

## **O MÉTODO SLP INTEGRADO AO ALGORITMO CNA PARA MAIOR EFICÁCIA NO PLANEJAMENTO DE LAYOUT: ESTUDO DE CASO EM UMA MOVELARIA NA CIDADE DE DOM ELISEU – PA.**

**Fredson Teixeira de Brito**

Universidade Federal do Pará  
Rua Manoel de Abreu, s/n, Mutirão, Abaetetuba-PA  
fredsonbritto@gmail.com

**Harlenn dos Santos Lopes**

Universidade Federal do Pará  
Rua Manoel de Abreu, s/n, Mutirão, Abaetetuba-PA  
harlenn@ufpa.br

### **RESUMO**

A aplicação de ferramentas no estudo do processo produtivo em ambientes é algo que se torna cada vez mais relevante, haja vista que melhorias na flexibilidade da produção são cada vez mais exigidas. A utilização de ferramentas de análise e ajustes de layouts é uma das formas de buscar resultados competitivos positivos para as organizações. Este trabalho realiza um planejamento de layout, a partir da aplicação de ferramentas de quantitativas e qualitativas. Para isso foi realizado um estudo de caso onde se objetivou a reestruturação do layout de uma empresa fabricante de móveis. O Algoritmo CNA (*Close Neighbour Algorithm*) foi empregado na análise um layout funcional existente a fim de convertê-lo em um arranjo celular, ao passo que o Planejamento Sistemático do Layout (SLP) foi decisivo como ferramenta de apoio no rearranjo das áreas de atividade e dos departamentos da empresa. Os resultados obtidos constataam a importância de uma abordagem pragmática na resolução de questionamentos que visam maximizar a eficiência e qualidade do processo produtivo e consequentemente o sucesso das organizações.

**PALAVRAS CHAVE: Layout, Algoritmo CNA, Planejamento Sistemático de Layout.**

**Apoio à decisão multicritério**

### **ABSTRACT**

The application of tools in the study of the production process in environments is something that becomes more relevant, given that improvements in production flexibility are increasingly required. The use of analysis tools and layouts adjustments is one way of seeking positive competitive outcomes for organizations. This work performs a layout planning, from the application of quantitative and qualitative tools. For this, were made a case of study where the objective was to restructure the layout of furniture's manufacturer company. The Algorithm CNA (*Close Neighbour Algorithm*) was employed to analyze an existing functional layout in order to convert it into a cell array, while the Systematic Layout Planning (SLP) was decisive as a support tool in the rearrangement of activity areas and departments' company. The results note the importance of a pragmatic approach in solving questions aimed at maximizing the efficiency and quality of the production process and consequently the success of organizations.

**KEYWORDS: Layout, Algorithm CNA, Systematic Layout Planning.**

**Multicriteria decision support**

## 1. O LAYOUT OU ARRANJO FÍSICO

A principal preocupação do arranjo físico ou *layout* de uma operação produtiva está voltada para a localização física dos recursos transformadores, através do melhor posicionamento físico entre eles. A tarefa de definir arranjo físico está na decisão de posicionar todos os recursos de transformação de forma coerente. (SLACK, 2006).

Marques (2012), afirma que é necessário considerar os seguintes aspectos no momento de se planejar um arranjo físico:

- Especificações gerais como: espaços necessários; distancias a serem cobertas e circulação de materiais;
- Estimativa de demanda de cada produto no sistema;
- Requisitos de processo, quantidade de operações, fluxos entre os vários componentes;
- Necessidade de espaços para a operação dos equipamentos e tarefas;
- Disponibilidade de espaço para novas ou possíveis configurações;

Slack (2006) consolida em quatro, os tipos básicos de *layouts*. Esta consolidação se dá pelo fato de serem estes os mais comuns e encontrados na maioria dos processos de manufatura, estes layouts são:

- Arranjo Físico posicional;
- Arranjo Físico por Processo;
- Arranjo Físico Celular;
- Arranjo Físico por Produto.

Na figura 01, o modelo proposto por Slack (2006) mostra um gráfico em que os tipos de *layout* são distribuídos em função de diversos níveis de volume e variedade de produtos ou serviços.

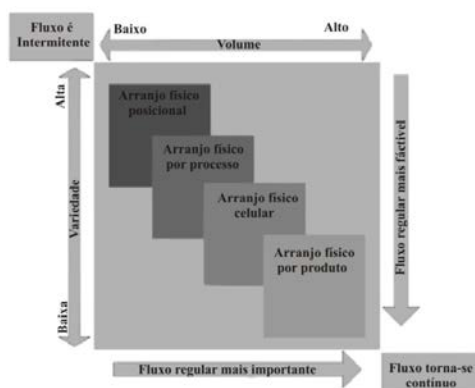


Figura 01 – Tipos de *layout* em função de volume e variedade de produtos ou serviços  
 Fonte:Slack (2006).

