

PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E PROCESSOS INDUSTRIAIS
ó MESTRADO ó
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
EM CONTROLE E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

Richard Silva Martins

**OTIMIZAÇÃO DE *LAYOUT* INDUSTRIAL ATRAVÉS DE ALGORITMO DE
INCIDÊNCIA DE FAMÍLIA**

Santa Cruz do Sul

2015

Richard Silva Martins

**OTIMIZAÇÃO DE *LAYOUT* INDUSTRIAL ATRAVÉS DE ALGORITMO DE
INCIDÊNCIA DE FAMÍLIA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais ó Mestrado, Área de Concentração em Controle e Otimização de Processos Industriais, Linha de Pesquisa em Monitoramento, Simulação e Otimização de Sistemas e Processos, Universidade de Santa Cruz do Sul ó UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas e Processos Industriais.

Orientadores: Prof. Dr. Elpidio Oscar Benitez Nara
Prof. Dr. Jacques Nelson Corleta Schreiber

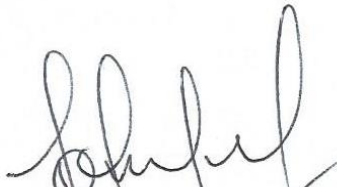
Santa Cruz do Sul

2015

Richard Silva Martins

OTIMIZAÇÃO DE LAYOUT INDUSTRIAL ATRAVÉS DE ALGORITMO DE
INCIDÊNCIA DE FAMÍLIA

Esta Dissertação foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Processos Industriais – Mestrado – Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas e Processos Industriais.



Dr. Elpidio Oscar Benitez Nara
Professor Orientador



Dr. Jacques Nelson Corleta Schreiber
Professor Coorientador



Dr. João Carlos Furtado
Examinador - UNISC



Dr. Denis Rasquin Rabenschlag
Examinador - UFSM

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua intensa energia. À minha família, representada por Indira Carriconde Machado, minha companheira de todas as jornadas, pela paciência e compreensão, estímulo e crença depositados em mim. Ao Professor Orientador, Dr. Elpidio Oscar Benitez Nara, tanto pelo estímulo nos momentos em que o desenvolvimento das atividades não apresentava resultados imediatos e concretos, como por suas ágeis e competentes respostas aos meus questionamentos. Ao Professor Orientador, Jacques Nelson Corleta Schreiber, pela ajuda nos momentos em que necessitei de auxílio. Ao Instituto Federal Sul-rio-grandense pelo apoio e por tornar viáveis meus estudos. À empresa estudada pela confiança em mim depositada. Aos colaboradores Jucelei Fagundes e Marciano Becker pelo empenho e atenção despendidos a este trabalho. Aos alunos Abel Hammes e Rafael Gustavo Nagel pelo auxílio nas atividades de programação. Aos colegas e amigos pela parceria e companheirismo nesse período de crescimento.

Se não puder voar, corra. Se não puder correr, ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue em frente de qualquer jeito.

KING JR., Martin Luther

RESUMO

As organizações manufatureiras necessitam, cada vez mais, de tecnologias e inovações aplicadas aos seus sistemas para continuarem competindo eficazmente com seus concorrentes. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo investigar o *Close Neighbour Algorithm* para otimização de *layout* industrial com observação de conceitos de Gestão por Processos aplicados à manufatura. O conceito de células de produção foi utilizado por meio da aplicação de análise dos processos. Os dados foram tratados através do algoritmo *Close Neighbour* visando à aproximação dos processos. Como resultado tem-se a proposição de uma configuração de arranjo das atividades em função dos processos necessários ao desenvolvimento do produto. Os resultados demonstram que o método proposto traz diminuição no percurso dos materiais em processo na ordem de 25% atestando, desta forma, a relevância da proposição.

Palavras-chave: Processo; *Layout*; Algoritmo; *Close Neighbour*.

ABSTRACT

The manufacturing organizations increasingly need technologies and innovations applied to its systems to continue competing strongly with competitors. In that context, this study aims to investigate the Close Neighbour Algorithm for industrial layout optimization with observation by Process Management concepts applied to manufacturing. The concept of production cells was used by applying the processes of analysis. The data have been processed through the algorithm Close Neighbour aiming at the approximation of the processes. As a result, there is the proposition of an array configuration of the activities depending on the processes needed for product development. The results show that the proposed method has decreased in the course of the materials in the process by 25% attesting, so, its relevance.

Keywords: Process; layout; algorithm; Close Neighbour.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Características dos processos em relação ao volume e à customização.....	40
Figura 2: Representação simplificada de processo.....	42
Figura 3: Hierarquia de processos.	43
Figura 4: Relação Processo x Controle x Relevância.	44
Figura 5: Modelo de fluxo de processo no <i>software Bizagi</i>	46
Figura 6: <i>Layout Job shop</i>	49
Figura 7: <i>Layout Flow shop</i>	49
Figura 8: <i>Layout Celular</i>	50
Figura 9: Formas básicas de Fluxo.	50
Figura 10: Variedade e volume x tipo de <i>Layout</i>	51
Figura 11: Relação entre tipos de processos e tipos de <i>layout</i>	52
Figura 12: Exemplo de diagrama de espaguete.....	53
Figura 13: Definição de arranjo físico.	54
Figura 14: Exemplo de matriz de priorização G.U.T. para priorização de problemas.	56
Figura 15. Classificação dos métodos de solução para formação de células.	58
Figura 16: Matriz 1 do CNA (Fase de preenchimento).	63
Figura 17: Matriz 2 do CNA com somas das linhas.	63
Figura 18: Matriz 3 do CNA (Reordenação das linhas da matriz 1).	64
Figura 19: Matriz Final do CNA (Reordenação das colunas da matriz 3).	66
Figura 20: Fluxograma do projeto de pesquisa.	70
Figura 21: Fluxograma do macroprocesso.	74
Figura 22: Matriz de priorização.	77
Figura 23: Processo de manufatura.....	78
Figura 24: Diagrama de espaguete do processo.	79

Figura 25: Diagrama de espaguete dos fluxos básicos.	80
Figura 26: Diagrama de espaguete dos fluxos a melhorar.	81
Figura 27: Sistemas de transporte e armazenagem.	81
Figura 28: Modo Desenvolvedor	84
Figura 29: Tela inicial do programa.....	84
Figura 30: Matriz Inicial sem preenchimento.	85
Figura 31: Matriz resultante do CNA.	86
Figura 32: <i>Layout</i> do setor de produção de fogão a gás.....	88
Figura 33: <i>Layout</i> proposto simplificado.	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Critérios utilizados nas pesquisas realizadas na base de dados do <i>Web of Science</i> e do <i>Scopus</i> para a palavra-chave <i>facility layout problem</i>	19
Quadro 2: Evolução anual das publicações para o termo de pesquisa <i>facility layout problem</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	20
Quadro 3: Distribuição de artigos por país para o termo de pesquisa <i>facility layout problem</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	221
Quadro 4: Distribuição de artigos por afiliação para o termo de pesquisa <i>facility layout problem</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	22
Quadro 5: Distribuição de artigos por título da fonte para o termo de pesquisa <i>facility layout problem</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	23
Quadro 6: Distribuição de publicações por área de pesquisa para o termo de pesquisa <i>facility layout problem</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	24
Quadro 7: Distribuição de artigos por autores para o termo de pesquisa <i>facility layout problem</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	25
Quadro 8: Critérios utilizados nas pesquisas realizadas na base de dados do <i>Web of Science</i> e do <i>Scopus</i> para a palavra-chave <i>õbusiness process managementõ</i>	27
Quadro 9: Evolução de publicações por anos para o termo de pesquisa <i>õbusiness process managementõ</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	28
Quadro 10: Distribuição de artigos por país para o termo de pesquisa <i>õbusiness process managementõ</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	29
Quadro 11: Distribuição de artigos por afiliação para o termo de pesquisa <i>õbusiness process managementõ</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	30
Quadro 12: Distribuição de artigos por título da fonte para o termo de pesquisa <i>õbusiness process managementõ</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	31
Quadro 13: Distribuição de artigos por área de pesquisa para o termo de <i>õbusiness process managementõ</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	32
Quadro 14: Distribuição dos artigos por autores para o termo de pesquisa <i>õbusiness process managementõ</i> nas Bases <i>Web of Science</i> e <i>Scopus</i> no período de 2005 a 2014.	33

