

DESENVOLVIMENTO DE LAYOUT CELULAR UTILIZANDO A CARTA DE RELACIONAMENTOS EM UMA EMPRESA DE TECNOLOGIA ELETRÔNICA

José Almir de Souza Júnior (UFC)
almirjuniors@bol.com.br

Mayara Helen Soares de Andrade. (UFC)
mayarahelen@hotmail.com

Kamila Giló Santiago (UFC)
kamilla_gilo@yahoo.com.br

Breno Barros Telles do Carmo (UFC)
brenotelles@hotmail.com

Marcos Ronaldo Albertin (UFC)
albertin@ufc.br



A atual competitividade imposta pela economia globalizada faz com que as empresas busquem a produção de produtos cada vez melhores e com menor custo. Assim, para a redução o principal motivo para o planejamento do layout do setor produtivo é a redução dos custos de movimentação e facilitar o gerenciamento do processo. Esse artigo tem como objetivo a escolha do melhor arranjo físico a ser aplicado numa empresa de tecnologia eletrônica, tendo como desafio a mudança do setor de produção de uma área de grande extensão para uma de pequena extensão. O método utilizado baseou-se na carta de relacionamentos de Slack et. al (2002), além de empirismo. O layout desenvolvido permitiu grande redução de movimentos dos técnicos entre mesa de montagem e as estantes, entre outros. Assim, observa-se que cada tipo de layout tem sua utilidade e, neste caso, o tipo celular se mostrou bastante vantajoso, com ganhos de produtividade e redução de espaço percorrido.

Palavras-chaves: Layout celular; carta de relacionamento; Melhoria de movimentação.

1. Introdução

A atual competitividade imposta pela economia globalizada faz com que as empresas busquem a produção de produtos cada vez melhores e com menor custo. Na primeira dimensão, as empresas devem buscar sempre a inovação em seus produtos. Já na segunda, a redução de custos, uma organização da localização dos recursos de produção pode representar uma vantagem competitiva para as empresas, com a redução de custos de movimentação dentro do sistema produtivo. Assim, Lorezatto e Ribeiro (2007) entendem que o principal motivo para o planejamento do *layout* do setor produtivo é a redução dos custos de movimentação e facilitar o gerenciamento do processo.

Assim, a organização destes recursos tem um papel vital e é muito importante para a competitividade das organizações. O objetivo desta “organização de recursos” é alinhar os elementos do sistema produtivo de uma forma que garanta um fluxo eficiente do produto pelo processo de produção da empresa (CHASE *et al.*, 2006).

Simões *et al.* (2007) entendem que a gestão de recursos produtivos tem por objetivo a eliminação de perdas e a melhoria contínua nos processos produtivos, tornando o processo mais eficiente. Os conceitos de eliminação de perdas e melhorias contínuas estão interligados e significam que nada desnecessário deve ser feito e que melhorias nos processos produtivos é um objetivo constante (SIMÕES, *et al.*, 2007).

Assim, existem diversos modelos de *layout* que visam a redução da movimentação dentro da área fabril. Além destes ganhos, Freitas *et al.* (2008) entendem que os benefícios da organização para a promoção de um fluxo contínuo vão além da redução na movimentação. Dentre eles, o autor cita:

- a) aumento da flexibilidade (produto e mão de obra);
- b) aumento de produtividade;
- c) redução de estoque em processo;
- d) redução da área necessária a fabricação;
- e) redução de movimentação de peças.

Dada esta competitividade e os benefícios da estruturação de um *layout* mais eficiente, o presente artigo tem por objetivo fazer um estudo e mudança de arranjo físico em uma empresa produtora de equipamentos de fiscalização eletrônica de trânsito.

Inicialmente, serão abordadas as definições acerca de *layout* (arranjos físicos), com ênfase no arranjo físico celular, que foi aplicado no estudo de caso do artigo. Em seguida, será apresentada a metodologia utilizada na empresa em questão. Depois, é apresentado o estudo de caso em si, finalizando com as conclusões obtidas com o trabalho.

2. Arranjos Físicos ou Layouts

Chiavenato (2005) entende que *layout* ou arranjo físico é a forma como os recursos de produção estão distribuídos em uma manufatura de forma mais adequada ao processo produtivo. O *layout* tem papel fundamental no processo de uma empresa, pois, se bem montado, permitirá um caminho correto da primeira à última operação, reduzindo, desta forma, a circulação de mercadorias. Quanto maior a movimentação do produto, maior será seu custo operacional. Assim, a movimentação desnecessária não agrega valor ao produto e sim

um custo, configurando-se como um desperdício.

De uma forma mais ampla, Prata (2002) define o arranjo físico (*layout*) como sendo a forma como são distribuídos os recursos de produção de uma empresa para que esta cumpra os objetivos para os quais se destina. Estes objetivos devem ser cumpridos buscando a maior eficiência possível. Logo, a organização destes recursos no ambiente fabril deve promover uma redução na movimentação e está adequada ao processo produtivo da empresa.

O tipo de arranjo físico para máquinas e demais equipamentos de um sistema de manufatura assume relevante destaque, não somente em função dos processos, mas principalmente pela racionalização dos tempos de passagem dos lotes de peças entre os postos de trabalho (LORINI, 1993 *apud* PRATA, 2002). Isso confere uma maior redução de estoques, o que também se reflete em uma maior eficiência do processo.

Assim, Prata (2002) entende que o planejamento do arranjo físico tem como objetivo fundamental tornar mais fácil e suave o fluxo dos recursos transformados, que podem ser materiais ou pessoas, pelos recursos de transformação.

