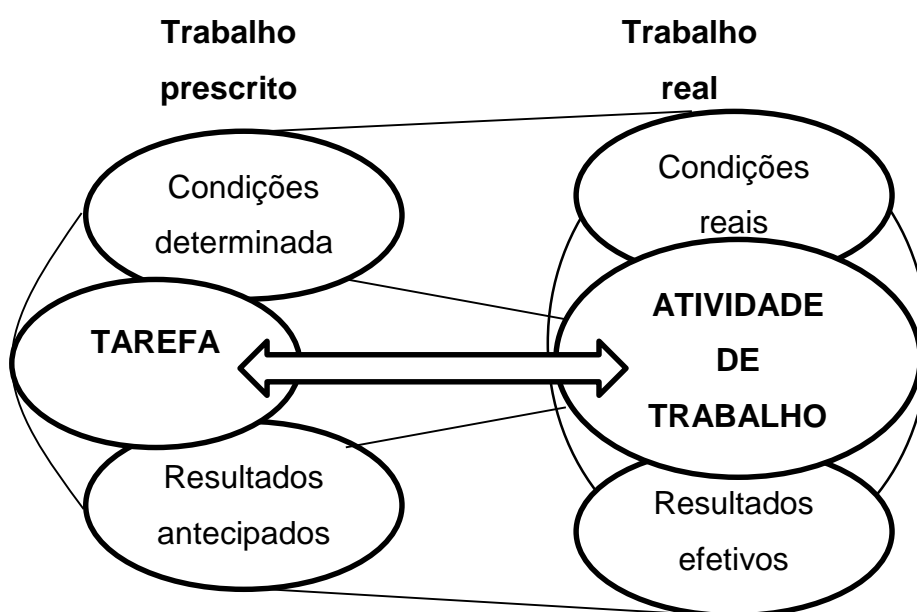
A ergonomia tem por objeto o trabalho, porém a palavra trabalho abrange diversos significados em seu uso corrente. Pode designar as condições de trabalho (trabalho penoso, trabalho pesado), o resultado do trabalho (trabalho malfeito, trabalho de primeira) ou a atividade de trabalho (fazer seu trabalho, trabalho

metodológico, estar sobrecarregado de trabalho). Esta multiplicidade de sentidos demonstra sua fundamental unidade. A atividade, as condições e o resultado da atividade não existem independentemente uns dos outros. O trabalho é a unidade dessas três realidades. (Guérin, 2001)

Tarefa é o que se deve fazer, o que é prescrito pela organização. A tarefa prescrita se define por um objetivo (resultados antecipados) e pelas condições de sua realização (condições determinadas). Objetivo é o estado final desejado e as condições dizem respeito aos procedimentos, constrangimentos de tempo, os meios postos à disposição, as características do ambiente físico, cognitivo e coletivo, as características sociais do trabalho. (Falzon, 2007) (Guérin, 2001)

Atividade é o que é efetivamente feito (resultados efetivos), o que o sujeito mobiliza para efetuar a tarefa (condições reais). É finalizada pelo objetivo que o sujeito fixa para si, a partir do objetivo da tarefa. (Falzon, 2007) (Guérin, 2001)

Figura 9-Trabalho prescrito e trabalho real



Fonte: Adaptado de Guérin (2001)

A análise do trabalho é a análise do conjunto deste sistema, a análise ergonômica é uma análise da atividade que se confronta com a análise dos outros elementos do trabalho. A tarefa não é o trabalho, porém o que é prescrito pela organização ao operador. Por ser uma prescrição exterior, determina e constrange sua atividade, mas ao mesmo tempo, é indispensável para que ele possa operar, já

que ao determinar sua atividade, ela o autoriza. O operador desenvolve sua atividade em tempo real em função desse quadro: a atividade de trabalho é uma estratégia de adaptação à situação real de trabalho, objeto da prescrição. A distância entre o prescrito e o real é a manifestação concreta da contradição sempre presente no ato de trabalho, entre “o que é pedido” e “o que a coisa pede”. A análise ergonômica da atividade é a análise das estratégias (regulação, antecipação, etc.) usadas pelo operador para administrar essa distância, ou seja, a análise do sistema homem tarefa.

2.2.3 Metodologia da ação ergonômica

Daniellou & Béguin (2007) indicam uma metodologia que pode ser seguida em projetos de ergonomia que inclui diversos elementos relevantes para o desenvolvimento do projeto, que incluem os fundamentos da ergonomia, os conhecimentos da ergonomia e os componentes da análise ergonômica.

2.2.3.1 Fundamentos da ergonomia

A ação ergonômica baseia-se num conjunto de fundamentos, de denominadores comuns aos processos de ação ergonômica (Daniellou & Béguin, 2007). Seguem os elementos que formam a base da ação ergonômica:

- **Ergonomia, uma disciplina de ação:** uma característica essencial de toda intervenção ergonômica é que ela não se contenta em produzir um conhecimento sobre as situações de trabalho, ela visa à ação. Essa perspectiva comum de ação pode se aplicar a objetos diversos: uma situação de trabalho existente, situações a conceber, uma classe de situações. Conforme o caso, as situações objeto da ação são, ou não, as mesmas que são objeto da análise. Essa perspectiva transformadora atende a critérios de saúde dos operadores e relativos à eficácia da ação produtiva. A ação ergonômica sobre os processos de trabalho visa, ao mesmo tempo, efeito sobre as pessoas e efeitos sobre a organização. Quanto à saúde, dizem respeito à integridade física dos trabalhadores e à relação subjetiva dos assalariados com seu trabalho (o sofrimento que dela pode decorrer). Trata-se de limitar os efeitos negativos do trabalho ou, até mesmo, favorecer o fato de que o trabalho pode desempenhar um papel positivo na construção da saúde de cada trabalhador. Quanto à eficácia, não se restringe aos critérios

descritos pelas ferramentas da gestão, mas também à prevenção dos riscos para a instalação ou para a população, ao custo devido aos agravos à integridade das pessoas ou da exclusão. O critério da eficácia demanda uma reflexão sobre a diversidade das lógicas em ação e dos atores atuando segundo essas lógicas particulares (clientes, administração, assalariados, população).

- **Definição dos problemas:** a construção do problema a resolver é um componente essencial da ação do ergonomista, os problemas a resolver não são um dado encontrado, já constituído quando a ação é solicitada. A análise da demanda constitui uma fonte de informação essencial para definir os critérios da ação e avaliar a factibilidade da intervenção.
- **A intervenção (articulação de vários pontos de vista e mobilização de uma diversidade de atores):** as interações que o ergonomista estabelece com outros atores, tanto para caracterizar as situações existentes quanto para implementar processos de transformação, são características da intervenção. Na intervenção ergonômica, a caracterização do estado inicial (diagnóstico), a definição do estado-objetivo e a natureza do processo a implementar são uma coprodução entre o ergonomista e outros atores.
- **Articulação entre compreensão do existente e ação sobre o futuro:** toda intervenção ergonômica numa situação existente visa contribuir com a definição de uma situação futura mais favorável, seja no caso de uma transformação limitada da mesma situação ou na concepção de novos meios de trabalho. Toda intervenção ergonômica pressupõe que seja possível se referir a situações existentes, apresentando certas características visadas pelo projeto. O ergonomista dimensiona sua contribuição considerando uma diversidade de fatores, como a natureza da demanda inicial e dos desafios identificados; o posicionamento dos demandantes; a identificação dos freios e dos aliados em potencial; os prazos fixados para a ação do ergonomista e os meios postos à sua disposição; as margens de manobra financeira e social; os projetos em curso.
- **Referências deontológicas:** a ação do ergonomista é dimensionada por uma representação do funcionamento do homem e da sociedade e, portanto, por valores. Alguns elementos deontológicos são a clareza quanto aos objetivos, métodos e ferramentas mobilizados, modalidades de restituição da

intervenção; o respeito das missões atribuídas às instâncias representativas dos trabalhadores; a concordância dos operadores para toda observação ou medida que os envolva; a ausência da utilização de métodos invasivos ou traumatizantes; a consideração conjunta do desempenho produtivo e o custo para as pessoas; o retorno prioritário aos operadores observados das constatações feitas sobre sua atividade e sua concordância antes de divulgar na organização; a descrição quanto às informações de natureza pessoal colhidas; o respeito ao segredo industrial negociado; a obrigação de informar ao médico do trabalho e ao empregador dos riscos graves para a saúde identificados no decorrer de uma intervenção.

2.2.3.2 Conhecimentos da ergonomia

A ação ergonômica mobiliza conhecimentos que têm diferentes origens, são de naturezas diferentes e cuja validade não obedece às mesmas regras de verificação. Há um desafio essencial em toda intervenção ergonômica: para a eficácia de sua ação, deve ao mesmo tempo mobilizar os conhecimentos e métodos existentes e permanecer disponível para a descoberta de dimensões que esses conhecimentos e métodos preliminares não tinham permitido prever (Daniellou & Béguin, 2007). Seguem os conhecimentos necessários à ação ergonômica:

- **Conhecimentos gerais sobre o ser humano e sua atividade:** dispõe-se de conhecimentos sobre as propriedades do ser humano e sobre seu funcionamento, alimentados por disciplinas como a fisiologia, a psicologia, a sociologia e a antropologia.
- **Recomendações gerais ou normas ergonômicas:** num número limitado de áreas, como a antropometria e a iluminação dos postos de trabalho, os conhecimentos estão suficientemente estabilizados para serem expressos na forma de recomendações gerais ou normas.
- **Bibliotecas de situações:** o ergonomista dispõe da biblioteca de situações que ele constituiu para si, seja através de sua experiência, seja através do relato de outros ergonomistas.
- **Conhecimentos sobre a atividade dos outros atores para facilitar o posicionamento do ergonomista:** a intervenção proveniente da ação ergonômica se dá em processos de ação coletivos, alimentados e influenciados pelo ergonomista, que deve, portanto, saber identificar os outros

atores envolvidos e posicionar sua ação em relação às deles, de modo que favoreça a realização da missão.

- **Métodos de caracterização das situações existentes:** para caracterizar as situações de trabalho existentes, o ergonomista dispõe de diversos métodos.
 - **Análise do trabalho:** a compreensão do trabalho não pode se limitar à observação da atividade. De fato, a atividade em cada situação de trabalho é integradora, marcada por uma diversidade de constrangimentos ligados ao funcionamento geral da organização, dos quais o operador envolvido pode ou não ter conhecimento. A análise ergonômica do trabalho pressupõe que, antes da análise da atividade, seja identificada a rede de exigências que guiaram as decisões nos setores correspondentes ao problema a tratar. Os métodos de análise do trabalho comportam, portanto, além da análise da atividade, métodos de exploração do funcionamento da organização e das representações dos atores.
 - **Questionamento diferido sobre a atividade:** as competências que o ergonomista adquire para dialogar com o operador enquanto observa sua atividade podem igualmente ser mobilizadas para formular perguntas fora do momento da atividade em questão. Essa competência é útil para dialogar com os operadores sobre a ocorrência de incidentes raros que o ergonomista não tem oportunidade de observar. Não se deve entrevistar o operador sobre uma classe de situações, mas sobre uma situação especificada.
 - **Métodos de intervenção na concepção de novas situações:** o conhecimento das situações existentes não é suficiente para avaliar as soluções propostas num processo de concepção ou reconcepção. O ergonomista precisa então dispor de métodos, permitindo antecipar o efeito da implantação dos meios de trabalho. Para fazê-lo utiliza-se, em especial, métodos de simulação.

2.2.3.3 Componentes da intervenção ergonômica

Os métodos descritos anteriormente visam um conhecimento do trabalho real, esses métodos são postos em prática no quadro da intervenção ergonômica

(Daniellou & Béguin, 2007). Seguem os componentes que devem ser levados em conta durante a intervenção ergonômica:

- **Análise da demanda:** esta etapa pressupõe que o ergonomista se encontre com uma diversidade de atores, portadores de uma parte da história ou dos desafios, tendo em vista identificar a história da demanda e do contexto, os atores envolvidos, além do demandante que entrou em contato com o ergonomista e as tentativas de resposta já realizadas; identificar os desafios que a questão colocada abrange, numa diversidade de áreas (econômica, recursos humanos, saúde), e as pessoas capazes de tomar a iniciativa; recolher informações permitindo objetivar os problemas levantados, mas também as representações existentes; identificar as representações que os atores têm do ergonomista e de sua contribuição potencial; identificar as margens de manobras já explícitas, aquelas que eventualmente podem ser identificadas, os constrangimentos a respeitar e os riscos que a intervenção comporta; permitir ao ergonomista avaliar a factibilidade e a pertinência de sua intervenção, propor uma reformulação dos objetivos e modalidades de ação.
- **Escolha das situações a analisar:** é pertinente para esclarecer as questões levantadas. Nem sempre são somente as situações que foram explicitamente mencionadas na demanda inicial. As hipóteses que guiam essas escolhas provêm ao mesmo tempo da análise da demanda e da biblioteca de situações análogas.
- **Análise do processo técnico e das fontes de prescrição:** para os setores selecionados, é necessário adquirir uma compreensão precisa do processo técnico e das prescrições formais que regem a organização. Para descobrir o processo técnico, é possível utilizar as explicações dos operadores observados, assim como documentos técnicos gerais ou internos à empresa. Quanto às prescrições, buscam-se identificar as formas sobre as quais os trabalhos são prescritos (definição das tarefas, modos operatórios, controle dos resultados a *posteriori*).
- **Análise da atividade ou a caracterização das situações:** a observação precisa das situações de trabalho se estrutura de forma bastante diferente conforme os objetivos da intervenção. Quando a demanda se refere a

problemas constatados em situações existentes, essa demanda irá guiar a exploração, em vista da formulação de um diagnóstico. A abordagem é diferente quando a demanda não se refere a um problema atual (concepção de um novo projeto).

- **Observação no quadro de uma demanda localizada:** quando a demanda é acarretada por dificuldades assinaladas numa situação de trabalho, esta demanda guia a análise da atividade, que pode ser distinguida em duas fases.
 - **Observações livres:** após a concordância das pessoas envolvidas, observa-se a situação de trabalho em sua globalidade e realiza-se uma conversa com os operadores. Buscam-se diferenças entre o que foi descrito e o que é realmente constatado na realidade. Dá-se atenção às formas de variabilidade da produção e do contexto, às respostas individuais ou coletivas que a elas os operadores dão e às formas de custo que esses modos operatórios podem comportar. Examina-se o recenseamento das operações e fluxos reais, as interações entre operadores, o uso das ferramentas, os resultados do trabalho (inclusive dejetos) e os traços do trabalho (nos dispositivos técnicos, nas roupas, nas pessoas). Realiza-se um pré-diagnóstico, que relaciona determinantes da atividade, algumas de suas características e alguns de seus resultados ou efeitos.
 - **Observações sistemáticas:** a partir das hipóteses emitidas no pré-diagnóstico, as observações são focalizadas com o intuito de validá-las. Para isso, pode-se utilizar um dos métodos de análise da atividade. Os resultados formulados a partir da análise são em seguida apresentados aos operadores envolvidos, cujos comentários podem enriquecê-los e validá-los. As observações sistemáticas e sua validação permitem que o pré-diagnóstico se torne um diagnóstico.
- **Validação e difusão das constatações:** as constatações, ou mesmo os diagnósticos produzidos são qualificados para a difusão na organização. Na escolha dos destinatários das constatações, dois grupos são visados, o grupo que tem poder de influenciar numa transformação mínima, no curto ou médio prazo e o grupo que tem papel estratégico de definição de orientações no longo prazo.

2.2.4 Condução de projetos de concepção de sistemas de trabalho

A ergonomia sempre teve como objetivo influenciar a concepção ou reconcepção dos meios de trabalho. Inicialmente essa contribuição assumiu a forma de recomendações após uma análise do existente. Pouco a pouco foi identificado que, para a concepção de situações futuras, os métodos de conhecimento do trabalho já existentes não eram transponíveis ao trabalho futuro, e por esse motivo, novos métodos foram desenvolvidos. (Daniellou, A ergonomia na condução de projetos de concepção de sistemas de trabalho, 2007)

Na ergonomia de concepção, o trabalho que é objeto da intervenção do ergonomista não existe ainda, a atividade não pode ser analisada, por isso, devem ser mobilizados métodos de abordagem da atividade futura.

O desafio da abordagem da atividade futura não é prever em detalhe a atividade que será desenvolvida no futuro, já que é impossível prever a atividade singular de um operador particular utilizando o sistema, o desafio desta abordagem é prever o espaço das formas possíveis de atividade futura, ou seja, avaliar em que medida as escolhas de concepção permitirão a implementação de modos operatórios compatíveis com os critérios escolhidos, em termos de saúde, eficácia produtiva, desenvolvimento pessoal, trabalho coletivo.

O ideal é que a concepção torne possíveis vários modos operatórios, aceitáveis do ponto de vista dos critérios escolhidos, em vez de definir uma forma única de operação aceitável. Esta flexibilidade permite melhor considerar a diversidade e variabilidade das situações e dos operadores, e também possibilita que os trabalhadores envolvidos possam alterar os modos operatórios, evitando solicitar constantemente as mesmas funções do organismo. Pode ser igualmente desejável que a concepção torne impossível certos modos operatórios devido aos riscos que causariam.