Quadro 15: Dimensões da matriz G.U.T.....	56
Quadro 16: Critérios da matriz B.A.S.I.C.O.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Artigos do autor Kulturel-Konak na base de dados da <i>Web of Science</i>	26
Tabela 2: Artigos do autor Van Der Aalst, W.M.P. na base de dados da <i>Web of Science</i>	34
Tabela 3: Classificação dos Sistemas de Produção.	38
Tabela 4: Classificação dos sistemas de produção com base no ambiente de produção.	40
Tabela 5: Reordenação das linhas no CNA.	64
Tabela 6: Reordenação das colunas no CNA.	66
Tabela 7: Faturamento da empresa por linha de produtos.	75
Tabela 8: Produtos em destaque.	76
Tabela 9: Dados do sistema.	82
Tabela 10: Valores envolvidos no cálculo da eficiência.	87
Tabela 11: Distâncias de processo.	90

LISTA DE ABREVIATURAS

AFP	Análise do fluxo de produção
BPM	<i>Business Process Modeling</i>
BPMN	<i>Business Process Modeling Notation</i>
CNA	<i>Close Neighbour Algorithm</i>
GE	Eficiência do agrupamento
EPC	<i>Event-Driven Process Chain</i>
GP	Gestão por processos
IDEF	<i>Integrated Definition</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
SLP	Planejamento sistemático de <i>Layout</i>
QAP	Problema de formulação quadrática
FMS	Sistemas de manufatura flexíveis
TG	Tecnologia de grupo
VBA	<i>Visual for Basic Application</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Considerações iniciais.....	17
1.2	Tema.....	18
1.3	Justificativa.....	18
1.3.1	Justificativa acadêmica.....	18
1.3.2	Justificativa empresarial.....	35
1.4	Objetivo.....	36
1.4.1	Objetivos específicos.....	36
1.5	Estrutura da dissertação.....	36
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	37
2.1	Sistemas de produção.....	37
2.1.1	Classificação dos sistemas de produção.....	37
2.1.1.1	Classificação com base em padronização dos produtos.....	38
2.1.1.2	Classificação quanto ao tipo de operação.....	38
2.1.1.3	Classificação com base no ambiente de produção.....	40
2.1.1.4	Classificação com base no fluxo de processo.....	41
2.1.1.5	Classificação com base na natureza do produto.....	42
2.2	Processos.....	42
2.3	Gestão de processos.....	44
2.4	<i>Layout</i>	47
2.4.1	Tipos de arranjos com suas características.....	48
2.4.2	Relação entre tipos de processos e tipos de arranjo físico.....	51
2.4.3	Diagrama de espaguete.....	52
2.4.4	Projeto de arranjo físico.....	53

2.4.5	Priorização de ações.....	55
2.4.5.1	Matriz G.U.T.....	55
2.4.5.2	Matriz B.A.S.I.C.O.....	56
2.4.6	Técnicas de otimização de <i>layout</i>	57
2.4.7	<i>Close Neighbour Algorithm</i>	60
2.4.8	Eficiência do agrupamento.....	67
2.4.9	Programação em <i>Excel</i>	67
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	69
3.1	Metodologia.....	69
3.2	Método.....	69
3.2.1	Pesquisa bibliográfica.....	70
3.2.2	Levantamento de dados.....	71
3.2.3	Definição de <i>layout</i>	71
3.2.4	Geração de proposta de <i>layout</i>	72
4	ESTUDO DE CASO.....	73
4.1	Caracterização da empresa.....	73
4.2	Escolha do processo.....	75
4.3	Diagnostico do <i>layout</i> do processo.....	77
4.4	Decisão 1 ó tipo de processo.....	82
4.5	Decisão 2 ó tipo de <i>layout</i>	83
4.6	Decisão 3 ó detalhamento.....	83
4.7	Geração de proposta de <i>layout</i>	89
5	CONCLUSÕES.....	92
	REFERÊNCIASÍ	94
	APÊNCICE A ó Análise do volume de produção no ano de 2013.....	98
	APÊNCICE B ó Análise do volume de produção no ano de 2012.....	101

APÊNCICE C - Imagem do produto resultante do processo em estudo.....	103
APÊNCICE D ó Ficha fluxograma de processo.....	104
APÊNCICE E ó planta baixa da empresa com identificação dos setores.....	105
APÊNCICE F ó Matriz inicial da Análise de Fluxo de Produção.....	106
APÊNCICE G ó Agrupamentos.....	107
APÊNCICE H ó Células de produção.....	108
APÊNCICE I ó Fluxos dominantes nas células de produção.....	109

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Os sistemas de manufatura da atualidade devem ter a capacidade de responder rapidamente às variações de mercado, objetivando atenderem com maior agilidade as demandas vindas dos clientes. Além disso, para garantir maior eficiência de produção, as organizações têm empregado atenção especial na busca por métodos para reduzir fluxos cruzados, custos logísticos e má utilização dos recursos produtivos (BATAGLIN, et al, 2013).

Uma maneira de reduzir fluxos cruzados, custos logísticos e má utilização dos recursos produtivos é possibilitada por meio do estudo e otimização do arranjo físico ou *layout*. Para Slack *et al* (2009) o *layout* envolve o posicionamento relativo dos recursos transformadores dentro dos processos e a alocação de tarefas aos recursos, que juntos ditam o fluxo de recursos transformados ao longo do processo. Monden (1984) relata que a otimização de *layout* permite a eliminação de uma gama de perdas provenientes da movimentação e transporte de materiais e produtos.

Na prática de gerenciamento dos processos produtivos, muitos gestores acabam por negligenciar os efeitos do arranjo físico, reduzindo, assim, a eficiência dos processos de manufatura devido à não-observação dos movimentos de materiais, pessoas e informações dentro do processo produtivo, desta forma tornando a empresa menos competitiva. A problemática relaciona-se com a otimização dos *layouts* produtivos, que não é explorada devidamente no meio industrial.

Algumas metodologias surgiram e outras vêm sendo estudadas com o intuito de responder a estas e a outras necessidades de eficiência dos sistemas. Algumas alternativas podem ser citadas. Os Sistemas de Manufatura Flexíveis (FMS) foram explorados tentando atender a estas exigências. O conceito de FMS surgiu na década de 1960, na Grã-Bretanha, com aplicação na Inglaterra e, a partir de então, diversos estudos exploram o conceito (WU, 1995). A configuração FMS caracteriza-se pelo controle computadorizado da estação de trabalho com apoio de sistema integrado de movimentação de materiais e estação de preparação de peças, dispositivo e ferramentas (SLACK *et al*, 2009).

Ao final da década de 1980, em um projeto de pesquisa do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) sobre a indústria automobilística mundial, o termo *lean* foi apresentado. A pesquisa deu a conhecer que a Toyota havia desenvolvido um novo e superior modelo de gestão nas principais dimensões dos negócios, manufatura, desenvolvimento de produtos e

relacionamento com os clientes e fornecedores. O *Lean Manufacturing* busca colaborar com os objetivos das instituições que a aplicam no sentido de tornar o processamento da manufatura mais enxuto; as principais contribuições desta filosofia passam pela redução de desperdícios (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2014).

No mesmo viés pode-se referir a metodologia de Gestão por Processos (GP), cujos primeiros trabalhos surgiram na primeira metade da década de 1980 (LAURINDO; ROTONDARO, 2006); no Brasil, esta metodologia ganha importância a partir da apresentação feita por Gonçalves em 2000. A GP consiste em tornar os processos da empresa o foco principal da organização. Sua aplicação traz à tona toda a cadeia de processamento, desta forma evidenciando os pontos críticos do processo, o que torna possíveis intervenções com o intuito de eliminá-los por intermédio das mudanças de departamento. A forma como se observa a organização e os processos passa a ser sistêmica (KIPPER; NARA, 2013).

Nesse sentido existem vários estudos abrangendo o tema otimização de sistemas de produção por meio de seu *layout*, porém predomina nestes trabalhos a observação apenas do produto, sendo desprezado o fato de que sistemas de manufatura cumprem suas funções por meio de processos. Este aspecto é um dos fatores que motivam o desenvolvimento deste trabalho: observar os processos no desenvolvimento de estudo do *layout*.