Segundo Slack (2006), a decisão de qual tipo de arranjo físico adotar raramente permite uma escolha entre os quatro tipos básicos. Em geral, estas opções são reduzidas a apenas um ou dois tipos de *layouts*, pois as características de volume e variedade de uma operação irão reduzir esta escolha. Ainda assim, cada tipo de arranjo físico sobrepõe-se em faixas de volumes e variedades, demonstrando que essas interseções são transições entre cada tipo de *layout*. Logo, o total entendimento das vantagens e desvantagens de cada um é peça fundamental para a escolha do *layout* mais adequado para determinado processo.

## 2. FERRAMENTAS DE ANÁLISE

### 2.1. Curva ABC (Gráfico de Pareto)

Segundo César (2011), em qualquer situação no ambiente produtivo, aproximadamente de 20% dos problemas causam 80% de impacto nos resultados da empresa. Dito isso, torna-se

mais importante concertar os esforços no ataque destes 20% de problemas vitais, que, no entanto são responsáveis por grandes perdas para a empresa. Na Figura 02 está representada a relação entre problemas e impactos causados por estes.

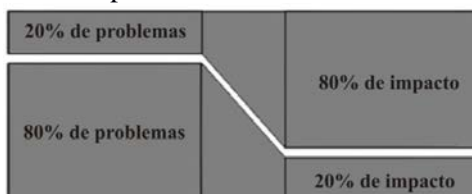


Figura 02 – Relação entre problemas e impacto  
Fonte: Adaptado de César (2011)

## 2.2. Algoritmo CNA (*Close Neighbour Algorithm*)

O método CNA, desenvolvido por Boe e Cheng (1991), é um algoritmo dos métodos de arranjos de matrizes, onde é possível convergir ao resultado em apenas uma iteração.

O desenvolvimento do Algoritmo CNA, descrito por Dalmas (2004), possui dois estágios que são: estágio um (Ordenamento das linhas) e estágio dois (Ordenamento das colunas) que serão descritos a seguir:

### a) Estágio 1 (Ordenamento das linhas)

- ✓ **Passo 1:** Cria-se uma matriz inicial  $A$  em que nas suas linhas são listadas as máquinas (ou trabalhadores) do processo produtivo em questão e nas colunas são listados os produtos (ou componentes).
- ✓ **Passo 2:** Toda vez que um produto se utilizar de uma máquina para ser processado assinala-se com “1” no cruzamento correspondente. Quando o produto não necessitar de uma máquina assinala-se com “0”. Somente fluxos primários são indicados na matriz.
- ✓ **Passo 3:** Uma matriz  $B$  (máquina x máquina) é construída, nesta matriz é feita a comparação de duas máquinas por vez onde é assinalado o número de produtos compartilhados por elas. O elemento  $b_{ij}$  na matriz indica quantos produtos necessitam das máquinas  $i$  e  $j$  para o seu processamento. A última coluna da matriz, designada por  $S_i$ , traz o somatório dos números das linhas (idêntico ao somatório dos números nas colunas).
- ✓ **Passo 4:** Para definir a nova ordem das linhas na matriz  $A$ , analisa-se a matriz  $B$ , obedecendo aos seguintes critérios:

**1ª Linha:** Para ordenar a primeira linha deve-se selecionar a linha com o maior valor de  $S_i$ , em caso de empate escolhe-se a linha de menor índice  $i$ .

**2ª Linha em diante:** As linhas seguintes a serem reordenadas são determinadas pela utilização sequencial de três regras:

- i. Identifique o maior valor de  $b_{ij}$  na última linha trabalhada, o índice  $j$  (da coluna) indica a próxima linha a ser trabalhada; no caso de empate, use o próximo critério;
- ii. Escolha a linha com maior  $S_i$  dentre as empatadas; no caso de novo empate, use o próximo critério;
- iii. Escolha a linha com menor índice  $i$  dentre as empatadas. Reorganize as linhas da matriz inicial  $A$ , seguindo a ordem definida acima.

### b) Estágio 2 (Ordenamento das colunas)

- ✓ **Passo 1:** Para definir a nova ordem das colunas da matriz  $A'$ , divide-se a matriz  $A'$  em duas metades, superior e inferior. Se o número de linhas da matriz for ímpar, deve-se fazer com que a metade superior fique com um número ímpar de linhas. Denomina-se a metade superior da matriz dividida de SEQ1 e a metade inferior de SEQ2.
- ✓ **Passo 2:** Analisam-se as colunas da matriz  $A'$  dividida, contando-se o número de “1s” em cada uma das metades (SEQ1 e SEQ2).

- ✓ **Passo 3:** Sempre que  $SEQ1 > SEQ2$ , assinala-se a coluna e reordena-se a numeração da primeira à última coluna assinalada. Colunas não assinaladas vão para a segunda fase do estágio 2.
- ✓ **Passo 4:** Divide-se a metade inferior ( $SEQ2$ ) da matriz  $A'$  em duas metades,  $SEQ1$  e  $SEQ2$ , novamente. Verificam-se as colunas que não foram reordenadas na fase 1 quanto à incidência de células assinaladas com “1”. Sempre que  $SEQ1 > SEQ2$ , assinala-se a coluna e reordena-se a numeração da primeira à última coluna assinalada.
- ✓ **Passo 5:** Colunas não assinaladas vão para a fase seguinte do estágio 2, e o procedimento é repetido até que todas as colunas sejam reordenadas ou a divisão da matriz não seja mais possível. Neste último caso, no caso de remanescerem colunas não assinaladas, estas devem ser ordenadas livremente, na sequência da última coluna assinalada.