Os principais aspectos da condução de projeto capazes de produzir uma concepção de qualidade são a implementação de um coletivo, reunindo os diferentes responsáveis portadores das diversas racionalidades pertinentes (finanças, produto, produção, meio ambiente, qualidade, recursos humanos); uma abordagem do projeto integrando não só as dimensões técnicas, mas o conjunto das áreas necessárias para o funcionamento do sistema; uma definição dos objetivos de

projeto contendo uma consideração, das características existentes ou desejadas da população futura dos trabalhadores (faixa etária, gênero, nível de qualificação, estado de saúde) e uma decisão quanto à organização almejada (nível de autonomia, polivalência, evolução das qualificações, formas de cooperação entre funções), bem como a respeito das condições materiais do trabalho (redução de certas nocividades conhecidas).

Para poder integrar uma reflexão sobre a atividade futura às diferentes etapas da concepção, é necessário preparar as condições de simulação da mesma. Como não é possível observar a atividade no sistema que é objeto da concepção, deve-se procurar situações existentes cuja análise permitirá esclarecer os objetivos e condições da atividade futura. Tais situações são habitualmente designadas pelo nome situações de referência.

- **Análise das situações de referência:** procuram-se habitualmente vários tipos de situações de referência.
- 1. Situações em que as funções que deverão ser asseguradas pelo futuro sistema são atualmente asseguradas sob uma outra forma. Essas situações de referência permitirão, em especial, detectar fontes de diversidade e variabilidade (da matéria trabalhada, das demandas provenientes dos clientes, das ferramentas, do contexto, dos trabalhadores envolvidos), que poderiam ser subestimadas no processo de concepção.
- 2. Situações existentes comportando algumas das características técnicas ou organizacionais do futuro sistema. Não existe, em geral, um sistema estritamente idêntico, mas uma parte das soluções pode ser adotada em outro lugar. A análise destas situações permitirá detectar as fontes de variabilidade ligadas em especial à tecnologia (regulagens, disfunções, panes) ou às formas organizacionais adotadas. A escolha dessas situações pressupõe, portanto, um conhecimento das famílias de soluções consideradas pelo projeto e pode evoluir ao longo deste.
- 3. Em certos casos, pode ser igualmente necessário procurar situações de referência correspondentes ao contexto geográfico ou antropológico do local onde o projeto será implantado. Essa necessidade é evidente no caso de uma transferência de tecnologia entre continentes, mas pode igualmente surgir,

por exemplo, no caso de uma transferência entre uma grande empresa e uma pequena, ou no caso de uma mudança para uma região muito diferente.

As formas que a análise das situações de referência podem assumir são várias: em certos casos, serão sempre visitas, em outros, incluirão um trabalho com entrevistas e documentos, e por fim em alguns será possível realizar verdadeiras análises da atividade.

- **Recenseamento das situações de ação característica:** o principal resultado da análise das situações de referência é um recenseamento das formas de variabilidade capazes de aparecer no futuro sistema. É necessário então realizar um trabalho de transposição, para determinar quais fontes de variabilidade observadas nessas situações são capazes de aparecer no futuro sistema. A formalização dessa análise passa, em particular, por uma lista de situações de ação características futuras prováveis. Trata-se de recensear as classes de situações que os operadores provavelmente terão de gerir no futuro: algumas correspondem a situações normais de funcionamento, instalação, aprovisionamento, regulação, limpeza, manutenção, mudança de ferramenta ou de produção; outras correspondem à variabilidade inevitável da produção (diversidade de tamanhos dos produtos, produto sensível ao calor); ou à variabilidade incidental (ruptura de uma ferramenta, desregulação, corte de energia). Cada situação de ação característica escolhida será definida por: objetivos buscados (tarefas a cumprir), critérios de produção (qualidade, prazo, consequências em caso de erro), categorias profissionais envolvidas e fatores capazes de influenciar o estado interno das pessoas (trabalho noturno, exposição ao frio).
- **Os usos das situações de ações características:** o recenseamento das situações de ação características prováveis no futuro sistema é a ferramenta essencial em todas as etapas do processo de concepção, na medida em que permite estabelecer uma ponte entre as atividades efetivamente analisadas e a abordagem da atividade futura. Podem ser citados como uso:
 - Em fase de definição dos objetivos do projeto, de programação, de memoriais descritivos, as situações de ação características permitem avaliar melhor as consequências de certas escolhas estratégicas.

- As situações de ação característica desempenham um papel essencial na redação das referências para concepção
- A lista de ações características poderá ser utilizada para a avaliação do projeto após a partida, a análise da atividade real permitindo analisar o valor preditivo da metodologia, as situações que tinham sido corretamente antecipadas e as que não tinham sido identificadas.
- **As referências para a concepção:** designam a formalização que o ergonomista faz de suas constatações nas situações existentes que analisou. Comportam normalmente três aspectos:
 - Referências descritivas, através das quais se chama atenção para certos desafios do projeto, sem pressupor as soluções que serão elaboradas.
 - Referências prescritivas, nas áreas em que o estado dos conhecimentos se encontra suficientemente estabilizado (antropometria, iluminação, respeito dos estereótipos) para ser possível prescrever um resultado.
 - Referências de procedimento, através das quais se prepara a sequência da intervenção. Assinala as próximas etapas da metodologia e indica os recursos que serão necessários para essas etapas. Estrutura-se assim anteriormente as interações futuras com os outros atores da concepção.

3 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

Para que seja possível conceber o arranjo físico e as normas de utilização da nova Sala de Projetos, serão utilizadas entrevistas e situações de referência que servirão de base para o fornecimento de informações.

As entrevistas foram realizadas com o Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul, professor responsável pela implantação da Sala de Projetos e com os monitores da atual Sala de Projetos.

A principal situação de referência utilizada é a atual Sala de Projetos. Nela, será possível analisar as situações de ação característica nas quais espera-se que a sala seja utilizada. Através das observações será possível obter as informações necessárias para as próximas etapas do desenvolvimento do arranjo físico e das normas de utilização e segurança. Outras situações de referência utilizadas são locais que possuem uso e finalidade similares à Sala de Projetos.

3.1 Entrevistas

As entrevistas serviram de base principalmente para entender quais são as expectativas e opiniões dos atores que mais têm conhecimentos relevantes à concepção da sala de projetos.

3.1.1 Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul

O Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul, professor do PRO, é o responsável pela implantação da Sala de Projetos, portanto, suas opiniões e informações são essenciais, já que é necessário que o arranjo físico esteja alinhado com suas expectativas e ideias.

Nas entrevistas realizadas foi possível compreender qual o objetivo da Sala de Projetos: servir como espaço livre para alunos para a realização de projetos de qualquer tipo, muito embora existirão alguns recursos destinados principalmente a projetos de desenvolvimento de produtos, como softwares e equipamentos. Seu uso não será limitado a projetos relacionados a disciplinas, e espera-se que o laboratório possa estar disponível 24h por dia, todos os dias da semana, muito embora não foi seriamente pensado em como operacionalizar isto.

O Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul citou como referência dois espaços nos EUA que servem como base para o que ele espera seja a Sala de

Projetos do PRO, o Design Loft situado na Stanford University e o Radicand Labs, ambos serão melhor descritos posteriormente nas situações de referência. Pode-se notar que ambos espaços são bastante flexíveis, permitindo reuniões de grupos, desenvolvimento de ideias e fabricação de peças e protótipos.

Quanto ao arranjo físico da futura Sala de Projetos, a primeira restrição é o espaço disponível a ela no novo prédio. O mobiliário que será disponibilizado ainda não está definido, ficando a sugestão de utilizar como base móveis da empresa Steelcase, empresa especializada em produzir móveis ergonômicos para escritórios em todo o mundo.

Além dos móveis, planeja-se que estejam disponíveis equipamentos e máquinas que auxiliem os usuários no desenvolvimento de projetos. São eles computadores dotados de softwares diversos (softwares de Product Lifecycle Management, Modelagem 3D, Matemática, Estatística e Simulação, Quality Function Deployment, Failure Mode and Effect Analysis, Gestão de Projetos, Gestão de Processos), computador de alta capacidade de processamento para processamento de imagem, equipamento de eyetracking, aparelho Kinect, scanner 3D, scanner convencional impressoras 3D, decibelímetro, luxímetro, termômetro, higrômetro integrado, anemômetro, antropômetro, fita antropométrica, medidor de stress térmico, trena eletrônica.

O arranjo físico inicial proposto pelo professor foi a divisão da Sala de Projetos em salas menores pelo uso, focando nas diferentes atividades que podem ser realizadas dentro da nova sala. Com ao menos duas salas para reunião de grupos, com sofá, mesas, cadeiras, lousas e computadores; uma sala de ergonomia, para análise ergonômica com computador e os devidos equipamentos; uma sala de processamento de imagem, com scanner 3D, computador de alta capacidade, aparelho Kinect; uma sala para computadores com softwares e impressão 3D. Outro ambiente sugerido, porém não essencial seria uma área para café.

3.1.2 Monitores da Sala de Projetos atual

Os monitores da atual Sala de Projetos forneceram informações importantes sobre a utilização dela, já que são eles os responsáveis pela sala e pelo seu funcionamento. Foram entrevistados os monitores Bruno Kawasaki, Armando Nader, Gabriel Delage e Eloi Pattaro.

Foram feitas as mesmas perguntas para todos os monitores, já que cada monitor é responsável pela sala em diferentes horários, podendo cada um ter observado situações diferentes.

Todos os monitores são responsáveis por abrir e fechar a sala e por zelar por ela. Porém, outras tarefas variam de monitor para monitor, estas tarefas que não são desempenhadas por todos os monitores incluem: manutenção, preparação, auxílio a usuários, supervisão, reposição de matéria-prima e limpeza das impressoras 3D; auxílio a usuários em modelagem 3D; organização da sala; manutenção, instalação e atualização de softwares dos computadores.

A única fonte que pode trazer risco real de acidentes são as impressoras 3D, já que seus movimentos são controlados pelo computador e o bico de extrusão e a mesa de impressão chegam a altas temperaturas. Até o momento não ocorreu nenhum acidente na Sala de Projetos. Porém, em uma ocasião uma das impressoras superaqueceu e começou a soltar fumaça, ao perceber isso, o monitor rapidamente a desligou, porém a impressora acabou sendo inutilizada. Em outra situação, devido ao grande número de projetos a serem impressos, havia momentos nos quais a impressora 3D ficava sem supervisão de monitores, o grupo que estava utilizando a impressora 3D não percebeu que a matéria-prima havia acabado, o que acabou resultando em defeito momentâneo na impressora.

Embora não existam normas de utilização e segurança formalizadas, os monitores fazem orientações aos usuários da Sala de Projetos. Cuidados como prender cabelos longos e utilizar alicate sempre que for manusear material extrudado pela impressora 3D e supervisão constante da impressora 3D quando estiver em uso.

Quanto a recomendações de organização do arranjo físico, os monitores sugeriram a existência de um rolo de matéria-prima por impressora 3D para que não seja necessária reposição constante e para que a falta de matéria-prima não cause problemas na impressora 3D, atualmente existe somente um rolo de material, o material é cortado em pedaços para que haja material disponível em todas as impressoras 3D; o posicionamento um pouco mais elevado da impressora, já que como durante a impressão é necessária supervisão constante, é necessário que o observador fique em posição curvada e desconfortável; posicionamento de mais

lixeiras perto das impressoras 3D para descarte de material; local para organização e armazenamento de ferramentas e equipamentos; local para exposição de peças impressas, para que não fiquem espalhadas pela sala; local para ferramentas e material de limpeza das impressoras.

3.2 Situações de referência

No caso da nova Sala de Projetos, as situações de referência são espaços que apresentam utilização semelhante ou equipamentos semelhantes.

Por terem semelhanças com a nova Sala de Projetos, a análise das situações de referência fornece uma diversidade de entradas para a concepção do arranjo físico e das normas de utilização dela.

3.2.1 Sala de Projetos atual

Atualmente a Sala de Projetos é localizada no primeiro andar do prédio do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PRO), onde antes era localizada a cantina do prédio.

A sala pode ser dividida em quatro ambientes: o ambiente principal (onde estão localizadas mesas, cadeiras, computadores, impressoras 3D), duas salas para reunião de grupos (separadas por paredes, mas sem porta) e uma área de depósito (separada por uma porta de vidro e onde estão localizados servidores e um armário).

Figura 10-Sala de Projetos atual



Fonte: Autor

Os elementos que atualmente compõem o laboratório de projetos são:

Tabela 9-Elementos da Sala de Projetos atual

Elemento	Quantidade
Mesa Pequena	5
Mesa Grande	9
Cadeira	25
Computador	7
Impressora 3D	4
TV	2
Lousa	1
Servidor	3
Armário	1
Prateleira	2

Fonte: Elaborado pelo autor

Para melhorar a análise do arranjo físico da atual sala de projetos, foi desenvolvido um rápido esboço da sala com o aplicativo online Homestyler (Autodesk, Inc, 2013). Embora não seja possível a representação exata do arranjo físico devido à necessidade de utilização de móveis e objetos já existentes dentro da plataforma, é possível utilizar móveis e objetos similares que representam bem as dimensões, proporções e distâncias dentro da sala de projetos atual. Para o objetivo deste modelo, que é somente permitir a visualização de como o espaço na Sala de Projetos atual é utilizado, o modelo construído no Homestyler é suficiente.

Figura 11-Planta da Sala de Projetos atual



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12-Modelo 3D da Sala de Projetos atual



Fonte: Elaborado pelo autor

Foi possível observar a utilização da sala de projetos atual em duas situações de ação característica diversas. As observações realizadas na Sala de Projetos atual

nestas situações fornecem informações sobre a Sala de Projetos em uso, sendo possível observar a interação entre o arranjo físico e seus usuários.

As duas situações de ação característica observadas foram a utilização durante uma aula expositiva e a utilização da impressora 3D em horário livre.

3.2.1.1 Utilização durante aula expositiva

No dia 17 de setembro de 2013, das 20h50 às 22h30, foi possível acompanhar a aula da disciplina PRO2719-Materiais e Processos de Produção III, oferecida aos alunos do curso de Design, ministrada pela Professora Doutora Uiara Bandineli Montedo e pelo monitor da disciplina Bruno Kawasaki.

A aula foi realizada na Sala de Projetos do atual prédio do PRO. A sala foi utilizada pela primeira vez para a disciplina. A turma da disciplina, composta por aproximadamente 40 alunos, foi dividida em duas, para que fosse possível melhor acomodar todos os presentes. No total havia 18 pessoas (15 alunos, uma professora, um monitor e o autor deste trabalho).

O objetivo desta aula era de apresentar aos alunos de Design a plataforma 123D Catch, que permite transformar fotos em modelos 3D através da geração de uma malha de pontos. Esta plataforma pode ser utilizada em computador (instalado nele ou no aplicativo web) ou em smartphone (no aplicativo).

Os alunos foram aos poucos chegando à sala e acomodando-se nas cadeiras. Alguns dos alunos não puderam sentar-se em uma cadeira que tivesse fácil acesso às mesas e utilizaram as cadeiras dos computadores. Porém, como as mesas dos computadores ficam viradas de costas para a TV, não podiam utilizá-las, pois ficariam de costas para a TV, a professora e o monitor, o que tornava desconfortável a realização de anotações, já que não havia mesa.

No início da aula a professora fez explicações gerais sobre a disciplina. Em seguida, o monitor iniciou a exposição na TV do tutorial que havia montado para uso do 123D Catch. Durante as duas apresentações a porta da sala esteve aberta, já que o dia estava um pouco quente e na sala não há aparelho de ar condicionado, porém, havia um grupo que conversava próximo à sala e o ruído desta conversa causou certo incômodo, além disso, o ruído constante provocado pelos servidores

que estão dentro da sala, porém separados por uma porta de vidro, também podia ser ouvido.

Figura 13-Alunos assistindo a aula e utilizando computador



Fonte: Autor

Pela localização elevada da TV, todos os participantes sentados conseguiam acompanhar o que era passado nela, já que a distância máxima de um observador era de no máximo 3m. Embora fosse noite e não houvesse luz natural, a iluminação artificial foi suficiente para a realização de todas as atividades.

No fim da aula os alunos sentaram-se com seus respectivos grupos de trabalho nos computadores para poderem se familiarizar com o 123D Catch. Após a interação com a plataforma a aula foi encerrada.

3.2.1.2 Utilização da impressora 3D em horário livre

No dia 30 de setembro de 2013, das 7h30 às 9h00 foi possível observar a situação de utilização da impressora 3D em horário livre. Escolheu-se por observar uma situação na qual um objeto fosse impresso pela impressora 3D, já que nesta situação são realizadas atividades menos usuais. Porém, no período no qual esta observação foi planejada, não havia previsão de impressão de nenhuma peça. Por este motivo, foi realizada uma simulação, o autor deste texto realizou a impressão de uma peça teste já modelada, simulando um aluno que já havia modelado sua peça e que gostaria de imprimi-la. A simulação foi previamente agendada com o monitor da sala, Bruno Kawasaki, que havia sido informado das circunstâncias.

A impressão de peças na impressora 3D Metamáquina 2 ocorre por deposição de material, neste caso o PLA. A peça a ser impressa é formada a partir

da deposição de material derretido em diversas camadas, uma sobre a outra, com o resfriamento do material, ele endurece e a peça está formada.