1.2 Tema

Este trabalho tem por objetivo apresentar o tema *Layout Industrial* com foco na filosofia de Gestão por Processos; a utilização das duas técnicas de forma combinada faz com que o estudo de *layout* possa perceber e evidenciar como os processos estão ocorrendo no ambiente de manufatura. Através de um estudo de caso, pretende-se aplicar a filosofia de Gestão por Processos nas ações que envolvem o estudo de *layout* e evidenciar os processos em questão.

1.3 Justificativa

1.3.1 Justificativa acadêmica

No âmbito da relevância acadêmica, o tema justifica-se pela pesquisa elaborada nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*. Por meio do portal de periódicos da Capes, as bases foram acessadas no dia 12 de dezembro de 2014 com o intuito de efetuar uma busca aos termos de pesquisa e palavras-chave *“facility layout problem”* e *“business process*

*management*o, primeiramente de forma separada e por fim com os dois termos em conjunto. O período de pesquisa limitou-se aos últimos dez anos, de 2005 a 2014. Os critérios adotados nessa pesquisa estão expostos no quadro 1, para o termo *business process management*o e no quadro 8, para o termo *business process management*o.

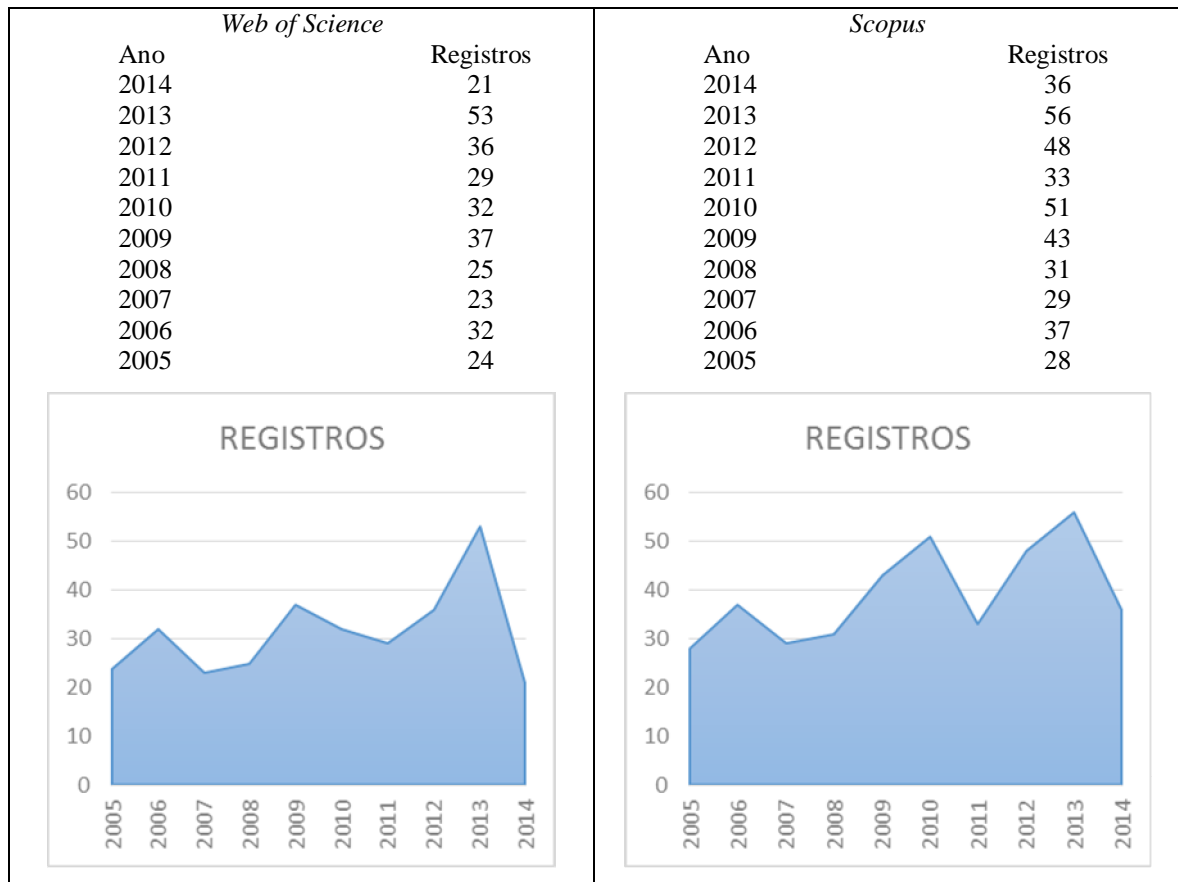
Quadro 1: Critérios utilizados nas pesquisas realizadas na base de dados do *Web of Science* e do *Scopus* para a palavra-chave *facility layout problem*

Base de dados <i>Web of Science</i>	Base de dados <i>Scopus</i>
Termo de pesquisa: <i>facility layout problem</i>	Termo de pesquisa: <i>facility layout problem</i>
Busca: tópico	Busca: palavras-chaves, resumo e título
Áreas de pesquisa:	Áreas de pesquisa:
- <i>Management</i>	- <i>Business, Management and Accounting</i>
- <i>Operations Research Management Science</i>	- <i>Decision Sciences</i>
- <i>Engineering Industrial</i>	- <i>Multidisciplinar</i>
- <i>Engineering Manufacturing</i>	- <i>Engineering</i>
- <i>Computer Science Interdisciplinary Applications</i>	- <i>Social Sciences</i>
Anos de publicação: 2005 a 2014	- <i>Matemática</i>
Tipo de documento: artigo	Anos de publicação: 2005 a 2014
Quantidade de artigos: 301	Tipo de documento: artigo
	Quantidade de artigos: 393

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web of Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

O quadro 2 traz a variação anual das publicações no período de pesquisa. Embora haja oscilações no número de publicações, percebe-se um aumento crescente nas publicações, cujo auge se deu em 2013.

Quadro 2: Evolução anual das publicações para o termo de pesquisa *facility layout problem* nas Bases *Web of Science* e *Scopus* no período de 2005 a 2014



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web os Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

Levando-se em consideração as publicações por país, destacam-se os Estados Unidos da América, com 92 artigos, 23% das publicações na *Web of Science*, e 88 artigos, 29% das publicações na *Scopus*. O Brasil aparece na décima posição, contribuindo com apenas 10 artigos, 3% das publicações no portal *Scopus*. No quadro 3, evidenciam-se os resultados da pesquisa em função do país de autoria.

Quadro 3: Distribuição de artigos por país para o termo de pesquisa *facility layout problem* nas Bases *Web of Science* e *Scopus* no período de 2005 a 2014



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web of Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

No que tange à vinculação dos autores com as organizações, o retrato da pesquisa é apresentado no quadro 4. O destaque fica por conta da Universidade Federal do Espírito Santo, com sete publicações, e a Universidade de São Paulo, com duas publicações.

Quadro 4: Distribuição de artigos por afiliação para o termo de pesquisa *facility layout problem* nas Bases *Web of Science* e *Scopus* no período de 2005 a 2014

<i>Web of Science</i>		<i>Scopus</i>	
Afiliação	Registros	Afiliação	Registros
• Pennsylvania Commonwealth System of Higher Education PCSHE	13	• Iran University of Science and Technology	10
• Penn State University	11	• Daneshgah Azad Eslami	9
• National Taiwan University of Science Technology	10	• Indian Institute of Technology, Delhi	8
• Amirkabir University of Technology	9	• Gazi Universitesi	8
• Indian Institute of Technology IIT	8	• Auburn University	8
• Mazandaran Univ Sci Technol	8	• Universidade Federal do Espírito Santo	7
• University of Waterloo	8	• National Taiwan University of Science and Technology	7
• Islamic Azad Univ	7	• University of Tehran	7
• Rensselaer Polytechnic Institute	7	• University of Waterloo	7
• Wichita State University	6	• University of Illinois at Urbana-Champaign	6

REGISTROS

REGISTROS

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web os Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

As principais fontes de publicação de pesquisas relacionadas a problemas de arranjo de facilidades são apresentadas no quadro 5. Pode-se destacar, como principal fonte, a revista *International Journal of Production*, com 17% das publicações na *Web of Science* e na *Scopus*, seguida pelas revistas *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* com 6% e 8% e *European Journal of Operational Research* com 8% e 6%, respectivamente na *Web of Science* e na *Scopus*.