Já para Slack *et al.* (2002), o arranjo físico é uma das características mais evidentes de uma operação produtiva porque determina sua “forma” e aparência. É aquilo que a maioria de nós notaria em primeiro lugar quando entrasse pela primeira vez em uma unidade produtiva. Também determina a maneira segundo a qual os recursos transformados – materiais, informação e clientes – fluem pela operação. (SLACK *et al.*, 2002).

O estudo do *layout* busca a combinação ótima das instalações que concorrem para a produção, proporcionando a fabricação de produtos com a melhor utilização do espaço disponível, resultando em um processamento mais efetivo, através da menor distância, no menor tempo possível.

Para Prata (2002), o fator principal para a escolha do arranjo físico mais adequado às necessidades de uma empresa se dá através do sistema de produção que é utilizado. Assim, existem alguns modelos de *layout* trazidos na literatura. Chiavenato (2005) identifica alguns tipos de layout mais comuns: *layout* de processo, *layout* de produto e *layout* estacionário.

O primeiro está relacionado quando os recursos estão dispostos por especialidade e os materiais se deslocam por estes departamentos até o acabamento. O segundo tipo está associado quando os recursos estão dispostos conforme o fluxo do produto, minimizando o espaço percorrido pelo mesmo. Por último, existe o terceiro, que está associado quando o produto é muito grande e não pode se deslocar no espaço fabril (CHIAVENATO, 2005).

No caso analisado, optou-se pelo arranjo celular, que está relacionado ao arranjo de layout de produto, e está explicado na próxima subseção.

2.1 Arranjo físico celular

O arranjo físico celular é aquele em que os recursos transformados, entrando na operação, são pré-selecionados para movimentar-se para uma parte específica da operação na qual todos os recursos transformadores necessários a atender a suas necessidades imediatas de processamento se encontram. (SLACK *et al.*, 2002).

Assim, Prata (2002) entende que o arranjo físico celular concentra em um só local todos os recursos necessários ao processamento de um determinado produto previamente selecionado. Este tipo de organização minimiza o espaço percorrido pelo produto dentro da indústria.

O mesmo autor identifica uma característica muito importante do arranjo celular, que é a

união das vantagens dos arranjos por processo e por produto. Os equipamentos de transformação são dispostos próximos uns dos outros e ainda se encontram na seqüência adequada ao processo de produção. O autor ressalta que este *layout* apresenta flexibilidade de produção, pois é possível fabricar vários tipos de produtos desde que possuam características similares.

Esta é a característica mais distinta de uma célula de manufatura, que contém maquinário e/ou processos não semelhantes intimamente localizados numa área. Logo, a célula é projetada para manufaturar um conjunto mais ou menos definido de peças semelhantes, chamado de família de peças. (WERMMERLOV, 1997, *apud* PRATA, 2002). O autor explica que a especialidade de uma célula é possuir os equipamentos de transformação, que realizam operações diferentes, em um mesmo local.

Neste caso, Lorini (1993 *apud* PRATA, 2002) entende que as máquinas são arranjadas em grupos de tipos diversos, destinadas a atender inteiramente a fabricação, não mais de um determinado produto, mas de uma família de peças.

Assim, Chase *et al.* (2006) entendem que uma célula de manufatura congloera diferentes máquinas em células de trabalho, onde famílias de produtos requerem aquelas atividades, com uma seqüência integrada de fluxo de materiais e coordenado para o desempenho, como uma unidade operacional.

Prata (2002) lista as seguintes vantagens do arranjo tipo celular:

- Redução de matéria-prima, de estoque em processo e inventário de produtos acabados;
- Tempo de *setup* reduzido;
- Os produtos são movidos de forma mais eficiente;
- Maior produtividade;
- Maior aproveitamento da mão-de-obra e satisfação dos operadores, e;
- Flexibilidade dos produtos e do tamanho dos lotes a serem fabricados.

Porém, não existem somente vantagens neste tipo de layout. O mesmo autor identifica algumas desvantagens:

- As máquinas geralmente possuem baixa utilização;
- As células podem requerer investimentos adicionais pela duplicação de equipamentos;
- Há um alto custo inicial pela realocação das máquinas;
- É exigida mais disciplina para evitar peças fora da família;
- Possibilidade de problemas ergonômicos.

Assim, com as considerações desenvolvidas acerca do tema que circunda o artigo, a próxima etapa apresenta o desenvolvimento do método de organização de produção desenvolvido no estudo de caso.

3. Desenvolvimento do método

O método aqui desenvolvido foi concebido para aplicação em manufaturas do ramo de tecnologia eletrônica, sendo apenas um modelo de referência. A sistemática utilizada baseou-se na carta de relacionamentos de Slack *et al.*(2002), além de contar com uma dose de empirismo. O método foi dividido em quatro fases discriminadas conforme o Quadro 1.

1ª FASE
Coleta de informações

2ª FASE
Elaboração do diagrama de relacionamentos
3ª FASE
Elaboração do arranjo esquemático
4ª FASE
Elaboração do arranjo físico

Quadro 1: Fases do método

Como metodologia de pesquisa utilizou-se o estudo de caso em uma destacada empresa do setor de eletrônicos. O subtópico seguinte caracteriza cada uma destas fases desenvolvidas no estudo de caso.