Ao chegar à sala, o monitor lavou a placa de vidro sobre a qual a impressão é realizada para desengordurar a superfície, utilizou-se água e sabão e foi possível fazê-lo no banheiro masculino que existe próximo à Sala de Projetos atual. A placa de vidro foi seca e fixada em sua posição, o computador e a impressora 3D foram ligados, o software Pronterface foi aberto com o modelo teste que seria impresso e um alicate foi utilizado para a retirada de resíduos de material da impressão anterior do bico de extrusão da impressora 3D.

Figura 14-Monitor calibrando impressora 3D Metamáquina 2



Fonte: Autor

Após isso foi realizada a calibração do bico da impressora 3D, para que esta toque levemente a base de vidro. O controle do software permite que o bico da impressora 3D seja movimentado em 1 mm para cima ou para baixo e 0,1 mm para cima ou para baixo. Para a calibração, colocou-se uma folha de papel sobre a base de vidro. O bico da impressora foi baixado com movimentos de 1 mm para baixo até que chegasse próximo à folha, porém sem encostar nela. A partir deste ponto, foram utilizados movimentos de 0,1 mm, a cada movimento observava-se caso a folha ainda podia ser movida, até que, quando a folha não podia ser mais movida, sabia-se que o bico estava calibrado. Para a retirada da folha, o bico foi levantado em 0,1 mm, sendo possível retirar a folha e novamente baixado em 0,1 mm.

Com o acionamento do início da impressão no software, esperou-se por alguns minutos pelo aquecimento do bico de extrusão da impressora 3D. Estando o bico de extrusão aquecido, a impressão foi iniciada. A base da impressora 3D, onde

é formada a peça, move-se em um eixo, perpendicular a um usuário que observa a impressão de frente. O bico da impressora 3D, que deposita o material, move-se em um plano paralelo ao usuário.

Durante a impressão, houve deposição de material fora do local de impressão, por falhas da impressora. A impressora foi pausada e o material foi removido com o alicate, já que a temperatura do material ainda quente facilitava sua retirada.

Em aproximadamente 10 minutos a peça teste havia sido impressa. Aguardou-se 2 minutos para que pudesse esfriar e novamente foi utilizado o alicate para desprender a peça da base de vidro. A peça impressa tinha as características de qualidade esperadas e a impressão foi satisfatória.

Figura 15-Peças impressas na impressora 3D



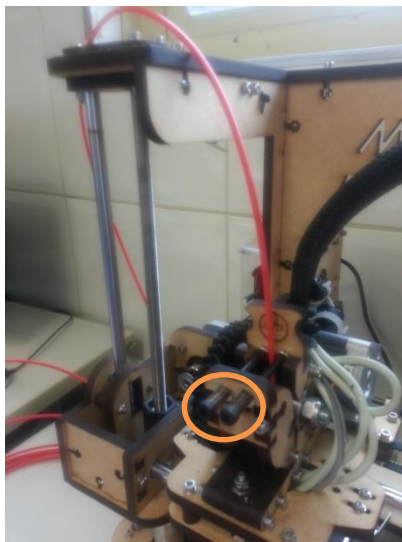
Fonte: Autor

Por todo o período de impressão é necessária a presença de um usuário, já que no caso de quaisquer eventos, como erro de impressão, ou defeito, a impressão possa ser rapidamente pausada ou cancelada e uma solução possa ser encontrada. Segundo o monitor, em alguns casos, dependendo da peça, o bico da impressora não sobe de camada, tentando depositar mais material na mesma camada, neste caso, a solução encontrada até o momento foi fazer mudanças no modelo no software.

Caso a impressora 3D não esteja calibrada no plano horizontal, pode ocorrer de uma peça ser impressa com erro, para sanar este problema, existem roscas que quando giradas calibram a impressora 3D.

O monitor demonstrou como é realizada a troca da matéria-prima (PLA). Para isso devem ser pressionados com bastante força dois botões até que uma peça se solte e seja possível introduzir mais material. Pela existência de somente um rolo de PLA na Sala de Projetos atual, os monitores têm necessidade de fazer reposição com alta frequência, o que pela dificuldade de execução deveria ser evitado.

Figura 16-Botões da impressora 3D que devem ser pressionados para troca de PLA



Fonte: Autor

Como durante todo o tempo de impressão é necessária a observação do usuário, poderia ser conveniente que a impressora 3D estivesse apoiada em um nível um pouco mais elevado, já que na atual posição é necessário que o usuário fique em posição desconfortável para que possa observar o bico de extrusão da impressora 3D. Atualmente somente um computador pode ser ligado à uma impressora 3D, porém, na nova Sala de Projetos será possível ligar até dois computadores por impressora 3D.

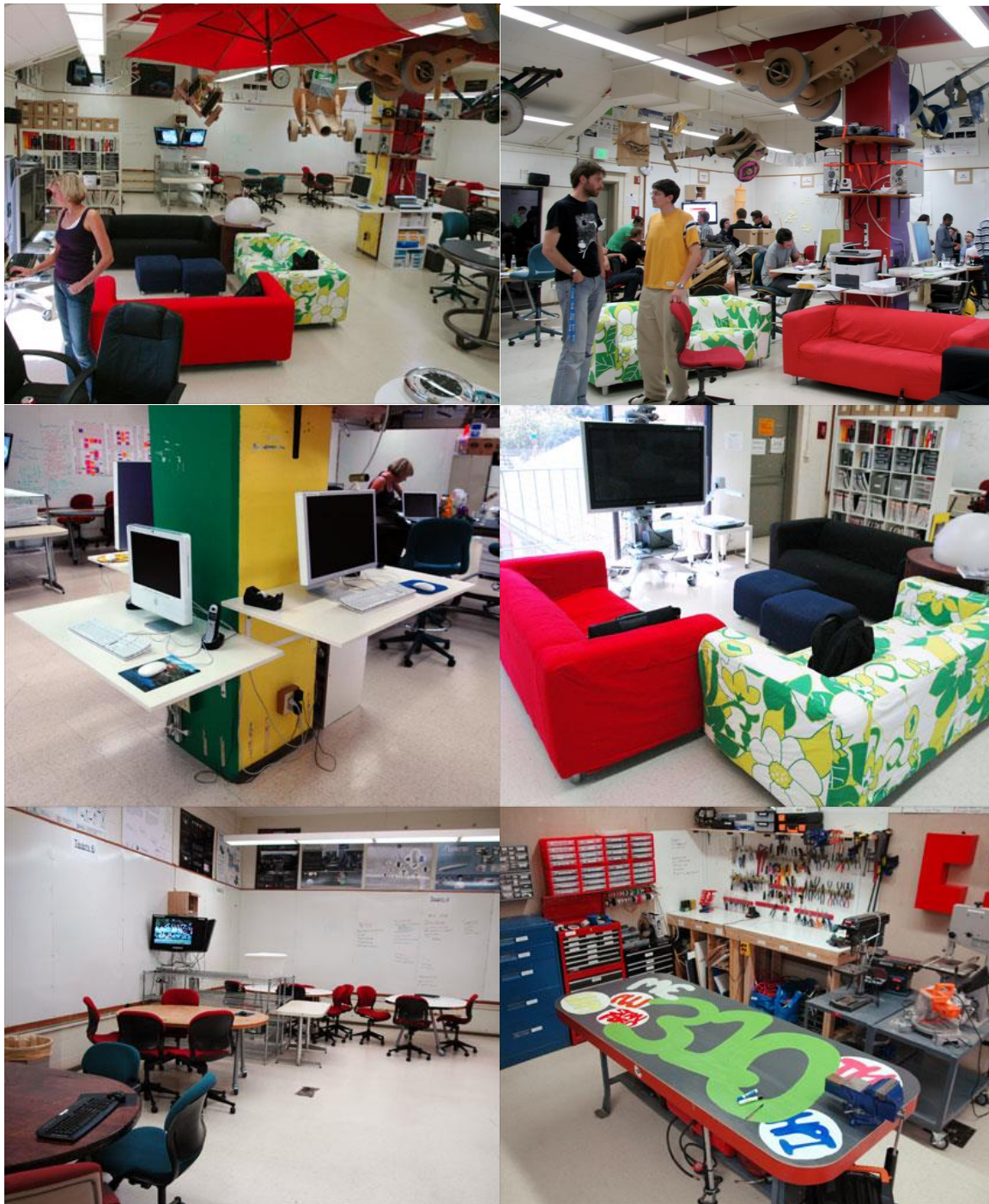
3.2.2 Design Loft na Stanford University

A Stanford University, localizada próxima à cidade de Palo Alto, no estado da Califórnia, EUA, é internacionalmente renomada por ser uma universidade que incentiva e promove empreendedorismo e inovação entre seus alunos. Em uma de suas disciplinas, ME310-Design Innovation, empresas globais propõem desafios a alunos de Stanford e outras universidades renomadas de todo o mundo na concepção de designs inovadores, desta disciplina já foram concebidos projetos de

equipamentos de ar condicionado pessoais e aparelhos de video conferência inovadores. (Stanford University, 2013)

Para o curso da disciplina, a universidade oferece a eles o Design Loft, um espaço onde é possível desenvolver os projetos de seus produtos.

Figura 17-Design Loft na Stanford University



Fonte: Stanford University (2013)

O Design Loft tem seu arranjo físico organizado pelo uso, no qual o espaço é composto por uma diversidade de células, já que em cada uma das células, os recursos disponíveis são aqueles necessários para a realização de todas as atividades de uma etapa do desenvolvimento do projeto.

As células identificáveis são: célula de videoconferência, composta de sofás, TV e aparelho de videoconferência; célula de reunião de grupo, composta de sofás ou mesas, cadeiras e TV; célula de prototipagem rápida, composta de bancada, diversas ferramentas e maquinário; célula de informática, composta de computadores mesas e cadeiras.

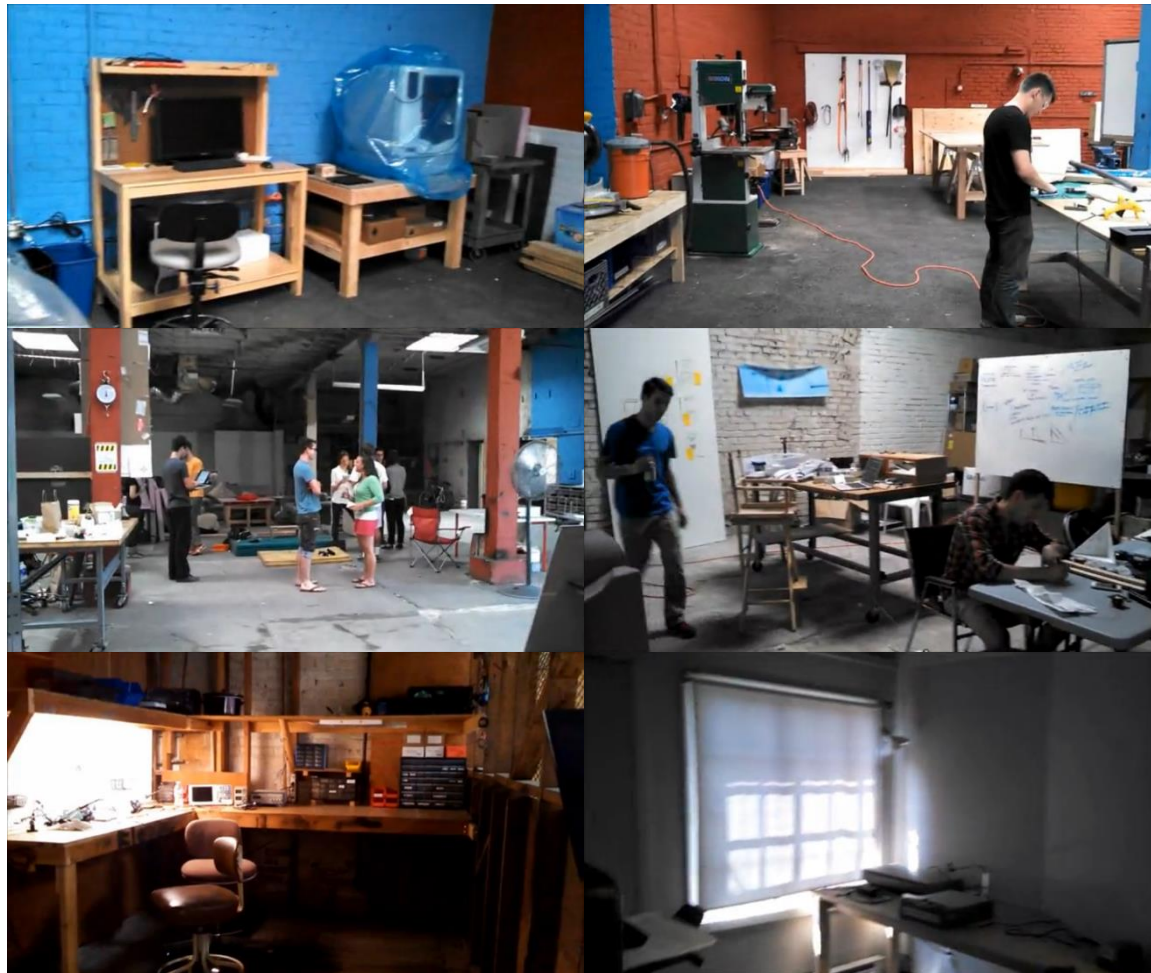
Nota-se que no Design Loft otimiza-se o espaço em todas as suas dimensões. As paredes servem como lousa, no teto são expostos produtos e peças que incentivam a criatividade, as cadeiras e algumas mesas possuem rodinhas que permitem movimentação de acordo com a situação de uso, minimiza-se o uso de paredes entre as células. O espaço é bastante criativo e aberto, dando liberdade à movimentação dos seus usuários.

3.2.3 Radicand Labs

O Radicand Labs considera-se uma plataforma colaborativa para empreendedores e desenvolvedores autônomos de engenharia, localizado na cidade de Redwood, no estado da Califórnia, EUA. Para ter acesso ao Radicand Labs é necessário passar por um processo seletivo no qual somente indivíduos altamente qualificados são aceitos, no mês de outubro de 2013 havia 38 membros. (Radicand Labs, 2013)

Os membros do Radicand Labs têm acesso à consultoria dos melhores profissionais dos cursos de engenharia, design e ciência da computação da Stanford University e ao espaço equipado para facilitar a colaboração e prototipagem rápida de seus projetos.

Figura 18-Radicand Labs



Fonte: Radicand Labs (2013)

No Radicand Labs, o arranjo físico é dividido em células, como no Design Loft da Stanford University, porém, o espaço disponível no Radicand Labs é consideravelmente maior.

As células identificáveis são: célula de impressão 3D, composta de impressora 3D e computador; célula de prototipagem rápida, composta de bancada, diversas ferramentas e maquinário; célula de reunião de grupo, composta de sofás, mesas, cadeiras e lousas; célula de eletrônica, composta de equipamentos de eletrônica; célula de processamento de imagem, composta de scanner 3D e outros equipamentos de imagem.

3.2.4 Normas de utilização e segurança em outros laboratórios

É conveniente utilizar normas de utilização e segurança de outros laboratórios que tenham uso semelhante à futura sala de projetos para a concepção de suas normas de utilização.

Parte-se do princípio que os diversos laboratórios, já em funcionamento, tenham experiência de situações reais ou hipotéticas que poderiam colocar em risco o patrimônio ou os usuários dos laboratórios, definindo assim normas que se adequassem a esta experiência.

Foi possível encontrar através de pesquisa as normas de utilização e segurança de espaços com uso similar à sala de projetos nas seguintes instituições. (Northwestern University, 2013) (Purdue University, 2013) (California Institute of Technology, 2013)

Tabela 10-Situações de referência para as normas de utilização e segurança da nova Sala de Projetos

Instituição	Localização	Nome	Recursos em comum com Sala de Projetos
Northwestern University	Evanston, Illinois, EUA	Prototyping and Fabrication Lab	Computadores Impressora 3D
Purdue University	West Lafayette, Indiana, EUA	Artisan and Fabrication Lab	Computadores Impressora 3D
California Institute of Technology	Pasadena, California, EUA	Jim Hall Design and Prototyping Lab	Computadores Impressora 3D

Fonte: Elaborado pelo autor

Os principais pontos observados nas normas de utilização e segurança que são interessantes à nova sala de projetos são:

- Horário de funcionamento
- Usuários com permissão de acesso
- Autorização para utilização de máquinas e equipamentos
- Advertências e punições
- Proibição no consumo de alimentos e bebidas e proibição na utilização de fones de ouvido durante uso de máquinas
- Presença constante do usuário no funcionamento de máquinas
- Manutenção, limpeza, organização do espaço
- Restrições no uso dos computadores

4 ARRANJO FÍSICO

Durante todo o desenvolvimento do projeto, os seis princípios do planejamento do arranjo físico sugeridos por Muther (1955) (princípios da integração total, da mínima distância movida, de fluxo, do espaço cúbico, da satisfação e segurança, da flexibilidade) servirão de base. Sendo alguns deles, como os princípios da integração total, da satisfação e segurança e da flexibilidade, considerados com maior importância, dada a natureza do projeto.