Quadro 5: Distribuição de artigos por título da fonte para o termo de pesquisa *facility layout problem* nas Bases *Web of Science* e *Scopus* no período de 2005 a 2014

<i>Web of Science</i>			<i>Scopus</i>		
Revista		Registros	Revista		Registros
• International Journal of Production Research		53	• International Journal of Production Research		69
• International Journal of Advanced Manufacturing Technology		24	• European Journal of Operational Research		30
• European Journal of Operational Research		19	• International Journal of Advanced Manufacturing Technology		27
• Computers and Operations Research		16	• Computers Operations Research		20
• Computers and Industrial Engineering		13	• Computers Industrial Engineering		18
• IIE Transactions Institute of Industrial Engineers		8	• Expert Systems With Applications		12
• Expert Systems with Applications		8	• Robotics and Computer Integrated Manufacturing		11
• Journal of Construction Engineering and Management		8	• IIE Transactions		9
• Computer Integrated Manufacturing Systems		7	• Journal of Intelligent Manufacturing		9
• Automation in Construction		7	• Journal of Manufacturing Systems		7

Revista	Registros
International Journal of Production Research	53
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	24
European Journal of Operational Research	19
Computers and Operations Research	16
Computers and Industrial Engineering	13
IIE Transactions Institute of Industrial Engineers	8
Expert Systems with Applications	8
Journal of Construction Engineering and Management	8
Computer Integrated Manufacturing Systems	7
Automation in Construction	7

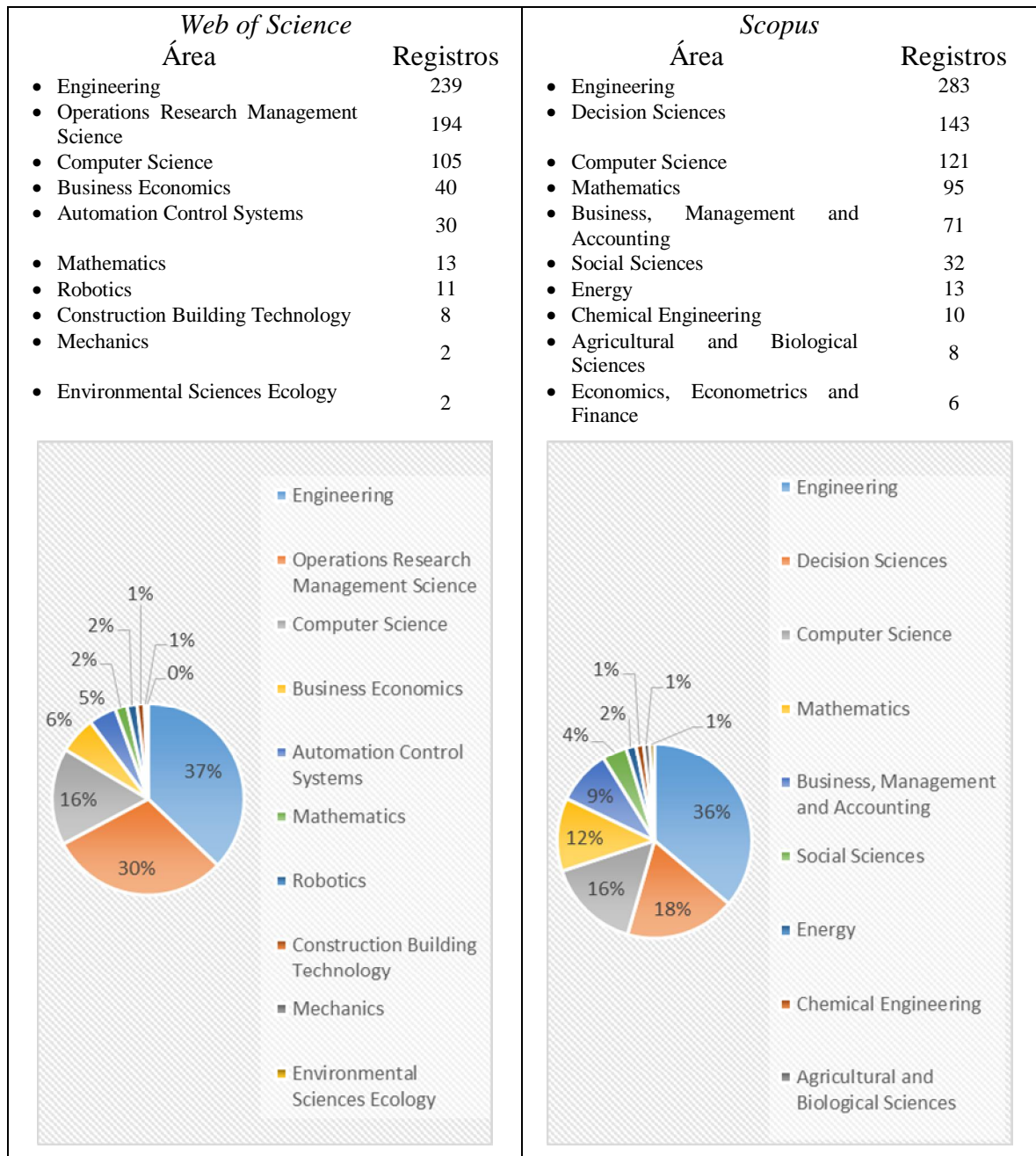
Revista	Registros
International Journal of Production Research	69
European Journal of Operational Research	30
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	27
Computers Operations Research	20
Computers Industrial Engineering	18
Expert Systems With Applications	12
Robotics and Computer Integrated Manufacturing	11
IIE Transactions	9
Journal of Intelligent Manufacturing	9
Journal of Manufacturing Systems	7

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web os Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

Considerando-se a área de pesquisa, as publicações predominam no campo da Engenharia, mas também ocorre considerável volume de publicações nas áreas de Ciência da Computação, Ciências da Decisão e Pesquisa Operacional. Estes dados evidenciam que o

problema de *layout* é presente dentro do contexto das engenharias. O quadro 6 discrimina a distribuição das publicações por área.

Quadro 6: Distribuição de publicações por área de pesquisa para o termo de pesquisa *facility layout* problem nas Bases *Web of Science* e *Scopus* no período de 2005 a 2014



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web os Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

No quadro 7 são elencados os autores que mais publicaram nas bases consultadas sobre problema de *layout* nos últimos dez anos; em ambas as bases Kulturel-konak foi o autor que mais publicou.

Quadro 7: Distribuição de artigos por autores para o termo de pesquisa *facility layout problem* nas Bases *Web of Science* e *Scopus* no período de 2005 a 2014



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web os Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

A pesquisa demonstra, entre outras informações, que o autor Kulturel-Konak é destaque nas pesquisas de problema de arranjo físico de facilidades; destacam-se na tabela 1 os artigos do autor, os quais buscam trabalhar o problema de arranjo das facilidades por meio de algoritmos e somam 83 citações na base de dados da *Web of Science*.

Tabela 1: Artigos do autor Kulturel-Konak na base de dados da *Web of Science*

Artigo	Ano	Fonte
Linear Programming Based Genetic Algorithm for the Unequal Area Facility Layout Problem	2013	International Journal of Production Research
Assessing hypermutation operators of a clonal selection algorithm for the unequal area facility layout problem	2013	Engineering Optimization
A linear programming embedded probabilistic Tabu Search for the unequal-area facility layout problem with flexible bays	2012	European Journal of Operational Research
An artificial immune system based algorithm to solve unequal area facility layout problem	2012	Expert systems with applications
Unequal area flexible bay facility layout using ant colony optimization	2011	International Journal of Production Research
A new relaxed flexible bay structure representation and particle swarm optimization for the unequal area facility layout problem	2011	Engineering Optimization
Bi-objective facility expansion and re-layout considering monuments	2007	IIE Transactions
Approaches to uncertainties in facility layout problems: Perspectives at the beginning of the 21(st) Century	2007	Journal of Intelligent Manufacturing
A new mixed integer programming formulation for facility layout design using flexible bays	2006	Operations Research Letters

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web os Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

Para o segundo termo, *õbusiness process managementö*, o quadro 8 esclarece os critérios de busca adotados nessa investigação.