### 2.3. O Método SLP (Systematic Layout Planning)

Ao desenvolver o sistema SLP, volta-se a preocupação em estudar a inter-relação entre os recursos de produção no que diz respeito ao posicionamento físico entre estes, promovendo uma integração espacial destes recursos sob uma ótica global e coerente, considerando a sequência das operações, os equipamentos e condições espaciais do local para que a produção se torne mais eficiente em termos de rapidez e qualidade. (Almeida, 2006). O Método SLP segue as fases contidas na Figura 03.

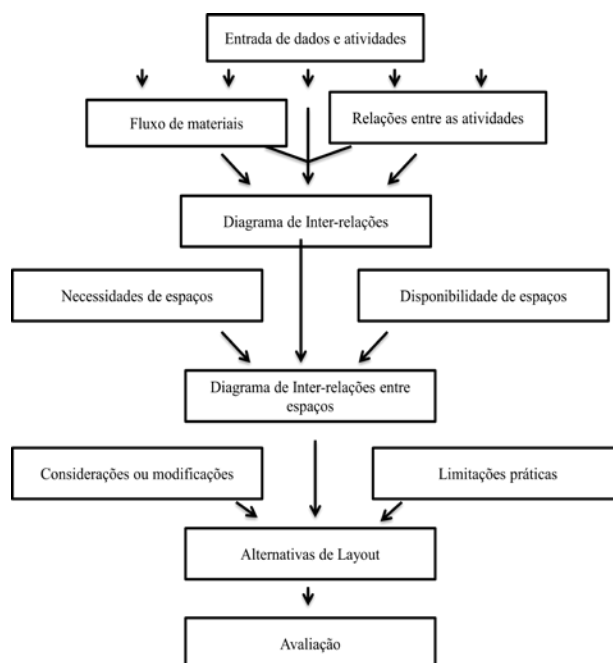


Figura 03 – Etapas do Método SLP  
 Fonte: Rocha *et al* (2011)

### 3. O MÉTODO DE PESQUISA

Segundo a reflexão dos autores: Gil (2006); Marconi e Lakatos (1999); Andrade (2002) e Oliveira (2001), por sua natureza, este trabalho é classificado como pesquisa aplicada, tendo em vista que seu conteúdo teórico é explorado e direcionado à solução de problemas práticos.

Em função da profundidade da investigação e abordagem, este trabalho se caracteriza como estudo de caso, pois, de acordo com Gil (2006), sua realização consiste em um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

Segundo Gil (2006), em termos de coleta de dados, o estudo de caso é um dos mais completos de todos os delineamentos de pesquisa. A aplicação da metodologia tem sido segundo Yin (2005) a estratégia preferida quando se trata de busca de respostas às questões do tipo “como” e “por que”, e quando o pesquisador possui pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. Os procedimentos utilizados para a elaboração deste trabalho são pesquisa bibliográfica e aplicação de metodologia proposta em um caso prático.

#### 4. O ESTUDO DE CASO

A empresa objeto de estudo está localizada no município de Dom Eliseu-PA e é uma empresa de pequeno porte que atua no mercado de móveis e esquadrias de madeira há oito anos. Por questões de sigilo a empresa preferiu ter seu nome omitido, desta forma, ela será citada no decorrer do trabalho apenas pelo nome fictício de Móveis Brasil Ltda.

Na ocasião da pesquisa a empresa Móveis Brasil Ltda. trabalhava com a oferta de 48 produtos ao longo dos últimos dois meses, mas devido a mudanças constantes de design dos produtos para acompanhar as tendências do mercado esses itens podem variar tanto em quantidade quanto em métodos de fabricação com o acréscimo de novos produtos ou retirada de outros já existentes.

##### 4.1. Classificação ABC

A classificação dos produtos pela curva ABC foi importante porque existe uma grande variedade de produtos fabricados pela empresa e o trabalho seria extenso demais caso fossem abordados todos, além de que o estudo de todos os itens seria inviável em termos de tempo e prazo, pois como o processo é de produção puxada os produtos não são fabricados constantemente, mas sim apenas quando encomendados, ao passo que, através da classificação pela curva ABC, é possível dirigir os esforços aos itens mais representativos em termos de vendas, volume produzido e de faturamento. A Figura 04 apresenta o gráfico da curva ABC