3.1. Estrutura de desenvolvimento da metodologia adotada

Na primeira fase, chamada de “coleta de informações”, busca-se identificar as principais informações do setor de produção, como os produtos fabricados e os espaços físicos relacionados. Tem como objetivo a ambientação das atividades do setor. Esta fase é composta pelas sub-etapas descritas a seguir:

- Identificação dos produtos principais: conhecer os principais produtos da empresa e suas principais características. É realizado um levantamento destas informações através de entrevistas com os funcionários do setor e observações do dia-a-dia das operações.
- Medidas dos espaços físicos: realização de um levantamento dos espaços físicos relevantes para a elaboração do layout com as áreas ocupadas e também é realizada um levantamento para verificação da área disponível.
- Identificar os espaços dos objetos atuais: Identificação do estoque de matéria-prima, estoque em processo, estoque de produtos acabados, máquinas, postos de trabalho, veículo de transporte e outros.
- Identificar o espaço disponível: espaço onde ficará o setor de produção. Nesta etapa é feita uma breve comparação dos espaços dos objetos atuais com o espaço disponível.

A segunda fase do processo é a elaboração do diagrama de relacionamentos, que é um método qualitativo alternativo de indicar a importância relativa das relações entre os centros. É elaborado pelo gestor do setor que possui experiência para indicar o grau de relação entre os centros.

A terceira fase é estruturação esquemática do desenho do arranjo, que demonstra a relação entre os centros. Essa relação varia em seis níveis. Quanto mais forte for a relação, mais espessa será a linha de ligação entre cada centro.

Como última fase do processo, tem-se o desenho do arranjo físico, onde é elaborado o arranjo físico real do setor de produção com base no arranjo físico esquemático, o qual foi elaborado na fase anterior.

Esta metodologia foi aplicada no estudo de caso, que está caracterizado no tópico a seguir.

4. Estudo de caso - Desenvolvimento de *layout* celular para o setor de produção

4.1 Caracterização do estudo de caso

A empresa estudada possui três andares principais. O envio e recebimento de mercadoria são

realizados por trás do prédio que está num nível abaixo do térreo, sendo separado por uma escada.

Bastante incomum, o setor de produção estava localizado no segundo andar, o qual apresentava dificuldades na movimentação dos equipamentos. O acesso à área de expedição não possui ligação por elevador, logo, todos os equipamentos deveriam sempre passar por uma escada.

Outro fator crítico era o super dimensionamento deste setor no segundo andar. Com aproximadamente 278m², havia movimentação desnecessária dos técnicos entre as mesas de montagem, estantes dos materiais e as bancadas.

O setor de maior interligação com a Produção é o Almoxarifado e a Logística que se encontram na outra extremidade do prédio. Assim, com a caracterização da empresa em questão, foi elaborado um modelo para modificação do arranjo físico, passando este para a modalidade celular. O subtópico a seguir ilustra o desenvolvimento deste modelo na empresa estudada.

4.2 Implantação do modelo

Na primeira fase do processo, a coleta de informações, observou-se aspectos negativos da localização do setor de produção. Assim, foi tomada uma decisão estratégica de mudança de local, passando a ser localizado no andar térreo. Com esta mudança, foram identificadas algumas vantagens iniciais:

- Setor de Produção mais próximo da UGB (Unidade de Gerenciamento Básico) Almoxarifado;
- Setor de Produção mais próximo da UGB Logística;
- Não há escadas durante a movimentação de material pesado.

Porém, com a mudança, pôde ser observado algumas desvantagens deste novo modelo implantado. As mesmas são listadas a seguir:

- Espaço no térreo muito pequeno, com aproximadamente 96 m²;
- Existência de colunas de alvenaria que dificultam a distribuição dos objetos e das passagens.

Seguindo a metodologia proposta, foi realizado um levantamento da área e dos objetos do setor, dividindo-se o espaço dos objetos em seis grupos principais conforme a Tabela 1.

Estoques em processo	Qtd paletes	Largura	Comprimento	Área (m ²)
Gabinete externo SMTd pré-montado	8	4,8	1	4,80
Gabinete interno SMTd pré-montado	5	3	1	3,00
Caixa de display SMTP 9010 pré-montado	4	2,4	1	2,40
Caixa de câmera SMTd pré-montado	2	1,2	1	1,20
Caixa de câmera SMTP pré-montado	6	1,8	2	3,60
Estoques de matérias-primas	Qtd paletes	Largura	Comprimento	Área (m ²)
Caixa do gabinete interno SMTd	9	3	1,8	5,40
Material para montagem do SMTP	2	1	1,2	1,20
Estante para fabricados de terceiro	5	0,93	0,31	0,29
Estante de pequenas peças	1	0,91	0,35	0,32
Tampas das bandejas para SMTd	2	1	1,2	1,20

Bandejas para SMTd	2	1	1,2	1,20
Tampas dos gabinetes externos SMTd	3	3	0,6	1,80
Material para gabinete interno SMTd	2	1	1,2	1,20
Estoques de produtos acabados	Qtd paletes	Largura	Comprimento	Área (m²)
Caixa de câmara do SMTP montada	8	2,4	2	4,80
Caixa de display SMTP 9010 montada	3	1,8	1	1,80
Caixa do gabinete externo SMTd	1	1	0,6	0,60
Máquinas	Qtd	Largura	Comprimento	Área (m²)
Máquina de solda (forno)	1	3	0,8	2,40
Máquina <i>TWS Automation</i>	1	1,7	1,2	2,04
Postos de trabalho (evidentes)	Qtd	Largura	Comprimento	Área (m²)
Bancada de montagem	4	1,5	1	6,00
Mesa de montagem	1	4,1	1,6	6,56
Cadeiras	6	0,6	0,6	2,16
Outros	Qtd	Largura	Comprimento	Área (m²)
Área de descarte e classificação	1	6	2	12,00
Gaveteiro	1	0,62	0,31	0,19