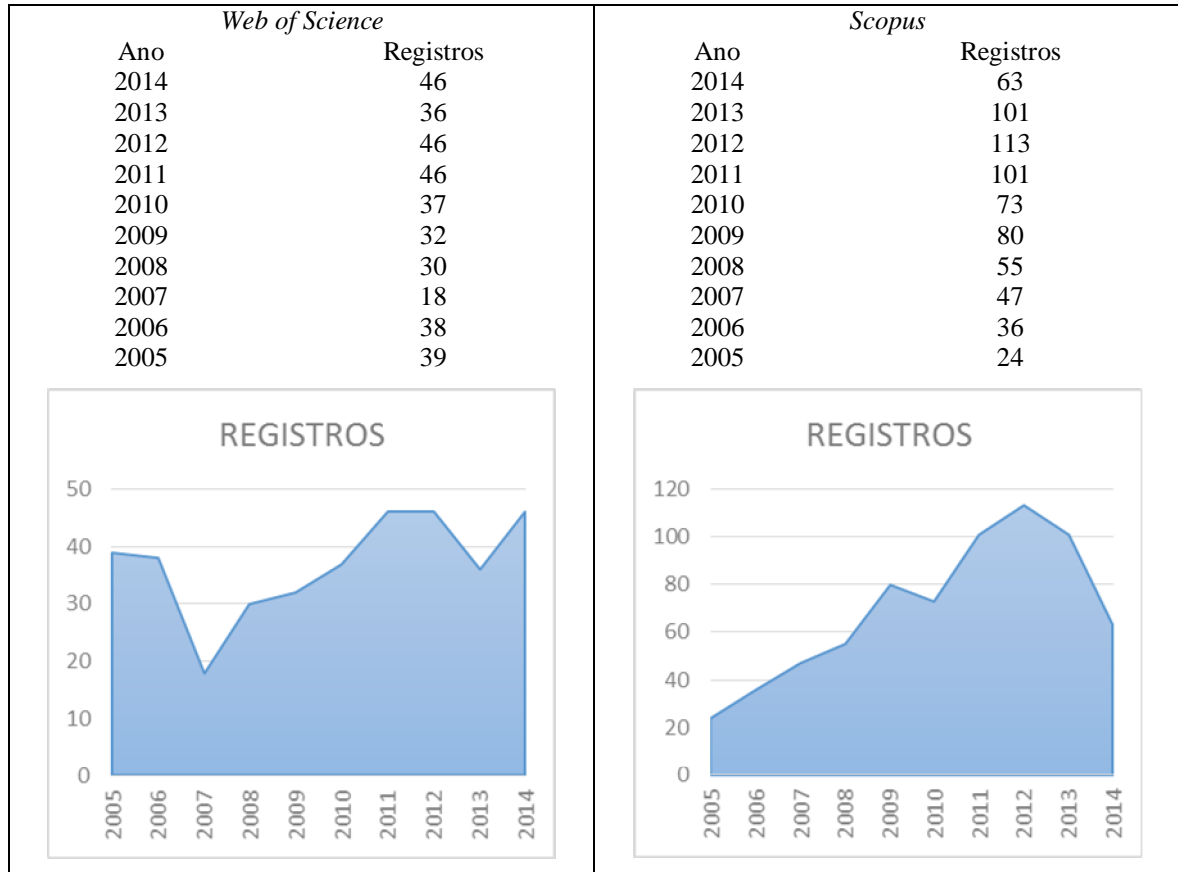
Quadro 8: Critérios utilizados nas pesquisas realizadas na base de dados do *Web of Science* e do *Scopus* para a palavra-chave *õbusiness process managementö*

Base de dados <i>Web of Science</i>	Base de dados <i>Scopus</i>
Termo de pesquisa: <i>õbusiness process managementö</i>	Termo de pesquisa: <i>õbusiness process managementö</i>
Busca: tópico	Busca: palavras-chaves, resumo e título
Áreas de pesquisa:	Áreas de pesquisa:
- <i>Computer Science</i>	- <i>Computer Science</i>
- <i>Operations Research Management Science</i>	- <i>Business, Management and Accounting</i>
- <i>Engineering</i>	- <i>Engineering</i>
- <i>Business Economics</i>	- <i>Mathematics</i>
- <i>Social Sciences Other Topics</i>	- <i>Multidisciplinar</i>
- <i>Mathematics</i>	- <i>Social Sciences</i>
Anos de publicação: 2005 a 2014	- <i>Economics, Econometrics and Finance</i>
Tipo de documento: artigo	Anos de publicação: 2005 a 2014
Quantidade de artigos: 368	Tipo de documento: artigo
	Quantidade de artigos: 698

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas *Scopus* e *Web of Science*, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

O quadro 9 destaca a variação anual de publicações no período de pesquisa; embora haja oscilações, percebe-se aumento crescente nas publicações, cujo auge ocorreu em 2012. A base *Scopus* registra quase o dobro de publicações que a base *Web of Science* e um decréscimo de publicações nos anos de 2013 e 2014.

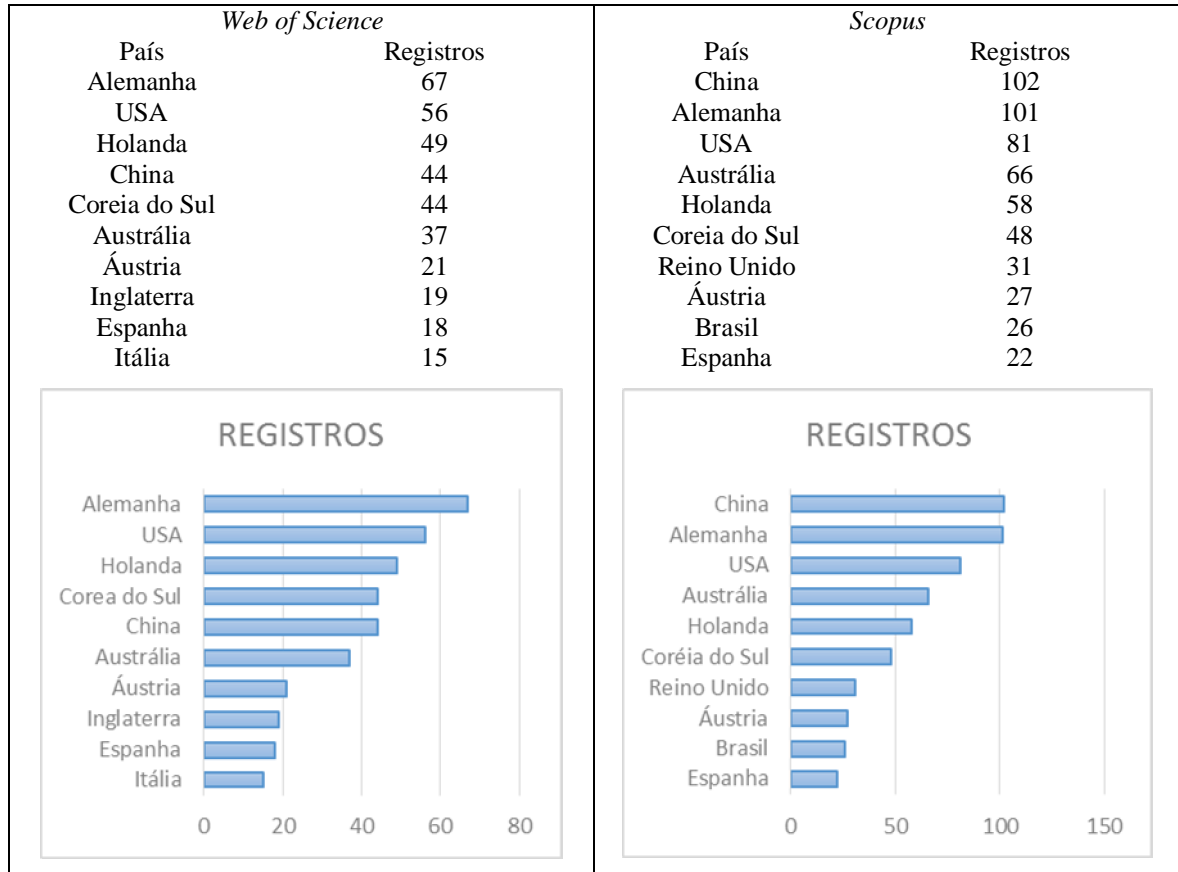
Quadro 9: Evolução de publicações por anos para o termo de pesquisa *business process management* nas Bases *Web of Science* e *Scopus* no período de 2005 a 2014



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web of Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

Em relação aos países de origem dos artigos, o quadro 10 demonstra os resultados da pesquisa nas duas bases em estudo. O destaque fica por conta da Alemanha, com 18% e 14% das publicações, Estados Unidos da América, com 15% e 11% e China, com 12% e 15% das publicações, respectivamente na *Web of Science* e na *Scopus*. O Brasil aparece nos resultados da base *Scopus* com 26 publicações, representando apenas 4%.