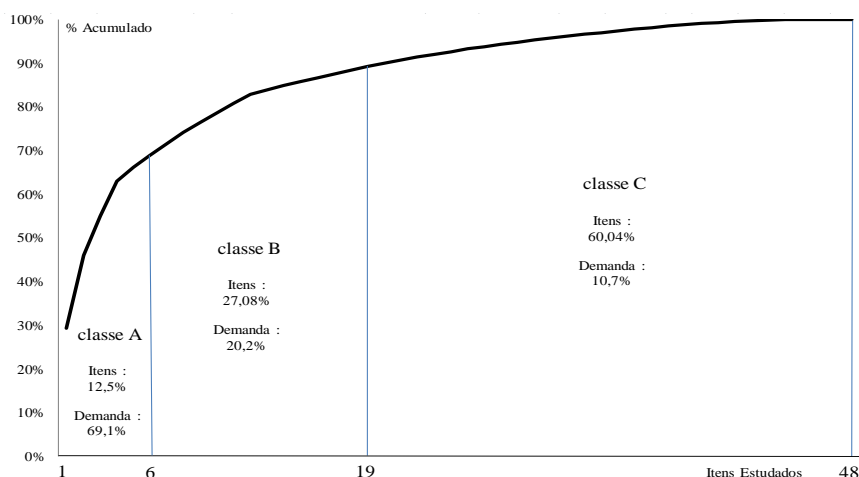


Figura 04 – Classificação ABC dos produtos

Fonte: Elaborado pelo autor

##### 4.2. Decomposição dos produtos Classe A em componentes

Os produtos classe A, apesar de sua pequena quantidade (seis itens), possuíam grande variedade de componentes ou peças para cada um deles, o que tornaria inviável a implementação de um arranjo físico celular baseado diretamente nos produtos, portanto, fez-se necessária a sua subdivisão em componentes. Desta forma foi possível agrupá-los em famílias de componentes

por similaridade de processo, ou seja, componentes que passam pelos mesmos processos ou máquinas terão uma célula dedicada a eles.

### 4.3. Aplicação do Algoritmo CNA

Com o objetivo de definir a quantidade apropriada de células com seus respectivos agrupamentos de componentes e máquinas do processo produtivo descrito anteriormente, foi adotado neste trabalho o algoritmo de agrupamento *Close Neighbour Algrorithm*. O objetivo deste passo é fazer a conversão do *layout* funcional atual existente para um *layout* celular.

#### 4.3.1. Matriz Inicial A de Incidências

Foi criada uma matriz inicial (A) de incidências, onde as máquinas são listadas nas linhas e os produtos ou peças, nas colunas. Em seguida foram feitas as enumerações conforme o passo 2, onde toda vez que um componente necessitou de uma máquina em sua fabricação assinalou-se com “1” no cruzamento correspondente, já nos casos contrários foram assinalados com “0”. A Tabela 01 lista as máquinas utilizadas no estudo.

Tabela 01 – Relação das máquinas utilizadas na usinagem

Maquinas	Indice
Plaina desempenadeira	1
Furadeira	2
Plaina desengrossadeira	3
Respigadeira	4
Serra fita	5
Serra circular	6
Esquadrejadeira	7
Torno de madeira	8
Lixadeira de cinta	9
Tupia	10

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.3.2. Matriz B (Máquina Versus Máquina)

A Tabela 02 traz a matriz B obtida a partir da matriz inicial de incidências é uma matriz onde se relaciona umas com as outras todas as máquinas do processo produtivo. Cada célula da matriz indica quantos componentes são compartilhados por par de máquinas. Si representa a soma de incidências em cada linha.

Tabela 02 – Matriz B obtida a partir da matriz inicial (A)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	SI
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	12	6	3	3	2	18	15	67
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	12	0	0	6	2	0	0	12	12	52
5	0	6	0	6	0	2	4	4	8	9	47
6	0	3	0	2	2	0	1	1	10	3	22
7	0	3	0	0	4	1	0	6	3	0	17
8	0	2	0	0	4	1	6	0	3	1	17
9	0	18	0	12	8	10	3	3	0	1	63
10	0	15	0	12	9	3	0	1	1	0	49

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.3.3. Tabela de Reordenação das Linhas da Matriz Inicial A

Esta etapa teve por objetivo fazer a reordenação de linhas da matriz inicial (A). A matriz B foi analisada segundo os critérios supracitados. Na Tabela 03, está apresentada a reordenação das linhas da matriz inicial.

Tabela 03 – Reordenação das linhas da matriz de incidência

Índice de linhas	Máquinas possíveis	Máquina Selecionada	Razão
v=1	2	2	S2=máximo
v=2	9	9	b92=máximo
v=3	4	4	b49=máximo
v=4	10	10	b10,4=máximo
v=5	5	5	b5,10=máximo
v=6	7,8	7	b75=b85=máximos;S7=S8;7<8
v=7	8	8	b87=máximo
v=8	6	6	b68=máximo
v=9	1,3	1	b16=b36=máximos;S1=S3;1<3
v=10	3	3	b31=máximo

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.3.4. Reorganização das colunas da Nova Matriz Intermediária

O método de formação de célula utilizado apresentou uma escalação de máquinas e componentes que pode ser observada na Figura 06. Como todos os componentes dos produtos estudados são processados inicialmente pelas máquinas 1 e 3, plaina desempenadeira e plaina desgrossadeira respectivamente, então considerou-se a formação de uma célula para a etapa chamada processamento primário.