Tabela 1: Área dos objetos da Produção

A atividade seguinte realizada foi o levantamento da área total do terceiro andar, que possui 277 m². Levantou-se também a área total disponível no andar térreo, possuindo a mesma apenas 96 m². Porém, pela Tabela 1, pode-se observar que a área física requerida para todos os objetos detalhados é de 66,16 m². A área livre para circulação (área total subtraída da área dos objetos) do terceiro andar é de 211 m². Esta área de circulação representa 76% da área total, o que permite um bom fluxo dos materiais e das pessoas, porém com distâncias que mereciam redução. A Tabela 2 ilustra estes fatos.

Descrição	(m ²)	Percentual (%)
Área total no 3° andar	277	100%
Área dos objetos	66	24%
Área para circulação no 3° andar	211	76%
Área total no térreo	96	100%
Área dos objetos	66	69%
Área para circulação no térreo	30	31%

Tabela 2: Comparação de áreas

Se fossem alocados todos os objetos presentes no terceiro andar para a área destinado no térreo, a área para circulação seria de apenas 30 m², que representa apenas 31% da área total.

Diante dos desafios, foi elaborado um diagrama de relacionamentos o qual permitiu verificar quais os objetos da Tabela 1 realmente seriam importantes permanecer dentro do setor.

O quadro 2 apresenta os critérios utilizados no relacionamento de cada área e objeto.

Código	A	E	I
Proximidade	Absolutamente necessário	Especialmente importante	Importante
Código	O	U	X

Proximidade	Proximidade normal	Não importante	Indesejável
-------------	--------------------	----------------	-------------

Quadro 2: Critérios de relacionamento

Fonte: Adaptado de Slack et al. (2002).

Através destes códigos estabelecidos, foi realizada uma entrevista com o gestor do setor para a classificação da relação entre as operações desenvolvidas na área de produção. O diagrama de relacionamentos está ilustrado na Figura 1.

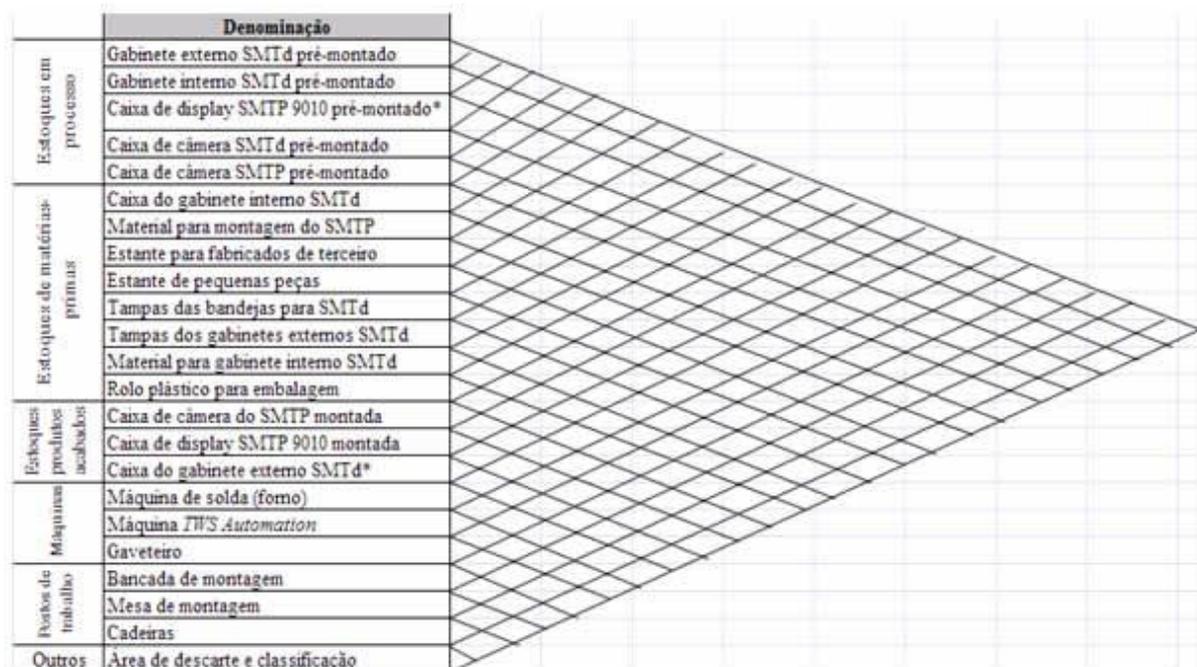


Figura 1: Diagrama de relacionamentos

Foram também definidos códigos para cada objeto presente no layout. A compilação dos códigos para cada objeto está na Tabela 3. Esta Tabela indica a importância relativa da proximidade dos processos entre si.