Quadro 10: Distribuição de artigos por país para o termo de pesquisa *business process management* nas Bases *Web of Science* e *Scopus* no período de 2005 a 2014



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web of Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

No tocante à vinculação com instituições, a Universidade Tecnológica de Eindhoven, na Holanda, é o destaque. O Brasil é representado pela Universidade de São Paulo, com treze artigos. O quadro 11 sintetiza os resultados.

Quadro 11: Distribuição de artigos por afiliação para o termo de pesquisa *business process management* nas Bases *Web of Science* e *Scopus* no período de 2005 a 2014

<i>Web of Science</i>			<i>Scopus</i>		
Afiliação		Registros	Afiliação		Registros
• Eindhoven University of Technology		41	• Technische Universiteit Eindhoven		42
• Queensland University of Technology		19	• Queensland University of Technology		29
• Pohang University of Science and Technology		10	• Westfälische Wilhelms-Universität Münster		14
• Humboldt University of Berlin		10	• University of Ljubljana		14
• Pusan National University		9	• Universidade de São Paulo		13
• International Business Machines IBM		9	• Pusan National University		10
• Zhejiang University		7	• Pohang University of Science and Technology		10
• University of Sevilla		7	• Humboldt-Universität zu Berlin		9
• University of Ljubljana		7	• Seoul National University		8
• Tsing Hua University		7	• Tsinghua University		8

REGISTROS

REGISTROS

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web os Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

Os periódicos que mais publicaram estão demonstrados no quadro 12. As revistas *Business Process Management Journal*, com 63 artigos, representando 9% das publicações na base *Scopus*, e *Lecture Notes in Computer Science*, com 44 artigos, representando 12% das publicações na base *Web of Science*, são os destaques.

Quadro 12: Distribuição de artigos por título da fonte para o termo de pesquisa *business process management* nas Bases *Web of Science* e *Scopus* no período de 2005 a 2014

<i>Web of Science</i>		<i>Scopus</i>	
Revista	Registros	Revista	Registros
• Lecture Notes in Computer Science	44	• Business Process Management Journal	63
• Expert Systems With Applications	18	• Computer Integrated Manufacturing Systems	18
• Business Process Management Proceedings	14	• Expert Systems with Applications	16
• Data Knowledge Engineering	13	• Information Systems	15
• Information Systems	12	• International Journal of Business Process Integration and Management	12
• Decision Support Systems	12	• Information Systems and E Business Management	11
• Business Information Systems Engineering	11	• Decision Support Systems	11
• Information Systems end E-Business Management	10	• Business and Information Systems Engineering	11
• International Journal of Innovative Computing Information and Control	9	• Data and Knowledge Engineering	9
• Information Systems Frontiers	9	• Information and Software Technology	9

REGISTROS

Revista	Registros
Lecture Notes in Computer Science	44
Expert Systems With Applications	18
Business Process Management Proceedings	14
Data Knowledge Engineering	13
Information Systems	12
Decision Support Systems	12
Business Information Systems Engineering	11
Information Systems end E-Business Management	10
International Journal of Innovative Computing Information and Control	9
Information Systems Frontiers	9

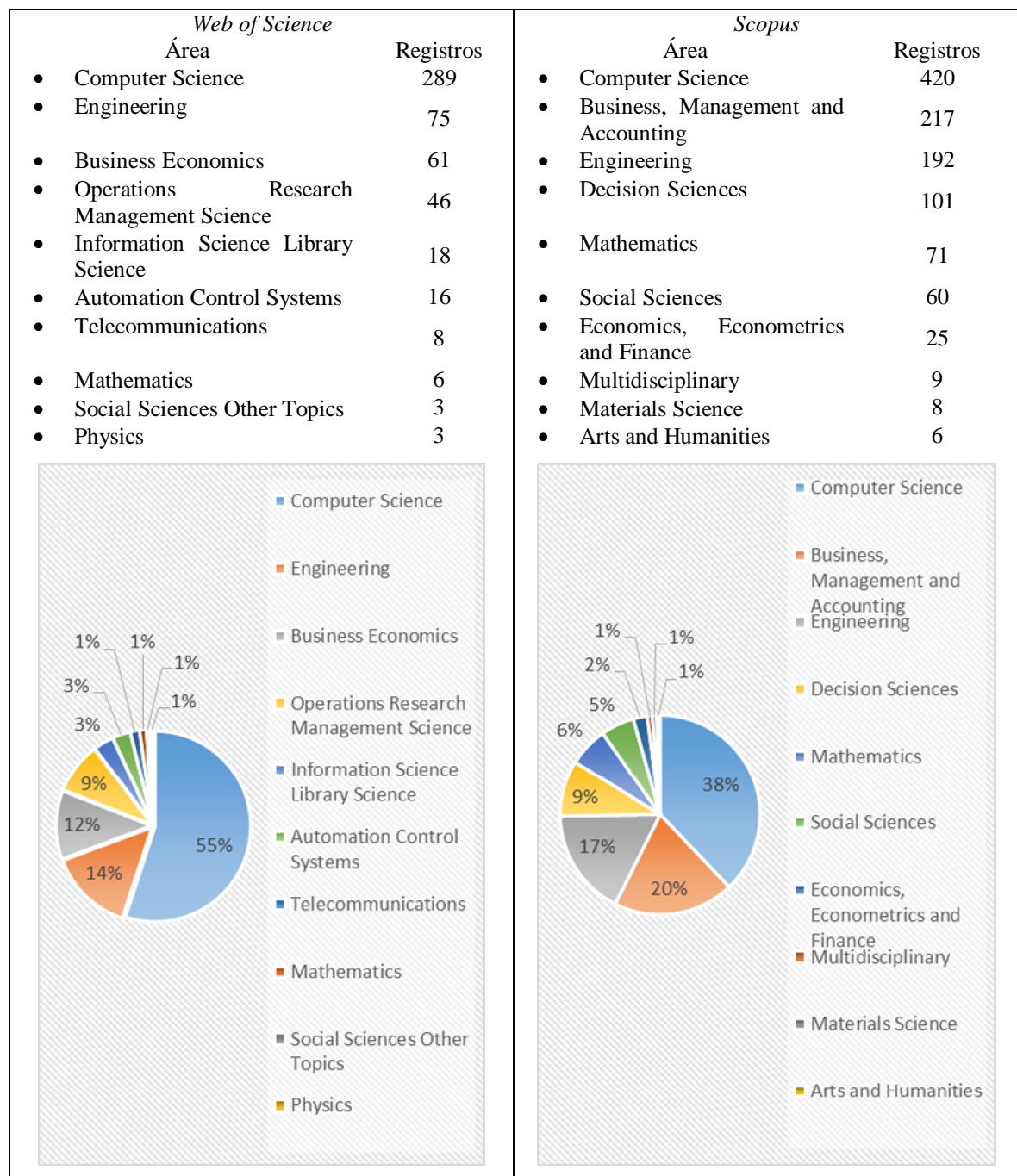
REGISTROS

Revista	Registros
Business Process Management Journal	63
Computer Integrated Manufacturing Systems	18
Expert Systems with Applications	16
Information Systems	15
International Journal of Business Process Integration and Management	12
Information Systems and E Business Management	11
Decision Support Systems	11
Business and Information Systems Engineering	11
Data and Knowledge Engineering	9
Information and Software Technology	9

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web os Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

No que concerne às áreas de pesquisa, as publicações são destaque dentro da área de Ciência da Computação; a Engenharia também está entre as áreas mais pesquisadas. O quadro 13 resume as informações sobre a distribuição de artigos por áreas de pesquisa.