4.1 Elementos do arranjo físico

Na nova sala de projetos, os cinco elementos básicos sobre os quais um arranjo físico é planejado, segundo Muther (1978), são:

- **(P) Produto:** no caso da nova Sala de Projetos, entende-se como produto o resultado final dos processos realizados dentro dela. Não é possível definir um único tipo de produto. Embora exista somente um tipo de produto físico, as peças produzidas pela impressora 3D, nem todos os tipos de uso da sala necessariamente resultam em uma peça impressa. Os produtos finais podem ser, por exemplo, o modelo de uma peça em um software, uma aula relacionada ao desenvolvimento de produtos, a demonstração ou treinamento do uso de um software ou da impressora 3D, uma reunião de grupo, a análise ergonômica de um produto, etc.
- **(Q) Quantidade:** vista a enorme variabilidade entre as saídas dos processos realizados dentro da Sala de Projetos, pode-se dizer, salvo em raras ocasiões, que cada produto é único. Mesmo quando o produto final é uma peça impressa ou um protótipo, o objetivo da Sala de Projetos não é a produção destes itens em larga escala.
- **(R) Roteiro:** embora, em uma organização que fabrica produtos, os principais fluxos são aqueles que envolvem matérias-primas, peças e produtos acabados, o que, no caso da sala de projetos, a movimentação destes elementos praticamente inexistente. Os únicos materiais que são movimentados dentro da Sala de Projetos são a matéria-prima da impressora 3D, chamada ácido polilático (PLA) e utilizada na forma que se assemelha a um fio, e as peças impressas na impressora 3D. Ambos materiais são de dimensões reduzidas, e a quantidade de movimentações destes materiais é muito baixa.

Neste caso específico, os principais fluxos são aqueles que envolvem pessoas, já que estas sim, realizam várias movimentações dentro da sala para realizar diferentes atividades. Não é possível descrever todos os roteiros e sequências dentro da sala, já que cada pessoa movimenta-se diferentemente dentro dela. Portanto, neste caso é interessante enumerar as atividades que mais provavelmente serão realizadas na nova Sala de Projetos.

Atividade	Elementos Necessários	
Fazer Reunião de Grupo	Mesa	Computador
	Cadeira	TV
	Lousa	Sofá
Utilizar Software	Mesa	Computador
	Cadeira	
Imprimir Peça 3D	Mesa	Computador
	Cadeira	Impressora 3D
Fazer Análise Ergonômica	Mesa	Termômetro
	Cadeira	Higrômetro Integrado
	Computador	Anemômetro
	TV	Antropômetro
	Eyetracking	Fita Antropométrica
	Decibelímetro	Medidor de Stress Térmico
	Luxímetro	Trena Eletrônica
Fazer Processamento de Imagem	Mesa	Computador de Alta Capacidade
	Cadeira	Scanner 3D
	TV	Scanner
	Kinect	
Assistir a Aula	Mesa	Computador
	Cadeira	TV

Tabela 11-Atividades desenvolvidas dentro da nova Sala de Projetos

Fonte: Elaborado pelo autor

- **(S) Serviços de suporte:** os serviços de suporte serão realizados pelos monitores, eles realizam atividades como manutenção, preparação, auxílio a

usuários, supervisão, reposição de matéria-prima e limpeza das impressoras 3D; auxílio a usuários em modelagem 3D; organização da sala; manutenção, instalação e atualização de softwares dos computadores.

- **(T) Tempo:** em uma organização tradicional, que busca, entre outros objetivos, aumentar a eficiência de produção em seu arranjo físico, a dimensão tempo é de extrema importância, já que, através dela é possível calcular tempos de ciclo, capacidade produtiva, entre outros indicadores. Porém, no caso da Sala de Projetos, esta dimensão tem importância reduzida. As variáveis importantes são o horário de funcionamento da sala, a disponibilidade de horário dos monitores, o tempo médio para a realização de uma impressão, o tempo de duração de um projeto desenvolvido dentro da sala.

4.2 Tipo de processo

Dentre os tipos de processo existentes (de projeto, de jobbing, em lote, em massa), aquele que mais se adequa à nova Sala de Projetos é o processo de projeto.

Como o próprio nome da sala diz, a sala é destinada à realização de projetos, e dada à liberdade que existe nos projetos a serem realizados, cada um deles é realmente único. Os tempos de desenvolvimento de cada projeto é normalmente longo, podendo durar de dias a meses, não é possível criar um roteiro, cada projeto utiliza a Sala de Projetos de forma única. Há grande variabilidade de produtos, e a quantidade produzida é baixa. Através destas características chega-se à conclusão de que o processo é de projeto.

4.3 Tipo de arranjo físico

Após a análise dos elementos produto, quantidade, roteiro, suporte e tempo, e do tipo de processo da Sala de Projetos, chega-se à etapa de definição do tipo de arranjo físico.

Observadas as vantagens e desvantagens de cada tipo de arranjo físico, os requisitos da Sala de Projetos e as situações de referência, o tipo de arranjo físico mais adequado é algo que se assemelhe ao arranjo físico celular.

Como observado nas situações de referência, que também são arranjadas em células, o arranjo físico celular disponibiliza todos os recursos necessários para o desenvolvimento de uma determinada etapa do desenvolvimento do produto em uma só célula. Este tipo de arranjo físico é benéfica à nova sala de projetos pois reduz a quantidade e as distâncias das movimentações realizadas pelos usuário, além de ser um arranjo bastante flexível, possibilitando o desenvolvimento de projetos de forma livre.

Deve-se entender que, devido aos longos períodos de desenvolvimento dos projetos, a cada visita que um usuário ou grupo de usuários realiza à sala de projetos, um número limitado de atividades é desenvolvida, e pode ser necessário que estes usuários façam uso exclusivo de alguns recursos por algumas horas. Como em uma análise ergonômica de um produto, no processamento de imagens ou na construção de um modelo 3D.

Um arranjo físico posicional não faria sentido, pois manter as pessoas fixas e movimentando os recursos em volta delas seria extremamente trabalhoso. O arranjo físico por processo, embora possível, aumentaria drasticamente o número de movimentações e as distâncias percorridas. O arranjo físico em linha não é possível, pois para o seu desenvolvimento é necessário ter um roteiro bem definido de produção, o que tornaria o desenvolvimento dos projetos extremamente rígido e inflexível.

Portanto, pelos benefícios apresentados e pelas ideias visualizadas nas situações de referência, o arranjo físico celular é aquele que será utilizado na nova Sala de Projetos.

4.4 Inter-relações não baseadas no fluxo de materiais

A Sala de Projetos não apresenta os requisitos de arranjo físico de uma organização tradicional. Até o momento a metodologia de análise tradicional foi suficiente para o desenvolvimento do projeto. Porém, em um arranjo físico tradicional, que dá grande importância à produtividade e aos custos de produção, a próxima etapa seria a análise do fluxo de materiais, o que na Sala de Projetos não faz sentido, pois o fluxo de materiais é praticamente inexistente e a produtividade e os custos de produção têm importância bastante reduzida. Uma alternativa neste caso é a utilização das inter-relações não baseadas no fluxo de materiais, que utiliza

outros fatores que não o fluxo de materiais para posicionar os elementos no arranjo físico.

Antes de classificar quais as inter-relações existentes, é necessário listar quais são os recursos da nova Sala de Projetos relevantes para os quais estas inter-relações devem ser analisadas.

Tabela 12-Lista de recursos da nova Sala de Projetos

Código	Recurso
Mes	Mesa
Cad	Cadeira
Sof	Sofá
PC	Computador
Imp	Impressora 3D
TV	TV
Lou	Lousa
Arm	Armário
Erg	Análise Ergonômica
Img	Processamento de Imagem
Por	Porta
Jan	Janela

Fonte: Elaborado pelo autor

Considera-se “Análise Ergonômica” os equipamentos dedicados à realização desta atividade (eyetracking, decibelímetro, luxímetro, termômetro, higrômetro integrado, anemômetro, antropômetro, fita antropométrica, medidor de stress térmico e trena eletrônica). Considera-se “Processamento de Imagem” os equipamentos dedicados à realização desta atividade (scanner 3D, scanner, computador de alta capacidade e Kinect). Estes equipamentos já foram agrupados anteriormente pois apresentam muitas similaridades, são utilizadas para o mesmo tipo de atividade e têm dimensões reduzidas. Para os elementos que precisam de sustentação de uma mesa, como nos casos do computador e da impressora 3D, esta mesa não será considerada nesta etapa como um elemento separado, será considerada já em conjunto com o elemento que é sustentado sobre ela, pois é imprescindível que a mesa esteja sob eles.

Assim, é possível gerar a carta de interligações preferenciais.

Tabela 13-Carta de interligações preferenciais da nova Sala de Projetos

	Janela	Porta	Processamento de Imagem	Análise Ergonômica	Armário	Lousa	TV	Impressora 3D	Computador	Sofá	Cadeira
Mesa	O 5	U	U	U	U	E 1	E 1	U	U	I 4	A 4
Cadeira	U	U	U	U	U	E 4	E 4	A 4	A 4	O 1	
Sofá	U	U	U	U	U	E 4	E 4	U	U		
Computador	U	U	U	I 2	U	U	A 3	A 3			
Impressora 3D	U	U	U	U	O 2	U	U				
TV	U	U	E 1	E 1	U	I 1					
Lousa	U	U	O 2	O 2	U						
Armário	U	U	O 2	O 2							
Análise Ergonômica	U	U	U								
Processamento de Imagem	U	U									
Porta	U										

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 14-Quantidade de interligações da nova Sala de Projetos

Valor	Proximidade	Quantidade
A	Absolutamente necessário	5
E	Muito importante	8
I	Importante	3
O	Pouco importante	7
U	Desprezível	43
X	Indesejável	0
Total		66

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 15-Razões para interligações na nova Sala de Projetos

Código	Razão
1	Conveniência
2	Armazenamento
3	Necessário para Funcionamento
4	Conforto
5	Iluminação Natural
6	Proteção contra luz e água

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a construção da carta de interligações preferenciais, foram consideradas as atividades que serão mais frequentemente realizadas na nova Sala de Projetos enumeradas anteriormente no trecho que trata do elemento do arranjo físico “(R) Roteiro”.

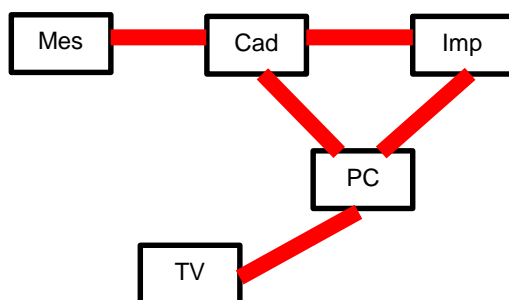
Embora Muther (1978) sugira que a quantidade de inter-relações preferenciais do tipo A seja baixíssima, neste caso foram consideradas deste tipo somente as inter-relações entre elementos que realmente têm necessidade de estar próximos, seja pela necessidade de um dos elementos para funcionamento do outro, seja pela necessidade imprescindível para conforto do usuário. Quanto às interligações do tipo E, existem algumas que estão relacionadas ao conforto do usuário e outras relacionadas à conveniência de proximidade, já que na realização de alguma atividade o uso destes dois elementos seja simultâneo. Para as inter-ligações dos

tipos I e O, as razões incluíram conveniência de proximidade, conforto do usuário, local para armazenamento de materiais e fonte natural de luz das janelas.

Após a geração da carta de interligações preferenciais, é possível gerar o diagrama de interligações preferenciais, com o intuito de facilitar a visualização das constatações existentes na carta.

Inicia-se pelas interligações do tipo A.

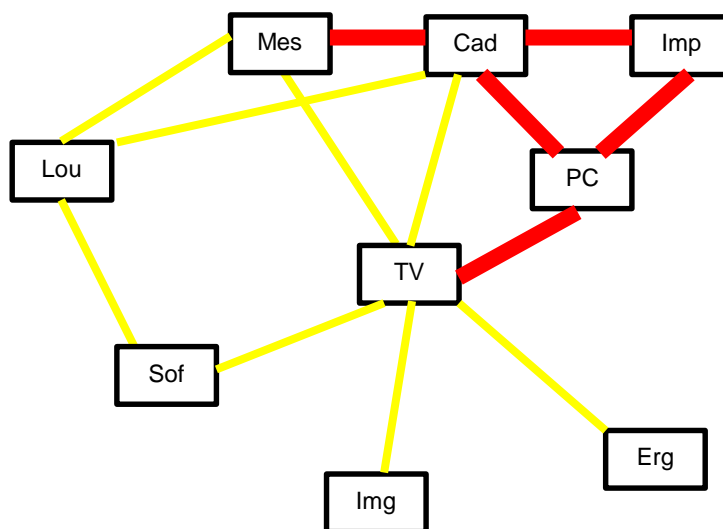
Figura 19-Interligações do tipo A na nova Sala de Projetos



Fonte: Elaborado pelo autor

Em seguida são incluídas as interligações do tipo E.

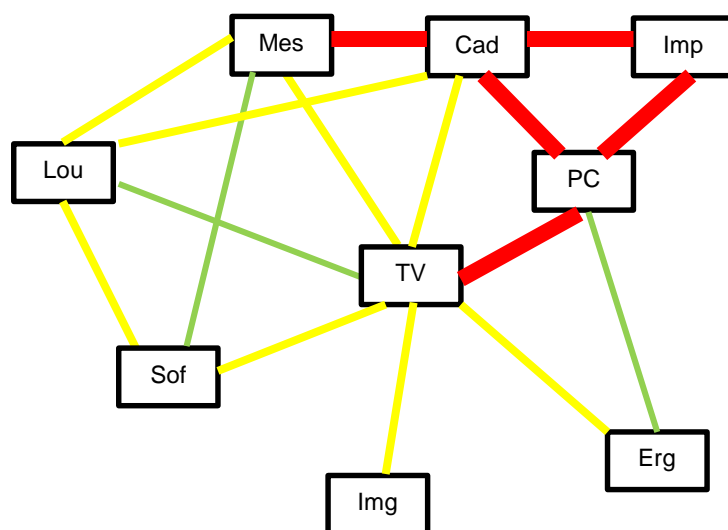
Figura 20-Interligações do tipo E na nova Sala de Projetos



Fonte: Elaborado pelo autor

Pode-se então incluir as interligações do tipo I.

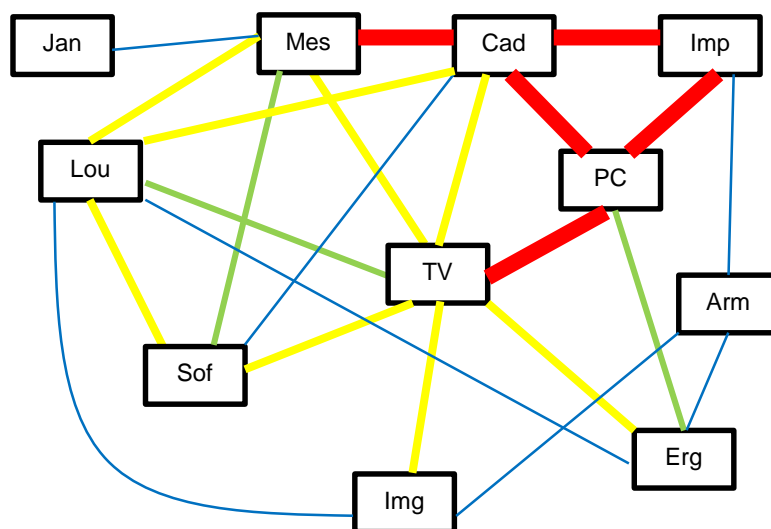
Figura 21-Interligações do tipo I na nova Sala de Projetos



Fonte: Elaborado pelo autor

E finalmente incluir as interligações do tipo O, obtendo-se então o diagrama de interligações preferenciais.

Figura 22-Interligações do tipo O na nova Sala de Projetos

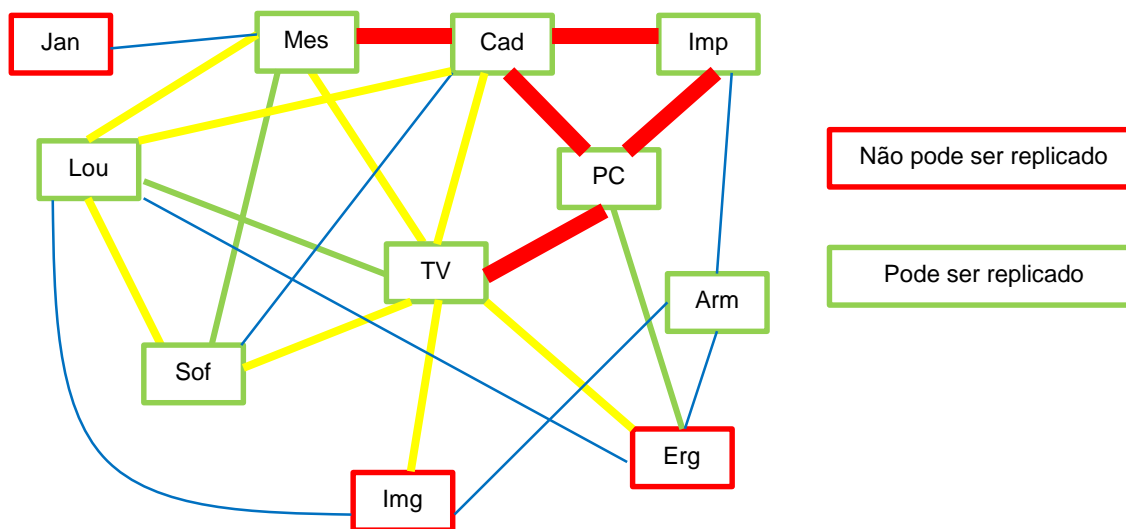


Fonte: Elaborado pelo autor

Através do diagrama é possível notar que há grande número de cruzamento entre as linhas. Embora a maior parte dos cruzamentos ocorra entre interligações dos tipos I e O, e nenhum cruzamento ocorra com interligações do tipo A, o que os torna menos graves, é possível evitar muitos deles, já que a maior parte dos elementos não é única, ou seja, alguns dos elementos podem ser replicados através da compra de mais de uma unidade deste elemento, como uma TV, mesa, etc. Para outros elementos, porém, não há sentido em replicá-lo, seja pela demanda por ele

não ser alta (processamento de imagem e ergonomia), seja por impossibilidade física (janela).