		Denominação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Estoques em processo	1	Gabinete externo SMTd pré-montado	E	U	E	U	O	X	A	A	U	A	U	O	U	U	I	X	X	I	I	I	A	U
	2	Gabinete interno SMTd pré-montado	E	U	E	U	I	X	A	A	I	X	A	O	U	U	X	X	X	I	A	I	A	U
	3	Caixa de display SMTP 9010 pré-montado*	U	U	X	A	U	A	A	A	X	X	X	I	E	I	X	X	X	A	A	A	A	U
	4	Caixa de câmera SMTd pré-montado	X	X	A	X	A	A	U	X	X	I	X	X	U	X	X	I	A	A	A	U	E	E
	5	Caixa de câmera SMTP pré-montado	U	U	A	X	X	A	A	A	X	X	X	I	I	I	X	X	X	I	A	A	A	U
Estoques de matérias-primas	6	Caixa do gabinete interno SMTd	O	I	U	A	X	X	A	A	I	X	A	I	X	X	O	X	X	I	A	A	A	U
	7	Material para montagem do SMTP	X	X	A	X	A	X	A	X	X	X	I	A	I	X	X	X	I	A	A	A	A	U
	8	Estante para fabricados de terceiro	A	A	A	A	A	A	A	X	I	X	A	U	A	A	A	U	U	O	I	I	I	U
	9	Estante de pequenas peças	A	A	A	A	A	A	A	X	X	X	I	O	A	A	A	X	X	O	I	I	I	U
	10	Tampas das bandejas para SMTd	U	I	X	U	X	I	X	I	X	O	X	U	X	X	I	X	X	X	X	X	X	X
	11	Tampas dos gabinetes externos SMTd	A	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	X	X	I	X	X	I	A	A	I	U	
	12	Material para gabinete interno SMTd	U	A	X	X	X	A	X	A	I	X	X	U	O	O	O	X	X	O	O	O	O	U
Estoques de produtos acabados	13	Rolo plástico para embalagem	O	O	I	I	I	I	U	O	U	O	U	O	I	X	X	X	O	O	O	O	U	
	14	Caixa de câmera do SMTP montada	U	U	E	X	I	X	A	A	A	X	X	O	O	O	X	X	X	O	O	O	O	U
	15	Caixa de display SMTP 9010 montada	U	U	I	X	I	X	I	A	A	X	X	O	I	O	X	X	X	I	I	I	I	U
Máquinas	16	Caixa do gabinete externo SMTd*	I	X	X	U	X	O	X	A	A	I	O	X	X	X	X	A	X	X	X	I	U	
	17	Máquina de solda (forno)	X	X	X	X	X	X	U	X	X	X	X	X	X	X	X	A	X	X	X	I	U	
Pontos de trabalho (eventuais)	18	Máquina TWS Automation	X	X	X	X	X	X	U	X	X	X	X	X	X	X	A	A	X	I	I	I	U	
	19	Gaveteiro	I	I	A	I	I	I	O	O	X	I	O	O	O	I	X	X	X	I	I	I	U	
	20	Bancada de montagem	I	A	A	A	A	A	I	X	A	O	O	O	I	X	X	I	I	I	I	I	U	
Outros	21	Mesa de montagem	I	I	A	A	A	A	I	X	A	O	O	O	I	X	X	I	I	I	I	I	U	
	22	Cadeiras	A	A	A	A	A	A	I	X	I	O	O	O	I	I	I	I	I	I	I	I	U	
	23	Área de descarte e classificação	U	U	U	U	U	U	U	X	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	

Tabela 3: Códigos atribuídos

Os códigos atribuídos a cada interseção dentro do diagrama de relacionamento foram pontuados conforme a Tabela 4.

A	E	I	O	U	X
4	3	2	1	0	-1

Tabela 4: Códigos de pontuação

Dessa forma, foi possível construir a tabela com os valores e a pontuação total para cada área do setor, conforme a Tabela 5.

	Denominação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Pt.
1	Gabinete externo SMTd pré-montado	3	0	3	0	1	-1	4	4	0	4	0	1	0	0	2	-1	-1	2	2	2	4	0	29
2	Gabinete interno SMTd pré-montado	3	0	3	0	2	-1	4	4	2	-1	4	1	0	0	-1	-1	-1	2	4	2	4	0	30
3	Caixa de display SMTP 9010 pré-montado*	0	0	-1	4	0	4	4	4	-1	-1	-1	2	3	2	-1	-1	-1	4	4	4	4	0	32
4	Caixa de câmera SMTd pré-montado	-1	-1	4	-1	4	4	0	-1	-1	2	-1	-1	0	-1	-1	2	4	4	4	0	3	3	25
5	Caixa de câmera SMTP pré-montado	0	0	4	-1	-1	4	4	4	-1	-1	-1	2	2	2	-1	-1	-1	2	4	4	4	0	28
6	Caixa do gabinete interno SMTd	1	2	0	4	-1	-1	4	4	2	-1	4	2	-1	-1	1	-1	-1	2	4	4	4	0	31
7	Material para montagem do SMTP	-1	-1	4	-1	4	-1	4	4	-1	-1	-1	2	4	2	-1	-1	-1	2	4	4	4	0	28
8	Estante para fabricados de terceiro	4	4	4	4	4	4	-1	2	-1	4	0	4	4	4	0	0	1	2	2	2	0	0	51
9	Estante de pequenas peças	4	4	4	4	4	4	-1	-1	-1	2	1	4	4	4	-1	-1	1	2	2	2	0	0	45
10	Tampas das bandejas para SMTd	0	2	-1	0	-1	2	-1	2	-1	1	-1	0	-1	-1	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-5
11	Tampas dos gabinetes externos SMTd	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	2	-1	-1	2	4	4	2	0	0	7
12	Material para gabinete interno SMTd	0	4	-1	-1	-1	4	-1	4	2	-1	-1	0	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	0	13
13	Rolo plástico para embalagem	1	1	2	2	2	2	0	1	0	1	0	1	2	-1	-1	-1	1	1	1	1	0	0	18
14	Caixa de câmera do SMTP montada	0	0	3	-1	2	-1	4	4	4	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	0	17
15	Caixa de display SMTP 9010 montada	0	0	2	-1	2	-1	2	4	4	-1	-1	1	2	1	-1	-1	-1	2	2	2	2	0	19
16	Caixa do gabinete externo SMTd*	2	-1	-1	0	-1	1	-1	4	4	2	2	1	-1	-1	-1	-1	4	-1	-1	-1	2	0	11
17	Máquina de solda (forno)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	4	-1	-1	-1	2	0	-12
18	Máquina TWS Automation	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	4	4	-1	2	2	2	0	-1
19	Gaveteiro	2	2	4	2	2	2	2	1	1	-1	2	1	1	1	2	-1	-1	-1	2	2	2	0	27
20	Bancada de montagem	2	4	4	4	4	4	2	2	-1	4	1	1	1	2	-1	-1	2	2	2	2	0	0	44
21	Mesa de montagem	2	2	4	4	4	4	2	2	-1	4	1	1	1	2	-1	-1	2	2	2	2	0	0	42
22	Cadeiras	4	4	4	4	4	4	2	2	-1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	0	0	50
23	Área de descarte e classificação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1