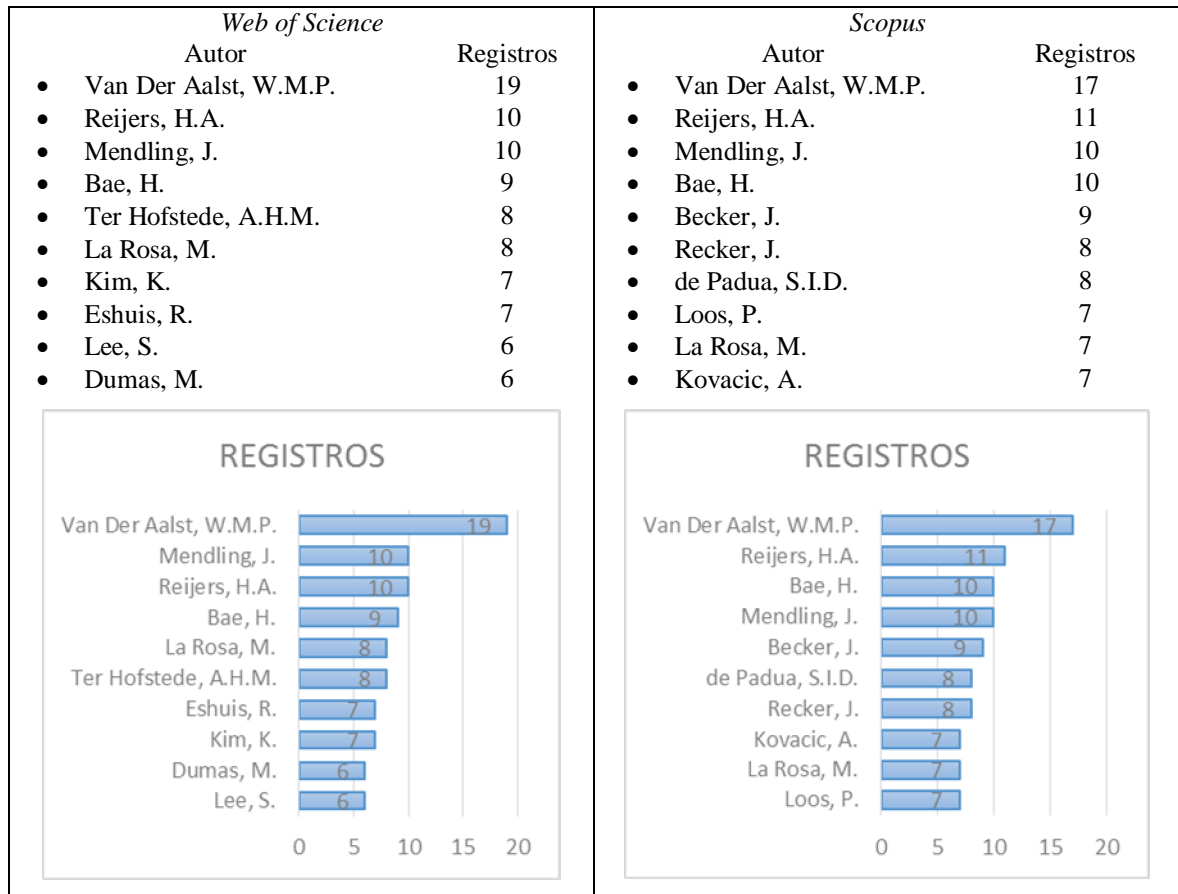
Quadro 13: Distribuição de artigos por área de pesquisa para o termo de *õbusiness process managementõ* nas Bases Web of Science e Scopus no período de 2005 a 2014



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web os Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

O quadro 14 apresenta os resultados da pesquisa evidenciando os autores que mais publicaram no período de consulta; nas duas bases o autor Van Der Aalst, W.M.P. aparece como mais produtivo no período.

Quadro 14: Distribuição dos artigos por autores para o termo de pesquisa *business process management* nas Bases *Web of Science* e *Scopus* no período de 2005 a 2014



Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web of Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

A pesquisa demonstra evidencia, entre outras informações, que o autor Van Der Aalst, W.M.P. é destaque nas pesquisas com enfoque em gestão de processos de negócios. Arrolam-se, na tabela 2, os artigos do autor. O foco de suas pesquisas está em trabalhar as informações dos processos de negócios buscando a melhoria da gestão empresarial; seus artigos somam 610 citações na base de dados da *Web of Science*.

Tabela 2: Artigos do autor Van Der Aalst, W.M.P. na base de dados da *Web of Science*

Artigo	Ano	Fonte
Process Discovery and Conformance Checking Using Passages	2014	Fundamenta Informaticae
Workflow patterns put into context	2012	Software and Systems Modeling
Managing Process Model Complexity Via Abstract Syntax Modifications	2011	IEEE Transactions on Industrial Informatics
APROMORE: An advanced process model repository	2011	Expert Systems With Applications
Managing Process Model Complexity via Concrete Syntax Modifications	2011	IEEE Transactions on Industrial Informatics
Time prediction based on process mining	2011	Information systems
Reinforcement learning based resource allocation in business process management	2011	Data & Knowledge Engineering
An adaptive work distribution mechanism based on reinforcement learning	2010	Expert Systems With Applications
Towards comprehensive support for organizational mining	2008	Decision Support Systems
Translating unstructured workflow processes to readable BPEL: Theory and implementation	2008	Information and Software Technology
Detection and prediction of errors in EPCs of the SAP reference model	2008	Data & Knowledge Engineering
Business process mining: An industrial application	2007	Information Systems
WorkflowNet2BPEL4WS: A tool for translating unstructured workflow processes to readable BPEL	2006	On the Move to Meaningful Internet Systems 2006.
Business alignment: using process mining as a tool for Delta analysis and conformance testing	2005	Requirements Engineering
Case handling: a new paradigm for business process support	2005	Data & Knowledge Engineering
Genetic process mining	2005	Applications and Theory of Petri Nets 2005, Proceedings
Let's go all the way: From requirements via colored workflow nets to a BPEL implementation of a new bank system	2005	On the Move to Meaningful Internet Systems 2005.
Process mining and verification of properties: An approach based on temporal logic	2005	On the Move to Meaningful Internet Systems 2005.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das plataformas Scopus e Web os Science, disponíveis em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>, acesso em 12 dez. 2014.

Após consulta separada, iniciou-se a busca nas bases pelos dois termos em conjunto. Buscou-se pelos termos *facility layout problem* and *business process management* e tanto na base *Web of Science* como na base *Scopus* não se obtiveram resultados de pesquisa. Mesmo com variação do segundo termo de pesquisa, utilizando-se a variação *process management*, mais uma vez não se obteve sucesso na busca.

Através dos dados obtidos com essas pesquisas, justifica-se a relevância acadêmica da presente pesquisa, pois o problema de *layout* de facilidades é decisivo nos resultados da manufatura e vem sendo estudado com certo destaque nos últimos anos. Em função de não haver nenhum resultado para a busca composta pelos termos-problema de arranjo físico e gestão de processos de negócios nas bases escolhidas para investigação, fica em evidência a

necessidade de se levar em consideração os processos no momento de se estudar o *layout* da manufatura.

1.3.2 Justificativa empresarial

Os processos de manufatura buscam agregar valor a determinado produto através de entrada e transformação de insumos por meio da aplicação de tecnologia. As atividades transformadoras transcorrem em uma determinada sequência de etapas e com utilização de recursos predefinidos. De posse dessas informações é possível tratar os dados de forma a se buscar uma condição de maior eficiência do sistema produtivo, chegando-se, dessa forma, à otimização dos processos.

Segundo Silva e Rentes (2002), o principal motivo para o planejamento do *layout* do setor produtivo é o interesse em se reduzir os custos de movimentação e facilitar o gerenciamento do processo. Para isso busca-se minimizar o tamanho do fluxo de material.

A alocação dos recursos de manufatura influencia diretamente o fluxo de materiais em processo, e, por tabela, o preço do produto; alguns estudos relatam a influência do arranjo físico nos resultados da empresa: quanto mais eficiente o deslocamento, melhores os resultados de processo. Tomelin e Colmenero (2010) salientam que a disposição dos recursos de produção em uma instalação impacta diretamente nos custos de produção e na produtividade: corroboram esta conclusão Bicalho Junior *et al* (2008), ao afirmarem que o arranjo físico é um fator de fundamental importância na eficiência dos processos produtivos e na otimização das condições de trabalho.

Os custos de produção devem ser analisados e pensados visando à competitividade da empresa no mercado - o estudo e planejamento de *layout* devem ser utilizados como forma de redução dos custos de produção. Na literatura inúmeras técnicas de configuração de arranjo físico são sugeridas; Papaioannou e Wilson (2010) classificam-nas em heurísticas, programação matemática, inteligência artificial, meta-heurísticas e meta-heurísticas híbridas. Desta forma, este estudo pretende tratar de Otimização de *Layout* Industrial por meio de matrizes de incidência: foi feito um estudo de caso em uma empresa de eletrodomésticos da linha branca do Vale do Rio Pardo, com foco em seu arranjo físico por meio da aplicação do algoritmo *Close Neighbour*.