Figura 23-Elementos replicáveis e não replicáveis



Fonte: Elaborado pelo autor

Além disso, nesta etapa também é possível utilizar as ideias propostas pelo Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul, responsável pela implantação da sala de projetos. Como já definido, o arranjo físico da nova Sala de Projetos será organizado em células e em entrevista, o Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul propôs que o arranjo físico da nova sala de projetos fosse organizado em células nas quais cada uma fosse destinada a diferentes atividades. Sendo assim, as células propostas por ele foram uma célula de processamento de imagem, uma célula de ergonomia, uma célula de computadores e duas células de reunião de grupos.

Com esta divisão por células, é possível alocar as atividades mapeadas dentro da nova sala da seguinte maneira entre as células.

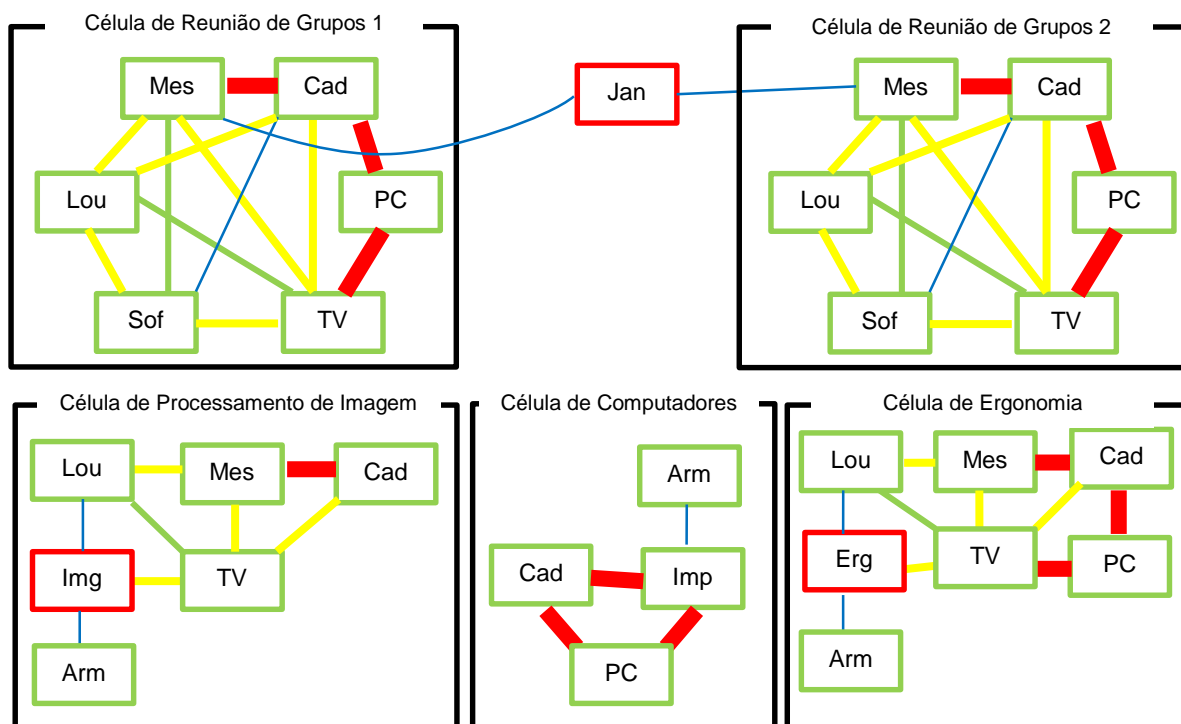
Tabela 16-Alocação das atividades nas células da nova Sala de Projetos

Célula	Atividade	Elementos Necessários	
Reunião de Grupos	Fazer Reunião de Grupo	Mesa	Computador
		Cadeira	TV
		Lousa	Sofá
	Assistir a Aula	Mesa	Computador
Computadores	Utilizar Software	Cadeira	TV
		Mesa	Computador
	Imprimir Peça 3D	Mesa	Computador
		Cadeira	Impressora 3D
Ergonomia	Fazer Análise Ergonômica	Mesa	Termômetro
		Cadeira	Higrômetro Integrado
		Computador	Anemômetro
		TV	Antropômetro
		Eyetracking	Fita Antropométrica
		Decibelímetro	Medidor de Stress Térmico
		Luxímetro	Trena Eletrônica
Processamento de Imagem	Fazer Processamento de Imagem	Mesa	Computador de Alta Capacidade
		Cadeira	Scanner 3D
		TV	Scanner
		Kinect	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo em mãos as atividades que serão realizadas dentro de cada célula e, conseqüentemente os elementos necessários dentro da célula, é possível determinar um novo diagrama de interligações preferenciais. Elementos como janela e armário, que não estão listados na lista de atividades são adicionados às células pela afinidade que apresentam com ela.

Tabela 17-Diagrama de interligações da nova Sala de Projetos com células



Fonte: Elaborado pelo autor

No novo diagrama de interligações preferenciais é possível observar que o cruzamento entre linhas foi drasticamente reduzido, evidenciando que a escolha pelo arranjo físico por célula é eficaz no planejamento do arranjo físico da nova Sala de Projetos.

4.5 Geração de alternativas

De acordo com as ferramentas de planejamento do arranjo físico, há algumas etapas do planejamento do arranjo físico que devem ser completas para a finalização do arranjo físico, como a determinação da área necessária para cada célula, o desenvolvimento do diagrama de inter-relações entre espaços, ajustes ao diagrama, para finalmente chegar ao arranjo físico detalhado. Porém, para este trabalho, decidiu-se por não realizar estas etapas do planejamento do arranjo físico pelas seguintes razões:

- A área disponível para a nova Sala de Projetos é de quase 168m², em entrevista com o Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul, ele espera que cada célula comporte confortavelmente seis pessoas. Somente para referência de cálculo, supõe-se que todas as células têm mesma área, assim sendo, a área disponível para cada uma das cinco células supera 30m², área

mais do que suficiente para alocação de todos os elementos necessários para cada célula e às seis pessoas propostas pelo Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul. O cálculo da área necessária para cada célula seria mais relevante caso a área disponível fosse menor, neste caso, seria feito o cálculo da área para cada célula pois, caso a área necessária superasse a área disponível, seria necessário reanalisar as células para que a área necessária fosse reduzida.

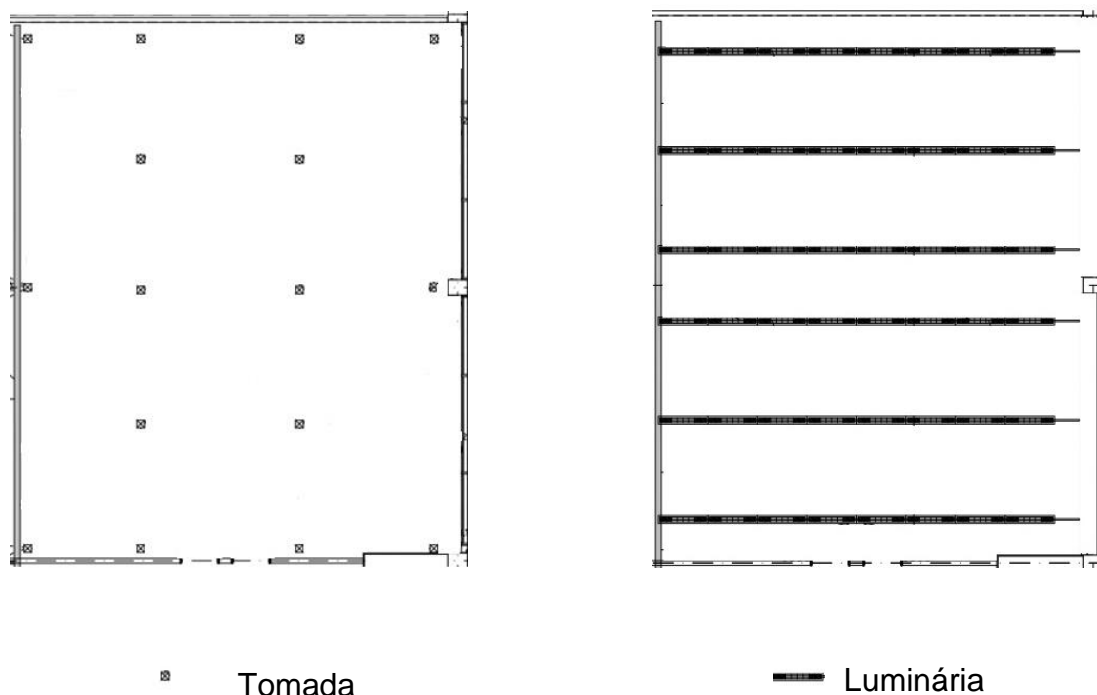
- A definição, à priori, da quantidade exata de cada elemento e da posição relativa entre os elementos de cada célula criaria restrições desnecessárias dentro da nova Sala de Projetos. Como espera-se que a Sala de Projetos seja um espaço flexível, criativo e inovador, a definição do arranjo de cada célula individualmente fora do conjunto da Sala de Projetos excluiria as possíveis interações que podem existir entre os arranjos físicos das diferentes células. Além disso, como foi possível observar que a área disponível é consideravelmente maior do que aquela realmente necessária, torna-se possível inserir elementos que antes não eram previstos nos espaços livres.
- A quantidade de elementos que devem ser dispostos na nova Sala de Projetos é relativamente baixa. O nível de dificuldade de propor um arranjo físico sem o restante das etapas não é alta, já que, para a realização dele, tem-se à disposição as ideias e opiniões propostas pelo Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul, as situações de referência analisadas, propostas de arranjo físico de móveis que existem no website da empresa Steelcase e a experiência do autor do trabalho.
- Para os móveis, que são os elementos que ocupam maior área da nova Sala de Projetos, existe grande gama de alternativas disponíveis. Por exemplo, em diferentes células e diferentes alternativas, mesas de formatos diferentes e dimensões diferentes podem ser mais apropriadas. A definição dos móveis com a alocação destes ao longo do desenvolvimento das alternativas permite a escolha de móveis mais apropriados para cada situação.

Com a decisão de não utilizar o restante das etapas do planejamento do arranjo físico, pode-se passar à elaboração das propostas de arranjo físico.

Através das plantas de distribuição de tomadas e de iluminação do novo prédio do PRO, verifica-se que há ampla distribuição tanto de tomadas quanto de

iluminação, permitindo que quaisquer elementos sejam distribuídos por toda a área disponível, já que, para os elementos que têm necessidade de energia elétrica para funcionamento haverá fonte disponível, e que todos os pontos da sala serão suficientemente iluminados.

Figura 24-Distribuição de tomadas e luminárias na nova Sala de Projetos



Fonte: Projeto executivo do projeto do novo prédio do PRO

Como sugerido pelo Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul, nas propostas de arranjo físico serão utilizados móveis da empresa Steelcase. A Steelcase é uma empresa especializada na produção de móveis para escritório inovadores, de alta qualidade e designs ergonômicos. Produz uma linha de produtos desenhada exclusivamente para fins educacionais, que, além de auxiliar no aprendizado dos alunos, permite que estes interajam e realizem projetos. Os produtos da Steelcase podem ser comprados no Brasil através do revendedor autorizado no país, Steelcase Comércio de Móveis Ltda., localizado à Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 1600, conjunto 122, Vila Nova Conceição, São Paulo-SP, 04543-000, +55 11 5102 4495. (Steelcase, 2013)

Embora sejam recomendados móveis da empresa Steelcase, não é obrigatório que os móveis sejam adquiridos deste fornecedor. Ele foi indicado devido à sua reputação de produção de móveis ergonômicos e de qualidade. No momento

de implantação da nova Sala de Projetos, caso a empresa escolhida para compra de móveis não seja a Steelcase, ou caso algum dos móveis escolhidos não faça mais parte da linha disponível, é possível realizar substituições neles. Para isso serão especificadas as dimensões de cada um dos móveis da solução escolhida, para que assim seja possível a busca por móveis similares.

Como já citado anteriormente, já estão definidos em especificações e quantidade os elementos que estão diretamente ligados ao desenvolvimento dos projetos dentro da sala, como equipamentos de análise ergonômica, equipamentos de processamento de imagem e impressoras 3D.

Quanto aos computadores, suas especificações técnicas já estão definidas, porém, falta definir a quantidade necessária. Já em relação aos móveis (mesas, cadeiras, armários, TVs, lousas e sofás) não existe ainda nenhuma definição, seja de especificação ou de quantidade.

Embora o custo necessário à compra dos elementos seja relevante ao projeto, na entrevista com o Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul, ele ressaltou que não é necessário preocupar-se com esta variável na geração de alternativas, pois há orçamento disponível e, caso necessário, será possível requerer mais recursos.

Serão elaboradas três propostas diferentes de arranjo físico. Cada uma delas será apresentada ao Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul, para que ele possa avaliá-las, podendo escolher uma das alternativas como solução ao arranjo físico da nova Sala de Projetos, ou então, propondo melhorias ou modificações a alguma das alternativas, criando uma nova alternativa e a escolhendo como solução.

Em todas as alternativas preferiu-se por não utilizar paredes adicionais às já existentes. Na entrevista com o Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul, ele demonstrou que o arranjo físico da atual Sala de Projetos, com paredes separando as salas de reunião não foi o melhor possível, pois tornou mais complexa a mudança de arranjo físico caso necessário. Sem a utilização de paredes, serão utilizados móveis, como armários e lousas, para separar diferentes ambientes quando necessário. Além de manter a Sala de Projetos mais flexível no longo prazo, a não utilização de paredes permite maior interação entre seus usuários.

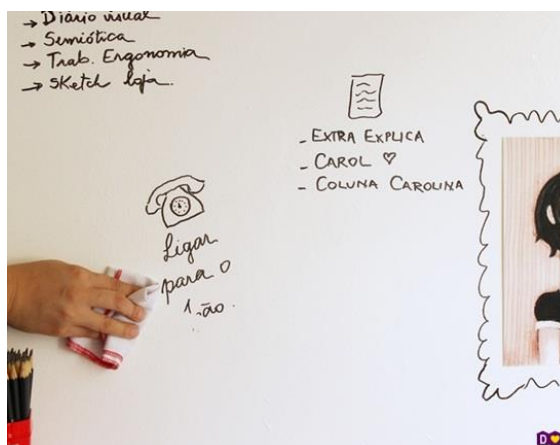
Em todas as alternativas haverá pelo menos uma célula de ergonomia, uma célula de processamento de imagem, uma célula para computadores e duas células de reunião de grupos, como sugerido pelo Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul. Porém, é possível que exista mais células ou outros espaços que não sejam nenhuma das células descritas, dependendo do espaço disponível e do que seja conveniente adicionar.

As sugestões dos monitores também serão levadas em consideração, lixeiras serão distribuídas adequadamente para facilitar o descarte de materiais, haverá suportes para os rolos de PLA próximo a cada uma das impressoras 3D, as impressoras 3D serão colocadas em uma posição mais elevada do que a atual, para que seja facilitada a observação da impressão 3D da peça, há espaço para exposição de peças impressas nos armários.

Na elaboração da carta de interligações preferenciais, a porta apresentou interligações preferenciais desprezíveis com todos os elementos da sala de projetos, pois nenhum elemento por si só tem necessidade de estar posicionado próximo à porta. Porém, quando analisadas as células, é conveniente que a porta esteja mais próxima a células onde há maior movimentação de pessoas, como a área para café, e que fique distante de áreas mais reservadas, onde há atividades de grupo, como nas células de ergonomia, processamento de imagem e reunião de grupos.

Como foi observado no Design Loft, em uma de suas áreas há paredes que são totalmente tomadas por lousas, disponibilizando amplo espaço para anotações. Para disponibilizar paredes nas quais é possível utilizar canetas para lousa branca, sugere-se que todas as paredes da Sala de Projetos sejam cobertas por um material chamado adesivo vinílico, na cor branca, encontrado em lojas de material para serigrafia. O adesivo vinílico transforma a parede em uma lousa branca, na qual pode-se escrever com canetas para lousa branca. (Dcoração, 2013) Como em alguns casos serão utilizados armários para separar células, recomenda-se a aplicação de adesivo vinílico na parte de trás destes armários, para que assim a célula que não estiver com a frente do armário virada para si tenha uma lousa adicional à célula.

Figura 25-Exemplo de aplicação de adesivo vinílico em parede



Fonte: Dcoração (2013)

Para ilustração das alternativas, será utilizado o software gratuito SketchUp (Trimble Navigation Limited, 2013). O SketchUp é uma ferramenta amplamente utilizada por profissionais e amadores no desenvolvimento de projetos 3D de engenharia, design e arquitetura. Ele foi escolhido pois, além de permitir fácil edição e criação, permite baixar modelos já prontos de sua base de modelos. Estes modelos são os projetos de outros usuários, que utilizaram o software e decidiram disponibilizar seus modelos livremente.