Tabela 5: Pontuação dos objetos

Com o diagrama de relacionamentos, foi elaborada uma tabela de pontuação para todos os objetos presentes no layout. Esta etapa permite que sejam avaliados que componentes devem estar próximos entre si e quais podem estar mais distantes. O objetivo, neste caso, é a redução do deslocamento entre as etapas do processo produtivo. Esta pontuação está ilustrada na Tabela 6.

OBJETO	PT	PT %	% AC
Estante para fabricados de terceiro	51	10%	10%
Cadeiras	50	9%	19%
Estante de pequenas peças	45	9%	28%
Bancada de montagem	44	8%	36%
Mesa de montagem	42	8%	44%
Caixa de display SMTP 9010 pré-montado*	32	6%	50%
Caixa do gabinete interno SMTd	31	6%	56%
Gabinete interno SMTd pré-montado	30	6%	62%
Gabinete externo SMTd pré-montado	29	5%	67%
Caixa de câmara SMTP pré-montado	28	5%	72%
Material para montagem do SMTP	28	5%	78%
Gaveteiro	27	5%	83%
Caixa de câmara SMTd pré-montado	25	5%	88%
Caixa de display SMTP 9010 montada	19	4%	91%
Rolo plástico para embalagem	18	3%	95%
Caixa de câmara do SMTP montada	17	3%	98%
Material para gabinete interno SMTd	13	2%	100%
Caixa do gabinete externo SMTd	11	2%	102%
Tampas dos gabinetes externos SMTd	7	1%	104%
Máquina TWS Automation	-1	0%	103%
Área de descarte e classificação	-1	0%	103%
Tampas das bandejas para SMTd	-5	-1%	102%
Máquina de solda (forno)	-12	-2%	100%

Tabela 6: Pontuação acumulada

Assim, o diagrama de relacionamentos permitiu a identificação dos seguintes pontos críticos:

- As estantes devem estar localizadas nos pontos mais centrais do setor de produção, devido ao elevado percentual de relacionamento;
- As bancadas e a mesa de montagem devem estar próximas às estantes e em posições centrais do arranjo;
- Os estoques em processo deverão estar próximos das áreas acima citadas;
- O gaveteiro, contendo o ferramental, deverá estar tão próximo quanto possível das áreas onde ocorre o processo de produção;
- Outras áreas deverão ser reduzidas ao máximo, ou eliminadas, nomeadamente de estoques de matérias-primas, para que no setor de produção estejam somente os materiais que venham a ser utilizados em curto ou curtíssimo tempo. A caixa do gabinete externo é uma exceção devido ao seu peso elevado, entretanto, convém que sejam reduzidos, os lotes desses materiais, na área destinada à produção.

Com os dados obtidos nesta primeira análise, a fase seguinte do processo foi o desenho do arranjo esquemático, que foi realizada atribuindo-se espessuras e tipos de linhas diferentes para cada grau de proximidade entre os objetos. As áreas com proximidade indesejável não foram ligadas, porém, tomou-se o cuidado de afastá-las no desenvolvimento do layout. A Figura 2 ilustra o que foi obtido.