O método indicou que houve a necessidade de duplicação das máquinas 5 e 9, serra fita e lixadeira de cinta, respectivamente, pois ambas as células 1 e 2 necessitam destas para atenderem operações comuns entre si.

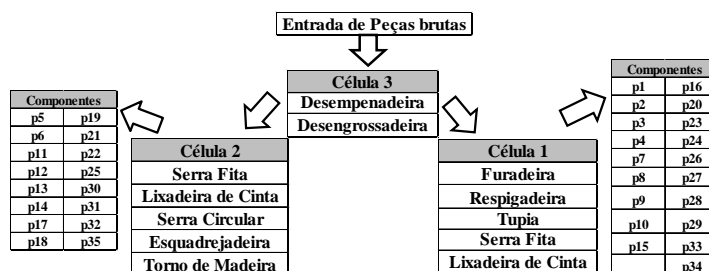


Figura 05 – Formação de células

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.4. Aplicação do SLP Simplificado

A metodologia do Planejamento Sistemático e Simplificado do *Layout* (SLP) foi selecionada pelo fato de que a empresa estudada foi enquadrada na categoria de projetos de pequeno porte, segundo os conceitos descritos por Muther e Wheller (2012). São descritos aqui os passos do SLP simplificado aplicado à empresa estudada. Neste artigo, pela extensão do trabalho, serão analisados os resultados do método.

**a) Diagrama de Relações:** Neste primeiro passo foram feitas as relações entre cada uma das nove principais atividades que compõem a estrutura da empresa, de forma que foram apontados os graus de proximidade de cada atividade em relação à outra. Por ser uma etapa de caráter qualitativo e consensual, foi necessário recorrer à opinião de alguns membros da equipe trabalho como marceneiros, auxiliares de produção, auxiliar administrativo e o gerente, de forma que estes puderam apontar quais atividades deveriam ser aproximadas e quais deveriam ser afastadas.

**b) Necessidade de Espaço e Características Físicas:** Após as etapas e observação e análise os dados foram sintetizados e apresentados na folha de áreas e características. Neste estudo a empresa, por motivos estratégicos, optou por manter os espaços atuais para atividades de usinagem, montagem e pintura.

**c) Diagrama de Relações de Atividades:** Aqui as atividades foram relacionadas visualmente e graficamente entre si, para isso utilizou-se as informações contidas nos passos anteriores, para assim, gerar o formato básico do *layout*.

**d) Desenvolvimento de Alternativas de Layout:** Após a determinação das relações de proximidade de cada atividade, foram feitos os rearranjos alternativos de forma que estes integram todas as considerações de modificação e limitações práticas.

**e) Avaliação dos Arranjos Alternativos:** A partir de três planos fornecidos pela fase anterior deve-se agora selecionar o plano definitivo para o arranjo físico geral. Na avaliação das alternativas de layout foram estabelecidos vários fatores que representam os objetivos que a empresa deseja alcançar com o planejamento de arranjo físico. Em seguida foram atribuídos pesos para os fatores onde estes pesos variaram de 0 a 10 de acordo com o grau de importância estipulado pela empresa, representada pelo gerente/proprietário. A partir de uma análise multicritério, pode-se chegar à melhor proposta de arranjo físico para a empresa estudada.

**f) Detalhamento do Layout Selecionado:** O passo final da metodologia SLP consistiu em detalhar o layout selecionado com a inclusão de detalhes dos equipamentos e suas características individuais. Após a o término desta etapa, o projeto estará pronto para a implantação de outros projetos como de iluminação, hidráulico, adequação aos requisitos legais como as normas regulamentadoras e demais licenciamentos que permitam a regularização do processo produtivo planejado.

Na Figura 06 é apresentado o layout selecionado. Os equipamentos, a disposição dos setores, indicação dos corredores de circulação e outras particularidades estruturais do arranjo físico que foram tratadas neste estudo foram dispostos no mesmo plano.

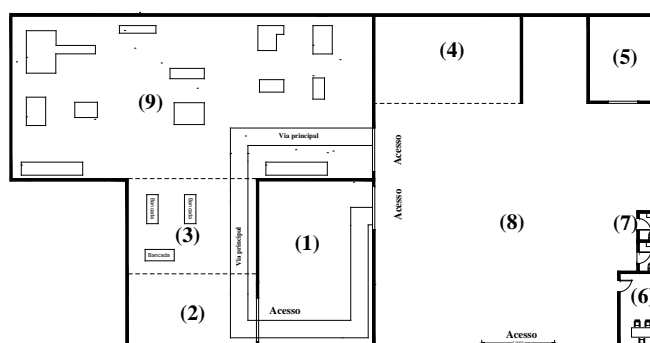


Figura 06 – Detalhamento do layout selecionado

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 07 apresenta o detalhamento da área de usinagem da empresa, onde é possível visualizar com nitidez o arranjo físico celular proposto, as linhas pontilhadas demarcam as áreas requeridas por cada máquina.