A empresa Steelcase disponibiliza no SketchUp modelos 3D de seus móveis, portanto todos os móveis dos modelos (mesas, cadeiras, sofás, armários e lousas) são modelos de móveis da própria empresa Steelcase, possibilitando a representação perfeita dos móveis no modelo. Para representar outros elementos, como computadores, impressoras 3D, TVs, equipamentos de análise ergonômica e processamento de imagem, lixeiras e máquina de café, serão utilizados modelos genéricos disponíveis no banco de modelos. Embora os modelos de alguns destes elementos já estejam definidos, não foi possível encontrar modelos já prontos destes elementos, porém, como a área utilizada por eles é irrelevante quando comparada à área dos móveis, não trará prejuízos para o projeto.

Nas células de reunião de grupo as TVs foram posicionadas em uma altura mais baixa, pois os usuários dela normalmente estarão na posição sentada, nas células de ergonomia e processamento de imagem as TVs foram posicionadas em uma altura mais elevada, pois os usuários dela podem tanto realizar atividades nas posições sentada ou em pé, porém, normalmente na posição em pé.

Em todas as alternativas havia espaço disponível para uma área para café.

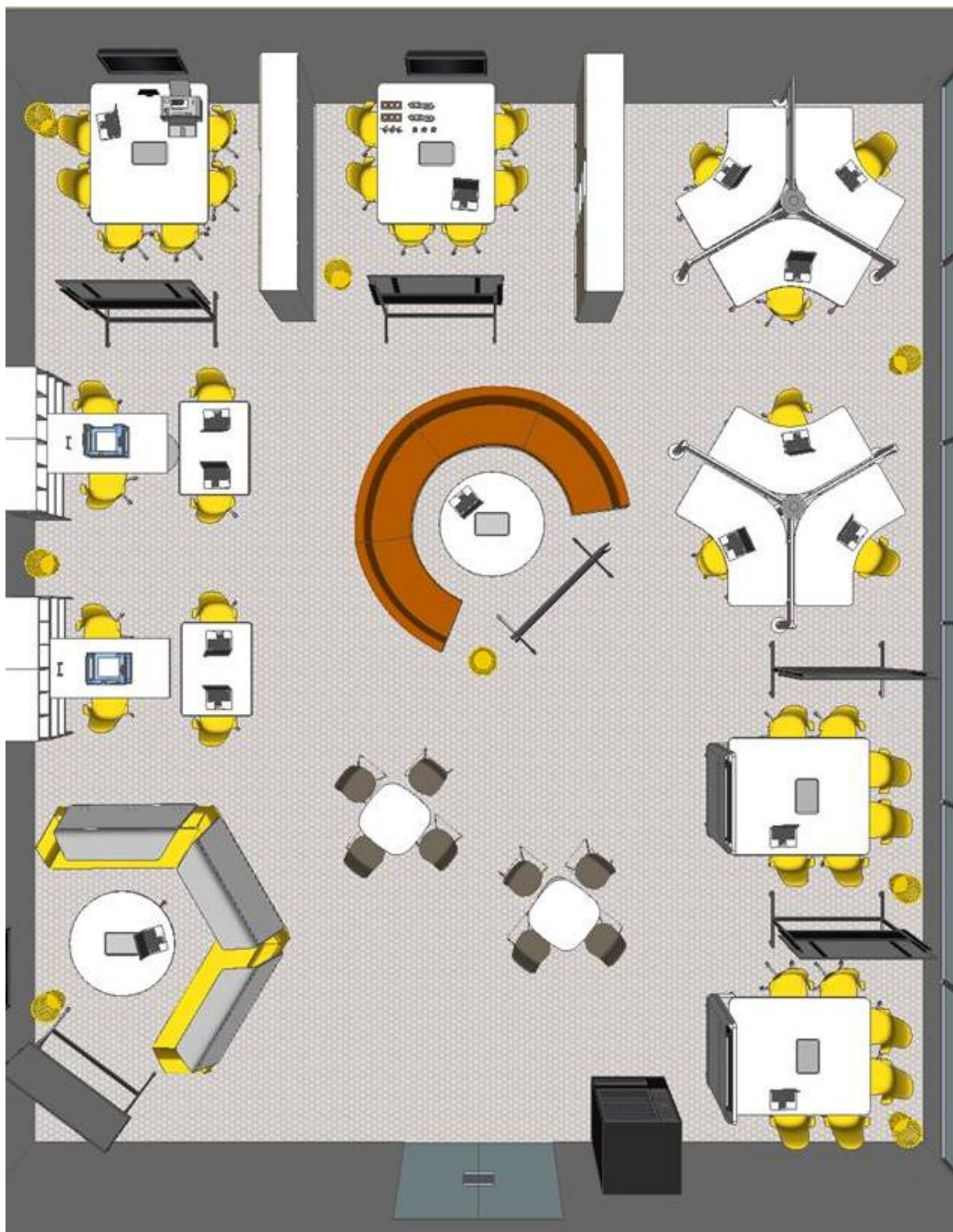
O software SketchUp permite que sejam exportados vídeos dos modelos 3D criados com as vistas escolhidas, foi possível gerar vídeos que simulam a visão de uma pessoa situada dentro de cada uma das células da nova Sala de Projetos. Assim, foram exportados vídeos para cada uma das alternativas e eles foram carregados no site Youtube, para que fossem mais facilmente disponibilizados ao Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul e para que pudessem ser acessadas por todos os interessados.

4.5.1 Alternativa X

Tabela 18-Alternativa X

Alternativa	X
Link do vídeo no Youtube	http://youtu.be/liyvvs8gg88
Pessoas sentadas na área de café	8
Pessoas sentadas nas células de computadores	14
Pessoas sentadas nas células de reunião de grupos	20
Pessoas sentadas nas células de ergonomia	6
Pessoas sentadas nas células de processamento de imagem	6
Computadores	16
Impressoras 3D	2
TVs	5
Lousas	6
Armários	2
Lixeiras	8

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 26-Alternativa X

Fonte: Elaborado pelo autor

4.5.2 Alternativa Y

Tabela 19-Alternativa Y

Alternativa	Y
Link do vídeo no Youtube	http://youtu.be/rb0aVGJWY4s
Pessoas sentadas na área de café	18
Pessoas sentadas nas células de computadores	20
Pessoas sentadas nas células de reunião de grupos	24
Pessoas sentadas nas células de ergonomia	6
Pessoas sentadas nas células de processamento de imagem	6
Computadores	22
Impressoras 3D	2
TVs	6
Lousas	6
Armários	2
Lixeiras	10

Fonte: Elaborado pelo autor



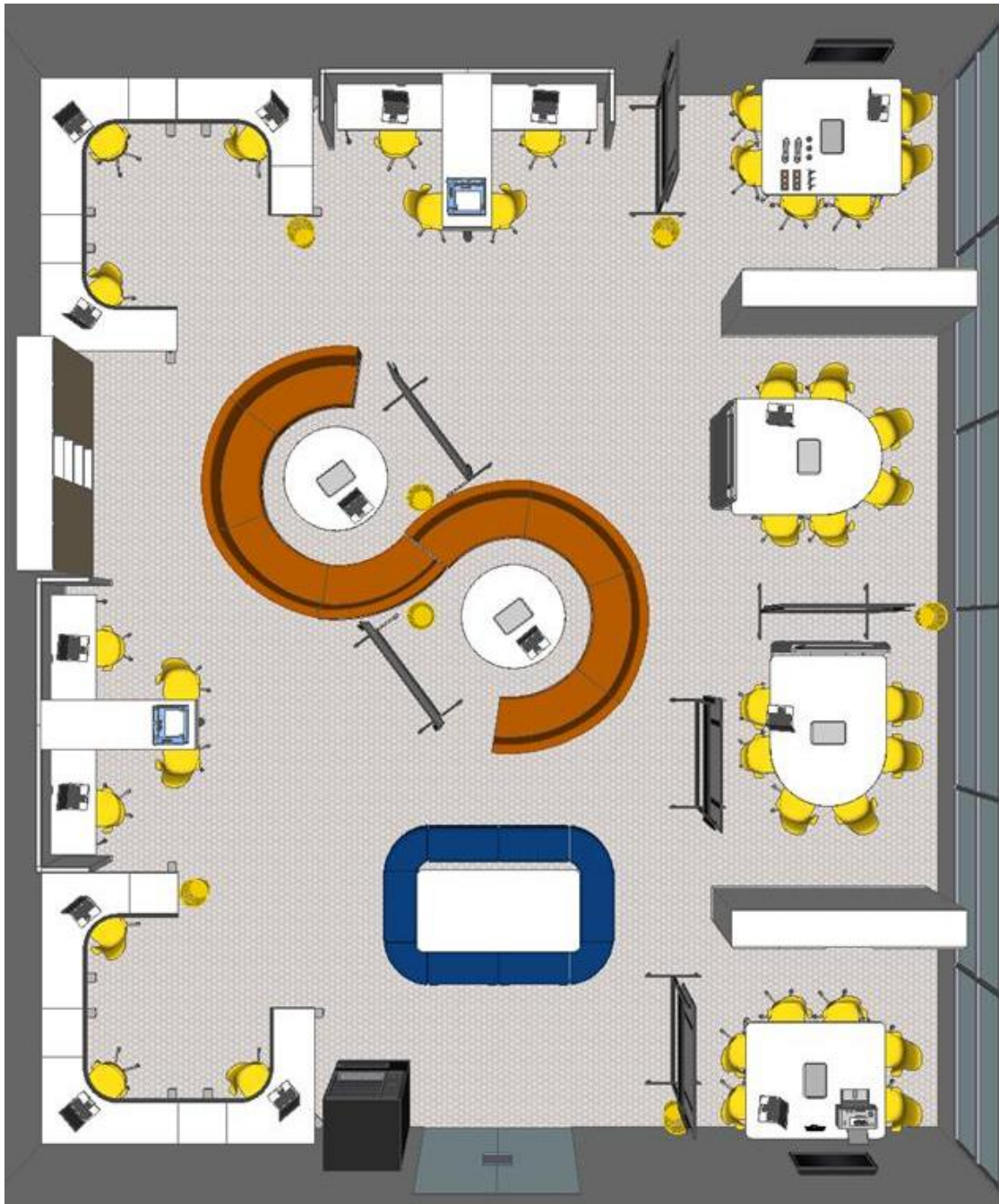
Fonte: Elaborado pelo autor

4.5.3 Alternativa Z

Tabela 20-Alternativa Z

Alternativa	Z
Link do vídeo no Youtube	http://youtu.be/letwuZnckkM
Pessoas sentadas na área de café	10
Pessoas sentadas nas células de computadores	10
Pessoas sentadas nas células de reunião de grupos	28
Pessoas sentadas nas células de ergonomia	6
Pessoas sentadas nas células de processamento de imagem	6
Computadores	14
Impressoras 3D	2
TVs	4
Lousas	6
Armários	3
Lixeiras	7

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 28-Alternativa Z

Fonte: Elaborado pelo autor

4.6 Escolha da solução

As diferenças relevantes entre as três alternativas dizem respeito à posição das células dentro do espaço disponível na Sala de Projetos e dos móveis utilizados em cada célula, que em consequência modificam a capacidade de cada alternativa.

Pelas três alternativas atenderem bem todos os objetivos e requisitos da Sala de Projetos, em relação à presença dos elementos, às interligações entre eles e às expectativas do Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul, foi dada a oportunidade de escolha de solução ao próprio Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul, já que é indispensável que ele esteja de acordo com o arranjo físico final para que ele possa ser futuramente implantado.

Para escolha da solução final de arranjo físico da nova Sala de Projetos, as três alternativas foram apresentadas ao Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul através das plantas e dos vídeos disponibilizados no site Youtube.

Tabela 21-Comparação entre alternativas

Alternativa	X	Y	Z
Pessoas sentadas na área de café	8	18	10
Pessoas sentadas nas células de computadores	14	20	10
Pessoas sentadas nas células de reunião de grupos	20	24	28
Pessoas sentadas nas células de ergonomia	6	6	6
Pessoas sentadas nas células de processamento de imagem	6	6	6
Computadores	16	22	14
Impressoras 3D	2	2	2
TVs	5	6	4
Lousas	6	6	6
Armários	2	2	3
Lixeiras	8	10	7

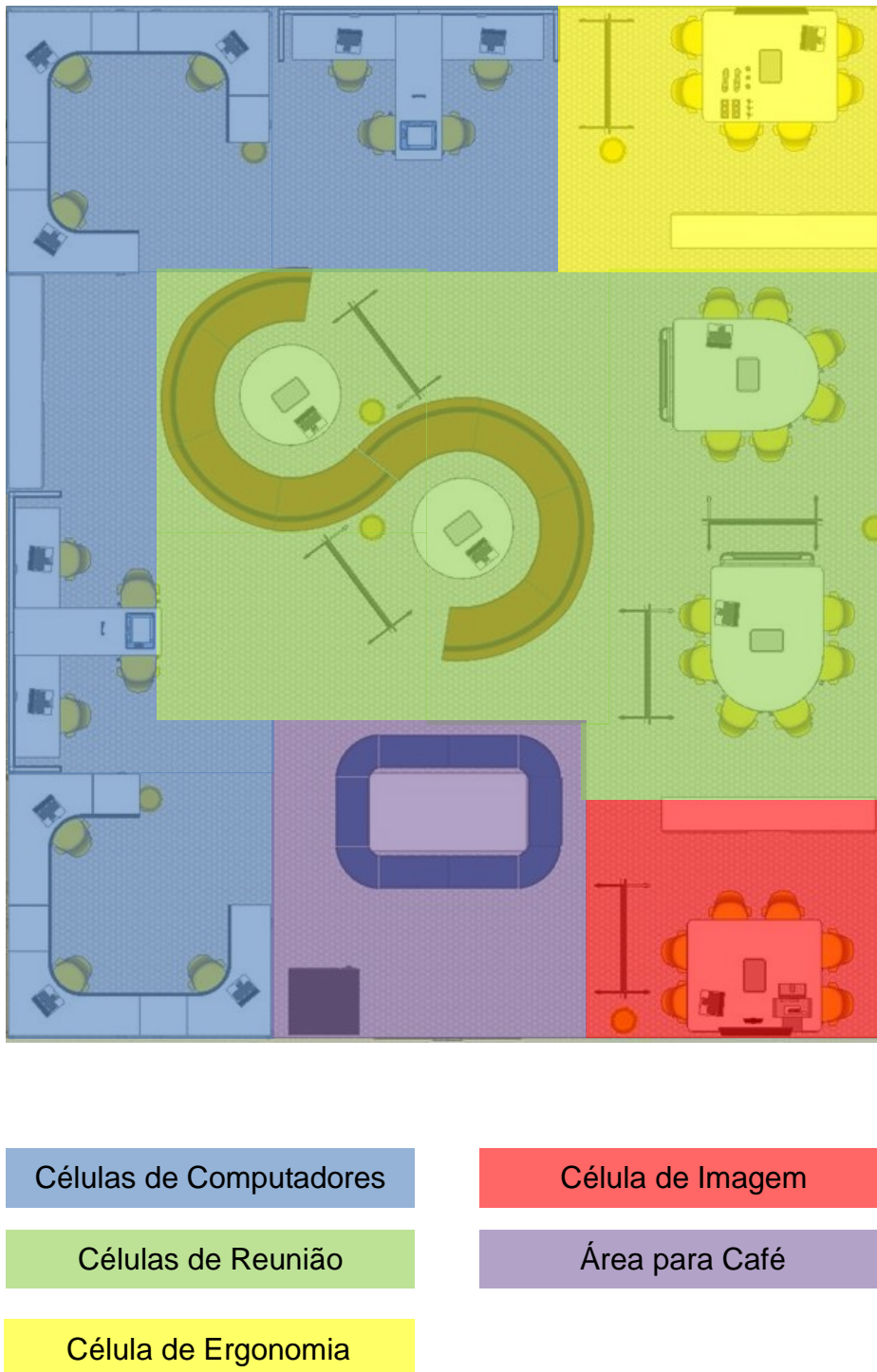
Fonte: Elaborado pelo autor

Após análise das alternativas, o Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul ficou por alguns instantes em dúvida entre as alternativas X e Z, finalmente decidindo pela alternativa Z.

4.7 Descrição da solução

Com a escolha da alternativa Z como solução ao arranjo físico da nova Sala de Projetos, torna-se possível descrever a solução escolhida.

Figura 29-Divisão de células



Fonte: Elaborado pelo autor

4.7.1 Células de computadores

Há dois tipos de células de computadores na solução, um tipo composto de dois computadores e uma impressora 3D, e outro tipo composto de três computadores.

No tipo composto por dois computadores e uma impressora 3D, os dois computadores estão conectados à impressora 3D, a impressora 3D é localizada em uma posição um pouco mais elevada, permitindo que até dois usuários sentados possam observar a impressão 3D simultaneamente, garantindo que, no caso de qualquer situação inesperada, pelo menos um dos usuários possa identificá-la e tomar as providências necessárias. Há também o armário, utilizado para armazenar ferramentas e materiais necessários ao funcionamento da impressora 3D, como o PLA, os alicates e os materiais para limpeza da impressora 3D.

No tipo composto por três computadores, as mesas estão posicionadas de forma que facilite a interação entre os usuários, já que estão praticamente lado a lado.