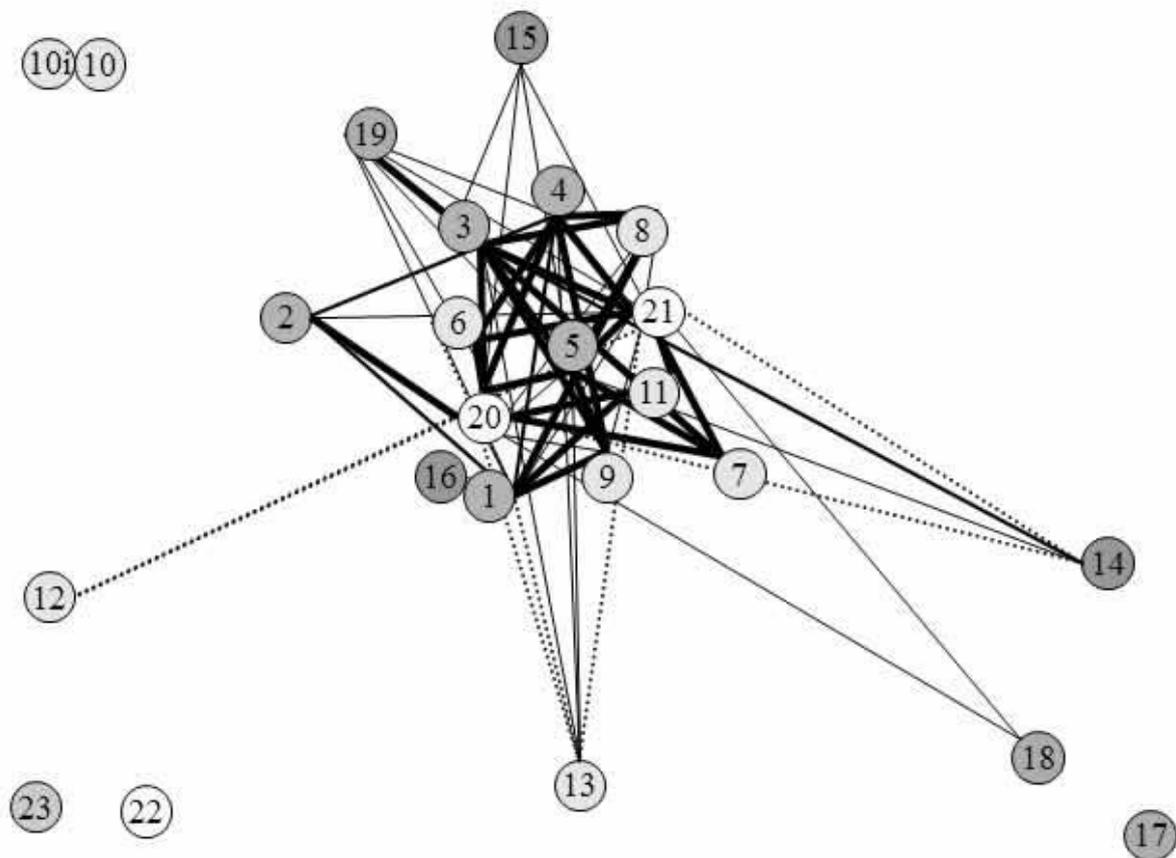


Figura 2: Arranjo esquemático

Como se pode observar, os pontos 20 e 21, respectivamente, bancada e mesa de montagem, apresentam fortes ligações com os outros objetos, devendo estar centralizados dentro da UGB Produção. Adicionalmente, verifica-se que o ponto 9, representando as estantes, deve estar equidistante das bancadas e da mesa de montagem. O ponto 8, estante de pequenas peças, deve estar mais próximo da mesa que das bancadas. Por fim, nota-se que os pontos em cinza, 1 a 5, que representam o estoque em processo, devem estar tanto mais próximos das bancadas e mesa quanto possível. A numeração dos pontos está relacionada com a Tabela 5, apresentada anteriormente.

Por último, com base no arranjo esquemático, foi elaborado o desenho do arranjo físico, onde fizeram-se os ajustes para que cada área e objeto fossem alocados nos locais mais adequados, permitindo, sobretudo, um bom fluxo de pessoas e materiais, bem como, um espaço para a realização ótima das atividades produtivas. Este novo layout obtido está ilustrado na Figura 3.

Por esta Figura, pode-se observar que os objetos que possuem maior relacionamento com os demais estão localizados na parte central do layout proposto e o restante ao seu redor.