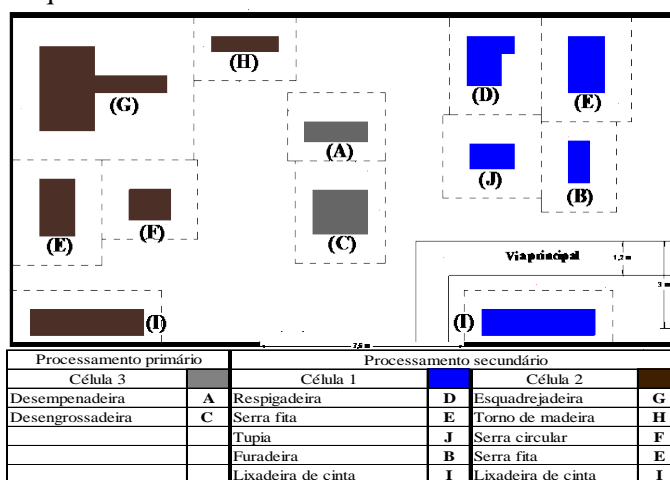


Figura 07 – Detalhamento do layout da área de usinagem

Fonte: Elaborado pelo autor



#### 4.5. Movimentação Interna do *Layout* Proposto

As sequências das operações foram traçadas e medidas com o auxílio do software AutoCad 2010, o objetivo desta etapa foi verificar a eficiência do *layout* proposto em termos de distâncias percorridas pela matéria prima e de cruzamentos entre as operações na área de processamento, desta forma, foi possível atestar a viabilidade do novo projeto. Foram realizadas cartas de múltiplos processos para o *layout* atual e para o *layout* proposto, contidas, respectivamente, nas Tabelas 04 e 05.

Tabela 04 – Carta de múltiplos processos do *layout* atual

Componentes	Fluxo do processo para cada componente → Transporte (em metros)														Total percorrido (em metros)	
	Processamento primário															
	○	⇒	○	⇒	○	⇒	○	⇒	○	⇒	○	⇒	○	⇒		
p1	C	6	A	9,63	J	8,31	B	15,57	I	15,75	3					55,26
p2	C	6	A	9,63	J	8,31	B	3,6	D	15,18	I	15,75	3			58,47
p3	C	6	A	9,63	J	8,31	B	3,6	D	15,18	I	15,75	3			58,47
p4	C	6	A	13,67	E	6,024	J	8,84	I	15,75	3					50,284
p5	C	6	A	12,65	F	5,25	I	15,75	3	6,98	2					46,63
p6	C	6	A	12,65	F	5,25	I	15,75	3	6,98	2					46,63
p7	C	6	A	9,63	J	8,31	B	15,57	I	15,75	3					55,26
p8	C	6	A	9,63	J	8,31	B	3,6	D	15,18	I	15,75	3			58,47
p9	C	6	A	9,63	J	8,31	B	3,6	D	15,18	I	15,75	3			58,47
p10	C	6	A	9,63	J	8,84	I	15,75	3							40,22
p11	C	6	A	12,65	F	5,25	I	15,75	3							39,65
p12	C	6	A	12,65	F	5,25	I	15,75	3							39,65
p13	C	6	A	4,57	G	8,94	F	3,12	E	19,6	3					42,23
p14	C	6	A	4,57	G	8,47	H	11,34	B	15,57	I	15,75	3			61,7
p15	C	6	A	9,63	J	10,72	D	16,6	E	14,33	B	15,57	I	15,75	3	88,6
p16	C	6	A	9,63	J	10,72	D	16,6	E	14,33	B	15,57	I	15,75	3	88,6
p17	C	6	A	4,57	G	8,47	H	4	E	19,6	3					42,64
p18	C	6	A	12,65	F	19	3									37,65
p19	C	6	A	12,65	F	19	3									37,65
p20	C	6	A	9,63	J	6,024	E	19,6	3							41,254
p21	C	6	A	4,57	G	8,47	H	4	E	19,6	3					42,64
p22	C	6	A	4,57	G	8,47	H	11,34	B	15,57	I	15,75	3			61,7
p23	C	6	A	7,42	D	10,72	J	6,024	E	14,33	B	15,57	I	15,75	3	75,814
p24	C	6	A	7,42	D	10,72	J	6,024	E	14,33	B	15,57	I	15,75	3	75,814
p25	C	6	A	4,57	G	8,47	H	4	E	19,6	3					42,64
p26	C	6	A	8,84	B	8,31	J	8,84	I	15,75	3					47,74
p27	C	6	A	9,63	J	8,31	B	3,6	D	15,18	I	15,75	3			58,47
p28	C	6	A	9,63	J	8,31	B	3,6	D	15,18	I	15,75	3			58,47
p29	C	6	A	9,63	J	6,024	E	7,92	I	15,75	3					45,324
p30	C	6	A	12,65	F	5,25	I	15,75	3							39,65
p31	C	6	A	12,65	F	5,25	I	15,75	3							39,65
p32	C	6	A	4,57	G	8,94	F	15,25	B	15,57	I	15,75	3			66,08
p33	C	6	A	7,42	D	10,72	J	7,34	F	3,12	E	7,92	I	15,75	3	58,27
p34	C	6	A	7,42	D	10,72	J	7,34	F	3,12	E	7,92	I	15,75	3	58,27
p35	C	6	A	12,65	F	7,34	J	3,59	H	10,14	I	15,75	3			55,47
		Processos						Áreas								
Plano despenadeira		A	Serra circular				F	Área de montagem				3				
Furadeira		B	Esquadrejadeira				G									
Plano desengrossadeira		C	Torno de madeira				H									
Respigadeira		D	Lixadeira de cinta				I									
Serra fita		E	Tupia				J									