Figura 30-Células de computadores

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7.2 Células de reunião de grupo

Há dois tipos de células de reunião de grupo, um tipo composto por uma mesa, uma TV, um computador e seis cadeiras, e um tipo composto de uma mesa, um computador, uma lousa e um sofá para oito pessoas.

No tipo que contém seis cadeiras, a TV pode ser utilizada para projetar o que está sendo visto no computador, facilitando a visão de todos os presentes.

No tipo que contém os sofás, o espaço é um pouco mais informal, a mesa serve somente como apoio, e não se aconselha o uso para longas sessões nas quais o computador ou anotações devem ser tomadas, já que os recursos disponíveis não são adequados a essas atividades. Aconselha-se o uso deste tipo de célula de reunião de grupo para sessões de ideação, brainstorming e discussão,

nas quais um espaço informal e confortável é propício à obtenção de melhores resultados.

Figura 31-Células de reunião de grupos



Fonte: Elaborado pelo autor

4.7.3 Células de ergonomia e de processamento de imagem

Nas células de ergonomia e de processamento de imagem há uma mesa, seis cadeiras, um computador, uma TV, uma lousa, um armário. Além disso há também, os elementos necessários a análise ergonômica e os elementos necessários ao processamento de imagem.

A TV pode ser utilizada para projetar o que está sendo visto no computador e no armário podem ser guardados todos os equipamentos para análise ergonômica ou para processamento de imagem.

Figura 32-Células de ergonomia e de processamento de imagem

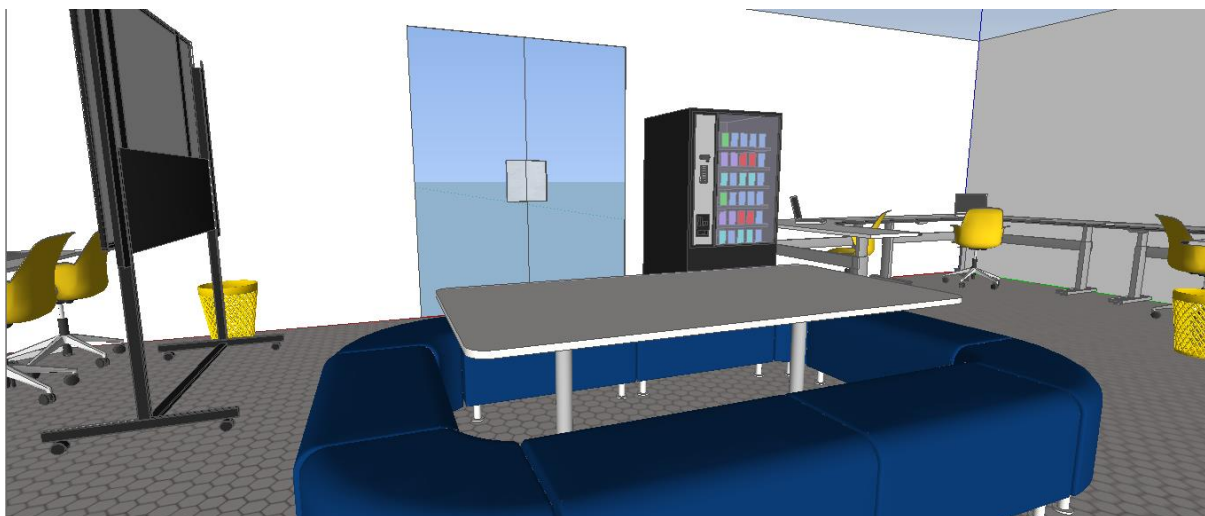


Fonte: Elaborado pelo autor

4.7.4 Área para café

A área para café é composta de uma mesa, pufes para dez pessoas e uma máquina de café. Como existe a pretensão de tornar a nova Sala de Projetos um local aberto 24h por dia, é interessante existir um local onde os usuários possam fazer um breve lanche e tomar café, já que nas células não será permitido o consumo de bebidas ou alimentos.

Figura 33-Área para café



Fonte: Elaborado pelo autor

4.8 Especificações e quantidades dos elementos

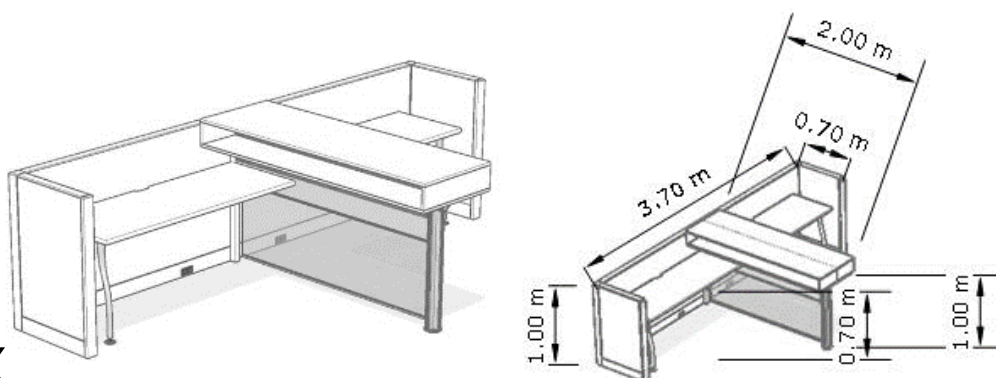
Como já citado, cabe a este trabalho definir a quantidade de computadores necessária na nova sala de projetos e as especificações dos móveis e quantidade dos móveis necessários.

Na solução escolhida são necessários um computador de alta capacidade de processamento para a célula de processamento de imagem e treze computadores com especificações mais baixas para serem disponibilizados pelas outras células, como mostrado no modelo 3D.

No modelo foram utilizados móveis somente da empresa Steelcase, seguem as especificações e quantidades necessárias de cada móvel. Em alguns casos os móveis são montados a partir de peças pré-fabricadas, nestes caso serão descritos todas as peças. As descrições foram retiradas do catálogo em inglês. (Steelcase, 2013)

Tabela 22-Quantidades e especificações

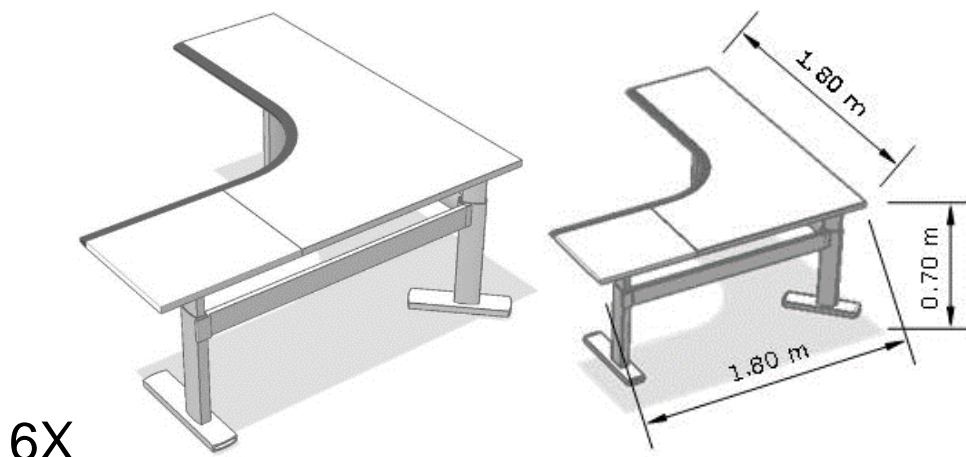
2X



Quantidade	Código	Nome
2	BB072	Beam-6 Feet W
2	BDS78PB	Duo-Slim, Post & Beam Application, 26x7-1/2x78
2	BIBMD066	In-Fill-Desk Height, Fence to Floor, 5-1/2w
2	BXP36	Post-X, Base, 33h
2	BXPTC	Top Cap-X Post
2	CFENCELC	Connector-Fence, Left Hand, Technology Wall
8	BCAB	Cabby Leg-Glide, 28 1/2"H
4	TS71SSX	Receptacle-System Ground, Line1, 3+1
4	TS72SSX	Receptacle-System Ground, Line 2, 3+1
4	TS74224STF	Panel-Full Tackable Acoustical, Square, 42x24
4	TS74272STF	Panel-Full Tackable Acoustical, Square, 42x72
4	TS742SEPJ	Junction-End of Run, Square, 42h
2	TS742SIPJ	Junction-Inline, Square, 42h
4	TS742SLPJ	Junction-L, Square, 42h
2	TS76BPX	Power In Feed-3+1, 6 Feet
4	TS7PK72X	Power Kit-3+1, 72w
4	TS7WKSPT	Reinforcing Channel-60/72 Application
4	US2466	Worksurface-Straight, 24x66

Fonte: Adaptado de Steelcase (2013)

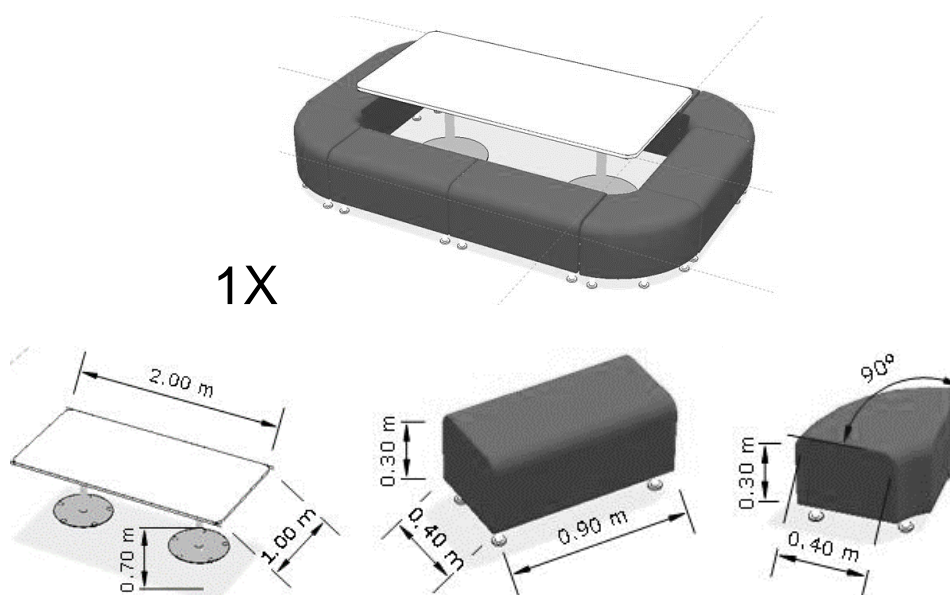
Tabela 23-Quantidades e especificações



Quantidade	Código	Nome
6	A7LQ70237023S	Series 7-90 Degree, 70x23x70x23, Urethane Profile Adjustable Height

Fonte: Adaptado de Steelcase (2013)

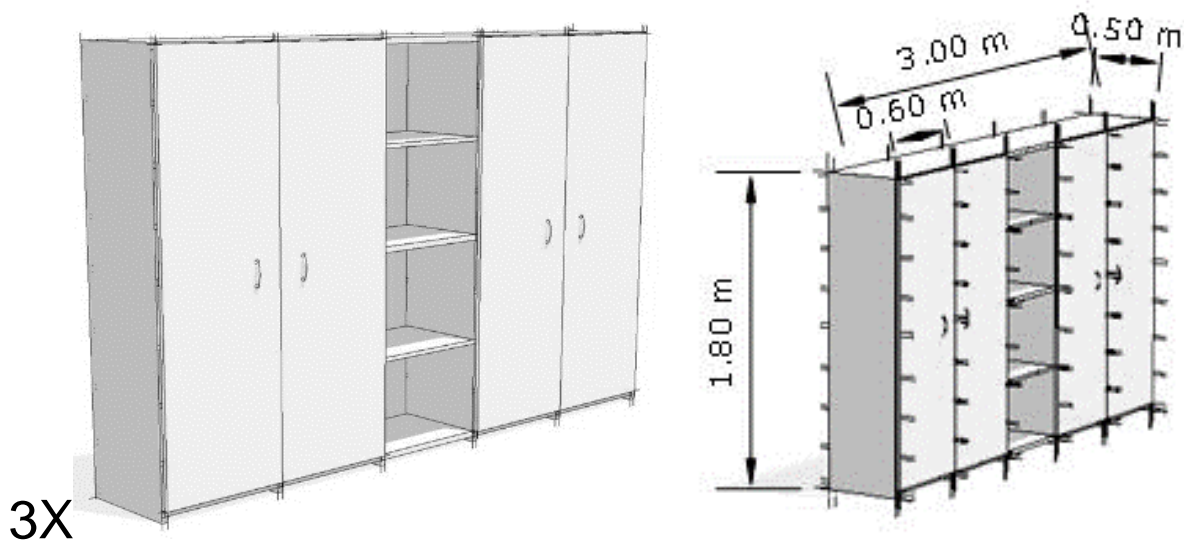
Tabela 24-Quantidades e especificações



Quantidade	Código	Nome
2	TS4TBASE28	Base-28" Diameter
2	TS4TLR4242	Top-Square Table, Low Pressure Laminate, 42x42
4	TS34402	Ottoman-Alight, Corner
6	TS34403	Ottoman-Alight, Bench

Fonte: Adaptado de Steelcase (2013)

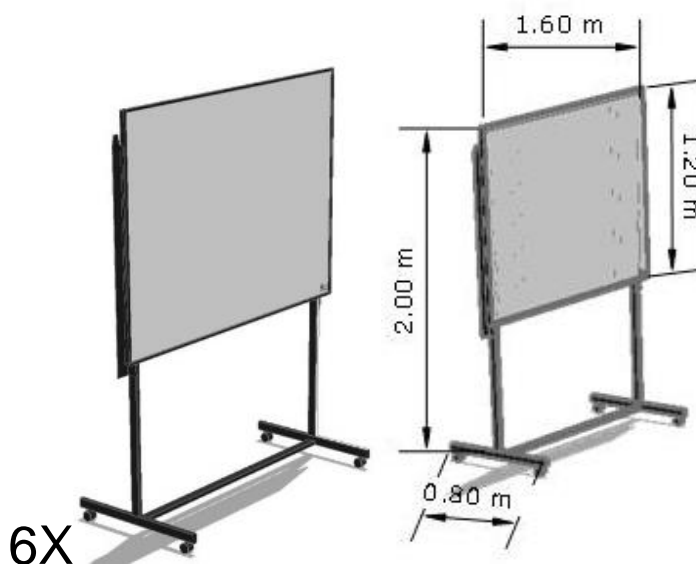
Tabela 25-Quantidades e especificações



Quantidade	Código	Nome
3	TS5TLCBW725	Workwall-Bookcase, Closed Back, 118 1/2"Wx72"H
12	TS5TLDWW72	Workwall-Door, 72"H

Fonte: Adaptado de Steelcase (2013)

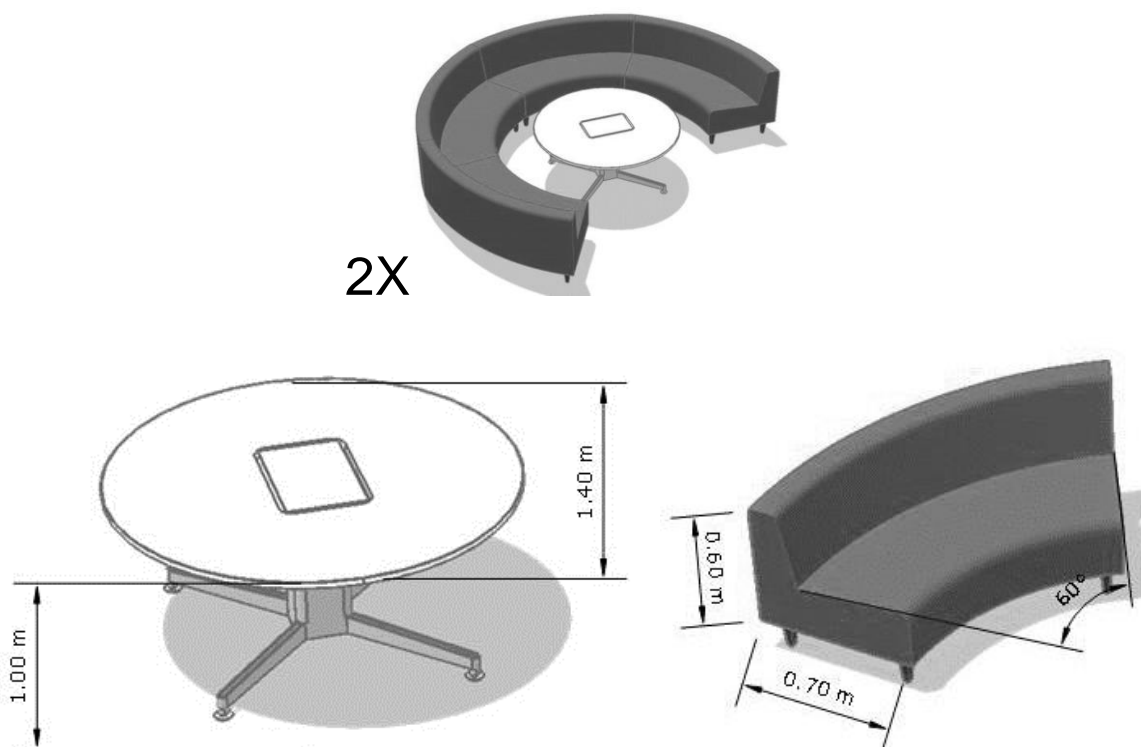
Tabela 26-Quantidades e especificações



Quantidade	Código	Nome
6	ENO2610A	Eno; Whiteboard, Interactive, Pattern A, 48Hx63W