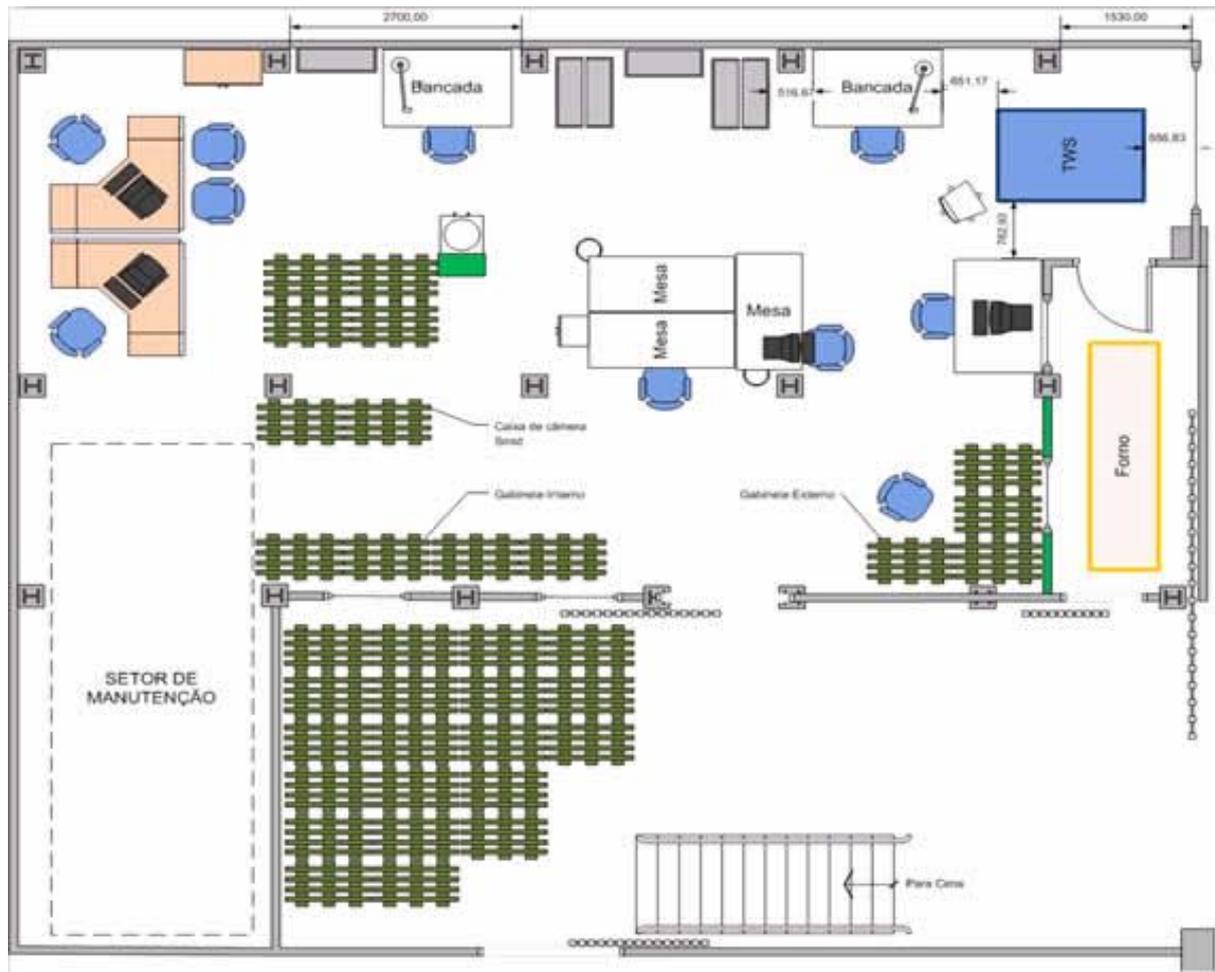


Figura 3: Layout celular desenvolvido

5. Conclusões

A partir de estudos realizados no setor foi possível identificar que o processo de produção presente era por bateladas. Um levantamento feito com os funcionários revelou que os equipamentos eram fabricados em lotes de dez unidades. Após a mudança de *layout*, observou-se a redução do espaço total e duas transformações no arranjo físico da produção, a quantidade fabricada por lote foi reduzida e o tamanho adequado com a demanda dos contratos e com as instalações foi de quatro unidades.

Baseado na carta de relacionamentos foi desenvolvido um layout o qual predominou características do tipo celular. No primeiro momento, a mudança da produção para o andar térreo já apresentou significativas melhorias para a empresa. Foi perceptível o correto fluxo produtivo de materiais entre o Almoxarifado e a Produção, assim como da Produção à Logística.

O layout desenvolvido permitiu grande redução de movimentos dos técnicos entre mesa de montagem e as estantes, visto que a distância inicial era de 5 metros passando para 2,5m (redução de 50%). A distância inicial entre as bancadas e estantes eram de 14m passando a apenas 2,5m (redução de 82%). O percurso entre a TWS (máquina de soldagem em placas) e o Forno obteve os maiores ganhos, com trajeto de 16m para apenas 2m (redução de 88%).

Assim, observa-se que cada tipo de *layout* tem sua utilidade e, neste caso, o tipo celular se

mostrou bastante vantajoso, com ganhos de produtividade e redução de espaço percorrido.

Referências

- ALBERTIN, M. R.** *As Melhores Práticas de Gestão da Produção e Operações no Estado do Ceará*. Fortaleza: Edições UFC, 2007. 221p.
- BORGES, F. Q.** *Layout*. Artigo (Lato & Sensu - Revista dos Monitores, v. 2, n. 4 – UNAMA) Belém, 2001.
- CHASE, R. B., JACOBS, R. F., AQUILANO, N.J.** *Operations management for competitive advantage with global cases*. 11 edição. Editora New York McGRAW – Hill – International Edition, 2006.
- CHIAVENATO, I.** *Administração de materiais: uma abordagem introdutória*. São Paulo: Campus, 2005.
- FREITAS, A. O., OLAVE, M. E. L. VIEIRA, R. K.** *Manufatura enxuta como ferramenta na mudança de layout do formato de “U” para o formato em “I”*. Um estudo de caso. In. Anais ENEGEP. Rio de Janeiro, 2008.
- LORENZATTO, J. T., RIBEIRO, J. L. D.** *Projeto de layout alinhado às práticas de produção enxuta em uma empresa siderúrgica de grande porte*. In. Anais ENEGEP. Foz do Iguaçu, 2007.
- MIYAKE, D. Y.** *Arranjo Físico de Sistemas de Produção*. Apostila (Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia de Produção) 2005.
- MUTHER, R.** *Planejamento do Layout: Sistema SLP*. São Paulo: Edgard Blücher, 1978. 300p.
- PERALES, W.** *Classificações dos Sistemas de Produção*. In: ENEGEP 2001. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR111_0830.pdf>. Acesso em: 3 set. 2008.
- PRATA, A. B.** *Arranjo Físico Celular: Uma Abordagem Conceitual*. Monografia de conclusão do curso de Especialização em Engenharia de Produção. Fortaleza, 2002.
- SILVA, E. L., MENEZES, E. M.** *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. 3.ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121p.
- SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R.** *Administração da Produção*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747p.
- SIMÕES, A. L. P., COSTA, C. M. LEMOS, F. O.** *Aprimoramento de layout produtivo como habilitador de redução de perdas: estudo de caso em uma célula de montagem com layout “U”*. In. Anais ENEGEP. Foz do Iguaçu, 2007.
- TUBINO, D. F.** *Planejamento e Controle da Produção – Teoria e Prática*. São Paulo: Atlas, 2007. 190p.