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 05 – Carta de múltiplos processos do *layout* proposto

Fluxo do processo para cada componente															⇒ Transporte (em metros)	
Componentes	Processamento primário														Total percorrido (em metros)	
	○	⇒	○	⇒	○	⇒	○	⇒	○	⇒	○	⇒	○	⇒		
p1	C	3	A	5,82	J	3,26	B	5,8	I	8,69	3				26,57	
p2	C	2,74	A	5,82	J	3,26	B	4,9	D	11,41	I	8,69	3		36,82	
p3	C	2,74	A	5,82	J	3,26	B	4,9	D	11,41	I	8,69	3		36,82	
p4	C	2,74	A	9,58	E	4,5	J	6,03	I	8,69	3				31,54	
p5	C	2,74	A	7,33	F	4,65	I	10,74	3						25,46	
p6	C	2,74	A	7,33	F	4,65	I	10,74	3						25,46	
p7	C	2,74	A	5,82	J	3,26	B	5,8	I	8,69	3				26,31	
p8	C	2,74	A	5,82	J	3,26	B	4,91	D	11,41	I	8,69	3		36,83	
p9	C	2,74	A	5,82	J	3,26	B	4,91	D	11,41	I	8,69	3		36,83	
p10	C	2,74	A	5,82	J	6,03	I	8,69	3						23,28	
p11	C	2,74	A	7,33	F	4,65	I	10,74	3						25,46	
p12	C	2,74	A	7,33	F	4,65	I	10,74	3						25,46	
p13	C	2,74	A	9,82	G	4,93	F	3,24	E	11,23	3				31,96	
p14	C	2,74	A	9,82	G	6,23	H	13,13	B	5,8	I	8,69	3		46,41	
p15	C	2,74	A	5,82	J	3,24	D	3,84	E	2,97	B	5,8	I	8,69	3	33,1
p16	C	2,74	A	5,82	J	3,24	D	3,84	E	2,97	B	5,8	I	8,69	3	33,1
p17	C	2,74	A	9,82	G	6,23	H	8,92	E	11,23	3				38,94	
p18	C	2,74	A	7,33	F	8,96	3								19,03	
p19	C	2,74	A	7,33	F	8,96	3								19,03	
p20	C	2,74	A	5,82	J	4,5	E	11,23	3						24,29	
p21	C	2,74	A	9,82	G	6,23	H	8,92	E	11,23	3				38,94	
p22	C	2,74	A	9,82	G	6,23	H	13,13	B	5,8	I	8,69	3		46,41	
p23	C	2,74	A	6,07	D	3,24	J	4,5	E	2,97	B	5,8	I	8,69	3	34,01
p24	C	2,74	A	6,07	D	3,24	J	4,5	E	2,97	B	5,8	I	8,69	3	34,01
p25	C	2,74	A	9,82	G	6,23	H	8,92	E	11,23	3				38,94	
p26	C	2,74	A	9,13	B	3,26	J	6,03	I	8,69	3				29,85	
p27	C	2,74	A	5,82	J	3,26	B	4,91	D	11,41	I	8,69	3		36,83	
p28	C	2,74	A	5,82	J	3,26	B	4,91	D	11,41	I	8,69	3		36,83	
p29	C	2,74	A	5,82	J	4,5	E	8,75	I	8,69	3				30,5	
p30	C	2,74	A	7,33	F	4,65	I	10,74	3						25,46	
p31	C	2,74	A	7,33	F	4,65	I	10,74	3						25,46	
p32	C	2,74	A	9,82	G	4,93	F	16	B	5,8	I	10,74	3		50,03	
p33	C	2,74	A	6,07	D	3,24	J	12,81	F	3,24	E	3,73	I	8,69	3	40,52
p34	C	2,74	A	6,07	D	3,24	J	12,81	F	3,24	E	3,73	I	8,69	3	40,52
p35	C	2,74	A	7,33	F	12,81	J	10	H	13,15	I	10,74	3		56,77	
Processos				Áreas												
Plaina desempenadeira	A	Serra circular	F	Área de montagem											3	
Furadeira	B	Esquadrejadeira	G													
Plaina desengrossadeira	C	Tomo de madeira	H													
Respigadeira	D	Lixadeira de cinta	I													
Serra fita	E	Tupia	J													