Fonte: Adaptado de Steelcase (2013)

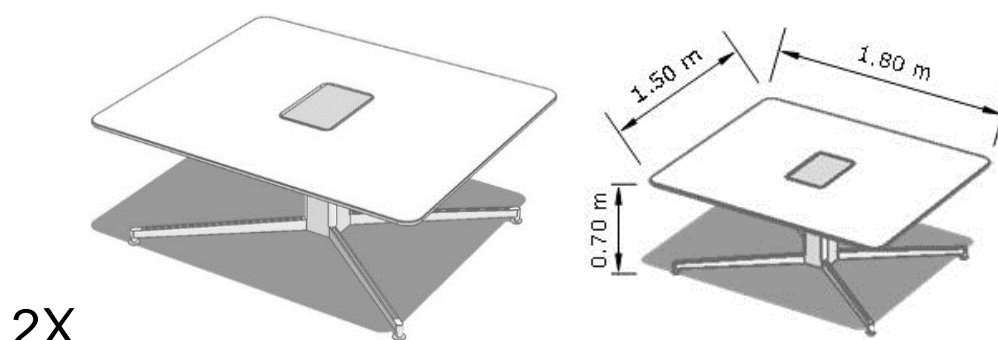
Tabela 27-Quantidades e especificações



Quantidade	Código	Nome
8	451-7460FI	Chair-Circa, Modular, 60 Degree, Inside Facing Wedge Loveseat, 5 Legs
2	MTLR54	Table-Lounge Height, Round, 54

Fonte: Adaptado de Steelcase (2013)

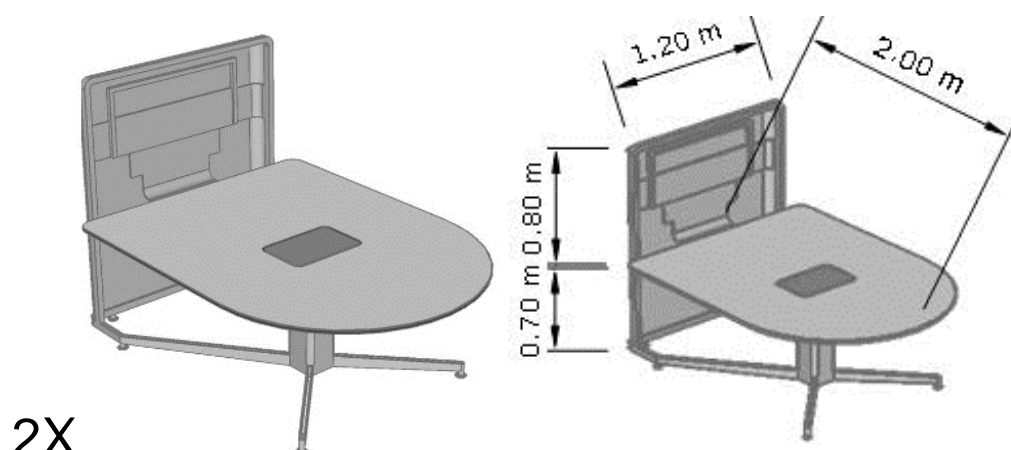
Tabela 28-Quantidades e especificações



Quantidade	Código	Nome
2	MTDR7260	Table-Desk height, Rectangle, 72Dx60W

Fonte: Adaptado de Steelcase (2013)

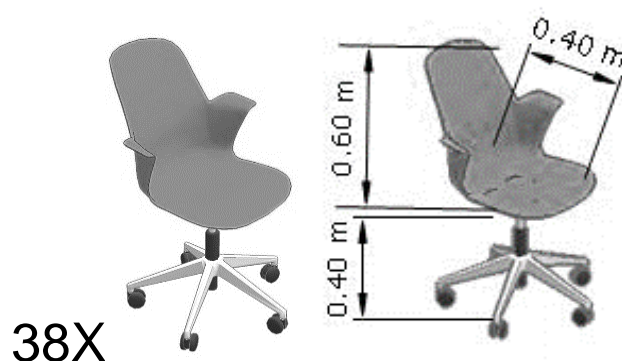
Tabela 29-Quantidades e especificações



Quantidade	Código	Nome
2	MTDL7860T	Table-Desk height, Large D shaped, Attached totem, 78Dx60W

Fonte: Adaptado de Steelcase (2013)

Tabela 30-Quantidades e especificações



Quantidade	Código	Nome
38	480130	Node; Chair, 5 arm base

Fonte: Adaptado de Steelcase (2013)

Com as especificações dos móveis, torna-se possível, no momento de implantação da nova Sala de Projetos, a aquisição de outros móveis que sejam similares aos utilizados no modelo 3D, caso não seja possível comprar os móveis aqui especificados, seja pela decisão de não utilizar a empresa Steelcase como fornecedora, seja pelo encerramento da produção de algum dos móveis.

5 NORMAS DE UTILIZAÇÃO E SEGURANÇA

Na nova Sala de Projetos, o objetivo das normas de utilização e segurança são prevenir a ocorrência de acidentes aos usuários e prevenir o possível dano que os usuários podem causar ao patrimônio da sala.

Na Sala de Projetos atual não há normas de utilização e segurança explícitas. Como o número de usuários que a utilizam ainda é relativamente baixa, a presença e supervisão dos monitores aliadas ao bom senso dos usuários tem sido suficiente. Não ocorreram acidentes com nenhum usuário e nada sério com o patrimônio ocorreu até o momento.

Porém, como observa-se no arranjo físico da nova Sala de Projetos, há espaço disponível para um número maior de usuários, reduzindo a capacidade de supervisão por parte dos monitores. Além disso, é conveniente que existam normas explicitamente definidas, para que todos os seus usuários saibam como devem-se portar dentro dela.

Para a elaboração das normas de utilização e segurança serão utilizadas como base as situações de referência e as entrevistas já analisadas. Servirão como base as constatações realizadas através da análise das normas de utilização e segurança de salas e laboratórios com uso similar ao da nova Sala de Projetos em outras universidades e as constatações realizadas através das entrevistas realizadas com o Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul e os monitores da Sala de Projetos atual.

A análise das normas de utilização e segurança do Prototyping Lab da Northwestern University, do Artisan and Fabrication Lab da Purdue University e do Jim Hall Design and Prototyping Lab da California Institute of Technology mostraram que os principais pontos das suas normas de utilização e segurança são:

- Horário de funcionamento
- Usuários com permissão de acesso
- Autorização para utilização de máquinas e equipamentos
- Advertências e punições
- Proibição no consumo de alimentos e bebidas e proibição na utilização de fones de ouvido durante uso de máquinas

- Presença constante do usuário no funcionamento de máquinas
- Manutenção, limpeza, organização do espaço
- Restrições no uso dos computadores

Em complemento às normas de utilização e segurança das situações de referência, as entrevistas realizadas com o Professor Doutor Eduardo de Senzi Zancul e com os monitores da Sala de Projetos atual mostraram que outros pontos importantes para as normas de utilização e segurança da nova Sala de Projetos são:

- Cuidados em relação à utilização das impressoras 3D
- Pessoa que deve ser avisada em caso de acidente

Outros pontos relevantes às normas de utilização e segurança são decorrentes das escolhas realizadas no decorrer do desenvolvimento do arranjo físico, como:

- Utilização da máquina de café
- Utilização das paredes como lousa

No desenvolvimento das normas de utilização e segurança que se adequem à nova Sala de Projetos, preocupa-se também em não somente definir normas, porém em também justificar a existência delas, já que não é possível definir todos os pontos necessários às normas, pois na nova Sala de Projetos há liberdade para o desenvolvimento de projetos variados. Assim, explicitando as justificativas das normas, outros comportamentos que acarretem nos mesmos resultados indesejados podem ser evitados.

Finalmente chega-se à versão final das normas de utilização e segurança da nova Sala de Projetos. Sugere-se que uma cópia seja fixada próxima à entrada da nova Sala de Projetos para que todos os usuários possam visualizá-la.

As normas de utilização e segurança da nova Sala de Projetos não deve ser estática, no futuro, com a implantação da nova Sala de Projetos, novas circunstâncias de risco aos usuários ou ao patrimônio da sala podem ser observadas. Assim sendo, caberá aos responsáveis pela nova Sala de Projetos realizar modificações às normas aqui definidas.

Normas de Utilização e Segurança da Sala de Projetos

1. Horário de utilização: A ser definido
2. A Sala de Projetos é de uso livre a todos os alunos da Universidade de São Paulo
3. Aqueles que não seguirem as normas de utilização e segurança receberão advertência formal. Transgressões subsequentes das normas podem resultar em perda do privilégio de uso da Sala de Projetos. A Sala de Projetos é de uso a diversos alunos, por isso todos devem respeitar e zelar pelo seu bom uso.
4. Alimentos e bebidas são permitidos somente na área de café, alimentos e bebidas não podem ser consumidos fora da área destinada por questões de higiene.
5. A impressora 3D não pode ser utilizada sem a autorização do responsável pela Sala de Projetos, que certificará ao usuário que a impressora está disponível e em condições de uso.
6. Sempre utilize um alicate para manusear material extrudado pela impressora 3D, sejam elas peças ou resíduos, pois tanto a mesa de impressão quanto o bico de extrusão alcançam temperaturas elevadas.
7. Equipamentos de áudio, fones de ouvido e tocadores mp3 não podem ser utilizados por aqueles que estiverem operando a impressora 3D, já que podem dispersar a atenção do usuário.
8. Pelo menos um usuário deve estar sempre presente próximo à impressora 3D e atento por todo o período no qual uma peça estiver sendo impressa, para que, caso ocorra um evento, ele possa ser rapidamente identificado e as providências necessárias sejam tomadas.
9. Pare a impressora 3D para a realização de ajustes, medições e limpeza, pois ela pode realizar um movimento inesperado, causando um acidente.
10. Atenção a peças de roupa largas, itens soltos e cabelos longos quando for utilizar a impressora 3D, pois eles podem prender-se às peças móveis.
11. Utilize somente canetas já disponíveis na Sala de Projetos para escrever nas lousas. Existem canetas que têm formato similar às canetas destinadas a lousas brancas, porém, quando utilizadas, não podem ser apagadas.

12. Todos os usuários devem limpar e organizar o espaço de trabalho após o uso da Sala de Projetos, assim, todos os usuários encontrarão um espaço pronto para uso quando chegarem à sala de projetos. (Limpe a área, devolva objetos e materiais a seus lugares de origem, descarte o lixo, arrume as cadeiras).
13. Os computadores podem ser utilizados exclusivamente para a realização de projetos.

6 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi o planejamento do arranjo físico e das normas de utilização e segurança da nova Sala de Projetos. Neste trabalho foi possível integrar o conhecimento de duas disciplinas da Engenharia de Produção: o planejamento do arranjo físico e a ergonomia.

A decisão pelo arranjo físico é uma etapa pela qual toda organização deve passar em algum momento, e sua importância para a organização pode ser maior ou menor, variando de organização a organização. No caso da nova Sala de Projetos a importância do planejamento do arranjo físico foi na definição da quantidade de computadores e da quantidade e da especificação dos móveis que devem ser adquiridos para a nova Sala de Projetos. Além disso, no momento em que os elementos do arranjo físico tiverem que ser posicionados na nova Sala de Projetos, o modelo 3D gerado possibilitará a alocação dos elementos nas posições planejadas e desejadas.

A definição das normas de utilização e segurança da nova Sala de Projetos foram importantes devido aos riscos existentes aos usuários no uso da impressora 3D e aos cuidados necessários com o patrimônio da nova Sala de Projetos.

Para o planejamento do arranjo físico, as ferramentas e metodologia do planejamento do arranjo físico serviram como base para a concepção de um projeto que pudesse propiciar os objetivos da nova Sala de Projetos dentro de suas restrições. As ferramentas e metodologia da ergonomia serviram como suporte no planejamento do arranjo físico da nova Sala de Projetos, fornecendo informações necessárias para que o planejamento do arranjo físico fosse mais completo e pudesse ser desenvolvido.

Para a definição das normas de utilização e segurança, foram utilizadas as ferramentas e metodologia de análise da ergonomia, as informações coletadas foram essenciais para que normas já utilizadas em espaços semelhantes fossem adaptadas à realidade da nova Sala de Projetos.

Os próximos passos que seguem o desenvolvimento deste trabalho são a compra de todos os elementos necessários para a implantação definitiva da nova Sala de Projetos no novo prédio do PRO, assim que este for construído. Na

implantação será necessário dispor os elementos como estipulado neste trabalho a partir do modelo 3D gerado. Com o passar dos anos, é possível que o arranjo físico definido no trabalho não supra mais as necessidades futuras, porém, pela flexibilidade existente na nova Sala de Projetos (não foram planejadas paredes adicionais, existe iluminação e tomadas distribuídas por toda a área, os móveis não são fixos) o arranjo físico pode ser alterado segundo estas necessidades.

As etapas seguidas neste trabalho podem também ser utilizadas no planejamento do arranjo físico e das normas de utilização e segurança da Oficina de Protótipos do novo prédio do PRO, que, assim como a Sala de Projetos faz parte do InovaLab@POLI.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahão, J., Sznelwar, L., Silvino, A., Sarmet, M., & Pinho, D. (2009). *Introdução à ergonomia: da prática à teoria*. São Paulo: Editora Edgard Blucher.
- Araujo, R. F. (2010). *Determinação de requisitos para a implantação de um laboratório de produtos no departamento de engenharia de produção*. São Paulo: Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Associação Brasileira de Ergonomia. (2013). *O que é ergonomia*. Acesso em 11 de Fevereiro de 2013, disponível em ABERGO: http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia
- Autodesk, Inc. (13 de Junho de 2013). *Autodesk Homestyler*. Fonte: Homestyler: <http://www.homestyler.com/designer>
- California Institute of Technology. (6 de Outubro de 2013). *Jim Hall Design and Prototyping Lab*. Fonte: California Institute of Technology: <http://mce.caltech.edu/research/lab>
- Costa, J. H. (2008). *Análise do trabalho e estudo ergonômico para mudança de arranjo físico*. São Paulo: Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Daniellou, F. (2007). A ergonomia na condução de projetos de concepção de sistemas de trabalho. Em P. Falzon, *Ergonomia* (pp. 303-315). São Paulo: Editora Edgard Blucher.
- Daniellou, F., & Béguin, P. (2007). Metodologia da ação ergonômica: abordagens do trabalho real. Em P. Falzon, *Ergonomia* (pp. 281-301). São Paulo: Editora Edgard Blucher.
- Dcoração. (14 de Outubro de 2013). *O sonho de toda criança*. Fonte: Dcoração: <http://www.dcoracao.com/2011/05/parede-de-escrever.html>
- Falzon, P. (2007). Natureza, objetivos e conhecimentos da ergonomia. Em P. Falzon, *Ergonomia* (pp. 3-19). São Paulo: Editora Edgard Blucher.

- Garcia, C. A. (1995). *Plant layout* (3a Edição ed.). São Paulo: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho.
- Guérin, F. (2001). *Compreender o trabalho para transformá-lo*. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda.
- InovaLab@POLI. (6 de Outubro de 2013). *O que é*. Fonte: InovaLab@POLI: <http://sistemas-producao.net/inovalab/sobre/objetivos/>
- InovaLab@POLI. (6 de Outubro de 2013). *Sala de Projetos*. Fonte: InovaLab@POLI: <http://sistemas-producao.net/inovalab/crie-e-projeto/sala-projetos/>
- Lee, Q., Amundsen, A. E., Nelson, W., & Tuttle, H. (1997). *Facilities and workspace design: An illustrated guide*. Norcross: Engineering and Management Press.
- Mançanares, C. G. (2012). *Projeto e implantação de um ambiente integrado de desenvolvimento de produtos*. São Paulo: Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Muther, R. (1955). *Practical Plant Layout*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Muther, R. (1978). *Planejamento do layout: sistema SLP*. São Paulo: Editora Edgard Blucher.
- Northwestern University. (6 de Outubro de 2013). *Prototyping and Fabrication Lab Policies and Safety*. Fonte: Northwestern University: <http://www.segal.northwestern.edu/current-students/prototyping-lab/policies-and-safety.html>
- Pagotto, M. P. (2011). *Seleção e implantação de um sistema PLM no laboratório de produtos do PRO*. São Paulo: Trabalho de formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Purdue University. (6 de Outubro de 2013). *Artisan and Fabrication Lab*. Fonte: Purdue University: <https://engineering.purdue.edu/aflapps/>
- Radicand Labs. (5 de Outubro de 2013). *Radicand*. Fonte: Radicand Labs: <http://www.radicandlabs.com/>

Slack, N., Johnston, R., & Chambers, S. (2002). *Administração da produção* (2a Edição ed.). São Paulo: Editora Atlas.

Stanford University. (5 de Outubro de 2013). *ME310*. Fonte: Stanford University: http://www.stanford.edu/group/me310/me310_2013/index.html

Steelcase. (11 de Outubro de 2013). *About Steelcase*. Fonte: Steelcase: <http://www.steelcase.com/en/company/who/about-steelcase/pages/aboutsteelcase.aspx>

Trimble Navigation Limited. (16 de Outubro de 2013). *SketchUp*. Fonte: SketchUp: <http://www.sketchup.com/>