Fonte: Elaborado pelo autor

### 5. Análise dos resultados

Na busca de um arranjo físico mais eficiente nem sempre é uma tarefa fácil determinar posicionamento relativo entre as diversas áreas, sobretudo aquelas que não estão diretamente associadas ao processo produtivo. Com a ferramenta SLP foi possível identificar soluções para alguns problemas encontrados no *layout* atual, tais como a área de armazenagem de produtos acabados que foi reposicionada no final do fluxo produtivo, ou seja, após a última etapa de processamento localizada na área de pintura, desta forma elimina-se o atual fluxo de produtos acabados que cruza a área de usinagem para serem expedidos; dois portões de acesso foram projetados, um no início do processo localizado na área de usinagem e outro na área de armazenagem de produtos acabados, com isso é possível tornar o fluxo geral linear; e o escritório foi afastado da área de usinagem, tendo em vista uma melhora no conforto sonoro.

A inferência dos resultados foi obtida através das cartas de múltiplos processos, referentes ao atual *layout* por processo e ao *layout* celular proposto, respectivamente. A Tabela 06 trás a síntese comparativa das melhorias percebidas com a implantação do projeto de arranjo celular na área de usinagem da marcenaria em relação ao atual arranjo físico, isto é, apresenta a totalização de todos os cruzamentos entre as operações e o somatório do percurso que todos os componentes fazem dentro da área de usinagem. Foi possível constatar que com a implantação do *layout* celular é possível ter uma redução de 76,2% do total de cruzamentos presentes no *layout* atual e uma diminuição de 37,6% do total percorrido em metros no *layout* atual.

Tabela 06 – Balanço dos resultados

	Nº de cruzamentos entre as operações	Percurso entre operações (metros)
Layout atual	59	1873,79
Layout proposto	14	1167,78

Fonte: Elaborado pelo autor

## 6. Conclusões e Recomendações

A utilização de ferramentas de apoio ao planejamento de layout foi o objetivo principal deste trabalho. A metodologia proposta foi aplicada de maneira aprofundada em relação à movimentação de materiais e de pessoas dentro do ambiente produtivo, caracterizando o trabalho como um estudo de caso.

Os resultados obtidos permitem concluir que com a aplicação de ferramentas de engenharia como o SLP (*Systematic Layout Planning*) e o Algoritmo CNA é possível de determinar como as organizações devem agir para maximizar os seus resultados tanto quantitativa quanto qualitativamente.

O estudo aqui desenvolvido pode ser aplicado em outras empresas de manufatura de forma semelhante, tais como empresas de confecções e metalúrgicas, pois estas também possuem uma variedade muito extensa de produtos ofertados, o que caracterizam seus layouts como por processo ou funcionais.

Outras técnicas podem ser utilizadas, seja para avaliação de alternativas ou para o uso de outras ferramentas de agrupamento de célula, por exemplo, o algoritmo ROC (Ranking Order Clustering) e o AAD (Algoritmo de agrupamento direito) a fim de comparar os resultados obtidos e atestar uma maior confiabilidade.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, D. B.** Adaptação do sistema SLP para unidades de comercialização de pescado. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2006.
- Andrade, M. M.** Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação – noções práticas. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- Boe, W.J.; Cheng, C.H.** "A close neighbour algorithm for designing cellular manufacturing systems". *International Journal of Production Research*, 1991. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207549108948069#.U230gFfp3IU>>. Acesso em 08 de novembro de 2013.
- Campus, A. J. C.** A gestão da Cadeira de Suprimentos. Curitiba: IESDE Brasil, 2010.
- César, F. I. G.** Ferramentas básicas da qualidade. 1. ed. São Paulo: Biblioteca24horas, 2011.
- Dalmas, V.** Avaliação de um layout celular implementado: um estudo de caso em uma indústria de autopeças. (Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.
- Gil, A. C.** Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- Marques, C.F.** Estratégia da gestão da produção e operações. ed. Digital. Curitiba: IESDE Brasil, 2012.
- Marconi, M. A.; Lakatos, E. M.** Técnicas de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- Muther, R.; Wheller, J. D.** Planejamento Simplificado de Layout: Sistema SLP. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2012.
- Olivério, J. L.** Projeto de fábrica: produtos, processos e instalações industriais. 1. ed. São Paulo: IBLC, 1985.
- Rocha, F. B. de A.; et al.** Estudo do Layout Através do SLP: Uma Proposta Com Validação Pelo Método Score Para Uma Fábrica De Polpas De Frutas. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 31, 2011, Belo Horizonte.
- Slack, N.** Administração da Produção, edição compacta. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2006.



**Yin, R. K.** Estudo de caso: Planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman Campanhia, 2005.