A presente pesquisa busca, portanto, contribuir para a otimização do sistema de produção da empresa estudada por meio do estudo de seu *layout* visando à otimização de seus processos. O bom planejamento do *layout*, além disso, permite a redução de perdas,

resultando na eficiência da produção, tendo assim influência significativa no desempenho da organização e na satisfação das pessoas que ali trabalham.

1.4 Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo investigar o *Close Neighbour Algorithm* para otimização de *layout* industrial com observação de conceitos de Gestão por Processos aplicados à manufatura.

1.4.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desse projeto são os seguintes:

- Efetuar pesquisa bibliográfica sobre tipos de processo, *layouts* de processo e algoritmos aplicados à otimização de processos produtivos por meio de matrizes de incidência;
- Efetuar a operacionalização do algoritmo por meio de programação em *Visual for Basic Application (VBA)*;
- Estudar o processo produtivo da empresa, por intermédio de um estudo de caso, com ênfase no arranjo físico atual e sua eficiência;
- Trabalhar a otimização do arranjo físico industrial por meio da utilização de matrizes de incidência;
- Lançar proposição de melhoria no *layout* de manufatura da empresa estudada, em âmbito de projeto.

1.5 Estrutura da dissertação

No capítulo seguinte será apresentada a revisão bibliográfica, onde serão conceituados os termos processo e *layout* com caracterização de suas formas e variações. No capítulo 3 será tratada a forma metodológica aplicada a este estudo. O capítulo 4 apresentará o desenvolvimento e aplicação da metodologia em um estudo de caso. Por fim, no último capítulo serão apresentadas as conclusões.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como finalidade apresentar uma revisão bibliográfica sobre o tema otimização de *layout* pela ótica de processos; para tanto, versa sobre os tópicos de sistemas de produção, processos e gestão de processo. Também perpassa a definição de *layout* com atenção aos seus tipos e características; por fim, aborda em linhas gerais as técnicas de otimização de arranjo físico.

2.1 Sistemas de produção

Um sistema é uma configuração de entidades que se relacionam entre si de maneira intencional e funcional para juntos constituírem um todo significativo, com resultado final maior do que a soma dos resultados individuais das entidades caso operassem de forma isolada (CHIAVENATO, 2000); pode-se citar como exemplos clássicos de sistemas o corpo humano e o automóvel.

Os sistemas de produção são coleções de subsistemas estruturados para a entrega de *outputs* em conformidade com os resultados esperados por seus clientes. É através dos subsistemas de produção que o sistema de produção atinge seus resultados e que eles compõem um sistema maior, ou seja, os sistemas de produção são subsistemas de um sistema mais amplo. Desta maneira, pode-se inferir que os sistemas de produção sofrem influências internas dos subsistemas e influências externas dos sistemas maiores.

Para que um sistema cumpra suas funções, isto é, transformar *inputs* em *outputs*, é necessário que ocorram processos.

2.1.1 Classificação dos sistemas de produção

Os sistemas de produção são classificados de várias maneiras, com a intenção de facilitar a compreensão de suas características e da relação entre as atividades produtivas. De acordo com Lustosa *et al* (2008) os sistemas de produção comumente são classificados observando-se os seguintes critérios: (a) Grau de padronização dos produtos; (b) Tipo de operação; (c) Ambiente de produção; (d) Fluxo dos processos; e (e) Natureza dos produtos. Os mesmos autores discorrem sobre estas classificações. A tabela 03 apresenta esta classificação.

Tabela 3: Classificação dos Sistemas de Produção

TIPO DE CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Grau de padronização dos produtos	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos padronizados • Produtos sob medida ou personalizados
Tipo de operação	<ul style="list-style-type: none"> • Processos contínuos • Processos discretos <ul style="list-style-type: none"> ○ Repetitivos em massa ○ Repetitivos em lote ○ Por encomenda ○ Por projeto
Ambiente de produção	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Make-to-stock</i> (MTS) • <i>Assemble-to-order</i> (ATO) • <i>Make-to-order</i> (MTO) • <i>Engineer-to-order</i> (ETO)
Fluxo dos processos	<ul style="list-style-type: none"> • Processos por projeto • Processos em linha • Processos em lote
Natureza dos produtos	<ul style="list-style-type: none"> • Bens • Serviços

Fonte: Lustosa *et al*, 2008.

Outros autores como Neumann (2013), Slack *et al* (2009) e Davis *et al* (2001) também abordam os sistemas de produção. Baseados nestes autores serão feitos comentários acerca da classificação proposta por Lustosa *et al* (2008).

2.1.1.1 Classificação com base em padronização dos produtos

A classificação com base em padronização dos produtos influencia o grau de controle exercido sobre a produção tendo em vista que, quanto maior a padronização, mais alta será a confiabilidade do controle em seu processo e menor a sua flexibilidade. Produtos padronizados são caracterizados por possuírem alto grau de uniformidade e produção em grande escala. Produtos sob medida são desenvolvidos para atenderem às particularidades de um cliente específico.

2.1.1.2 Classificação quanto ao tipo de operação

A classificação quanto ao tipo de operação subdivide-se em dois grupos: discretos e contínuos.

Os processos discretos são passíveis de serem tratados em lotes ou unidades, havendo quatro classificações: por projeto, por encomenda, em lote e em massa.

Os processos por projeto são os que trabalham com produtos diferenciados por alto grau de customização e escopo abrangente. O volume é baixo e trabalha-se com datas de início e término do projeto; um exemplo de aplicação é a construção de embarcações marítimas. Outra característica é a disposição dos recursos transformadores, os quais são ajustados especialmente ao produto.

Os processos por encomenda também lidam com produtos de baixo volume e alta customização, porém em quantidade maior e dimensões menores do que processos por projeto. Nesse tipo de processo os produtos têm de compartilhar os recursos de operação com vários outros, o que demanda uma equipe de trabalho flexível; também não são produzidos produtos para estoque. Exemplos de processos *job* podem ser citados como restauradores de móveis e alfaiates, que trabalham por encomenda.

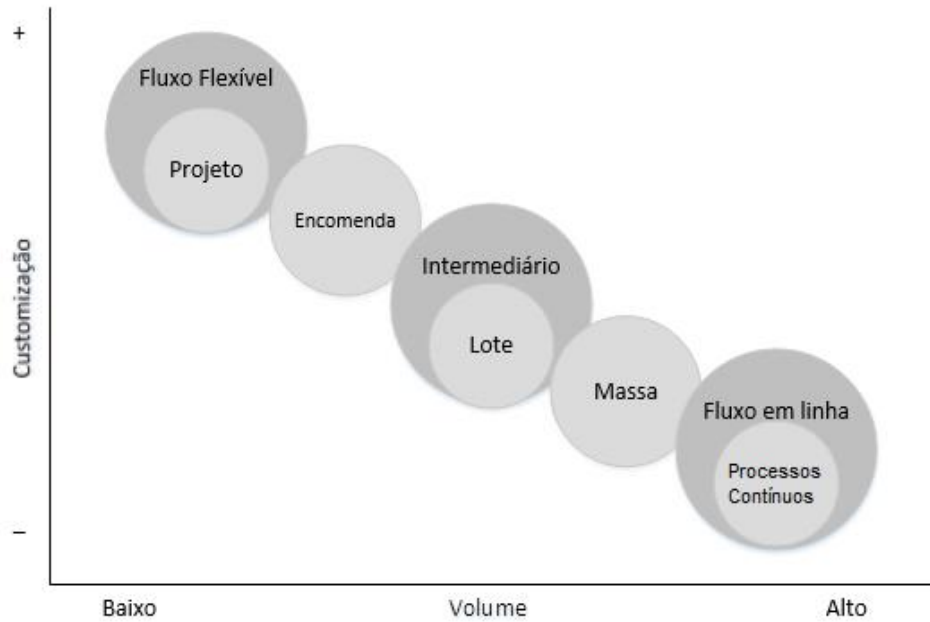
Nos processos em lote os produtos são produzidos em lotes e têm maior variedade e menor volume do que o processo por encomenda. Manufatura de máquinas-ferramentas, manufatura de componentes que alimentem uma linha de montagem são exemplos de processo em batelada.

Os processos em massa produzem um grande volume com baixa variedade. Os recursos são organizados para atender ao produto ou serviço. A montagem de automóveis é um processo característico desse tipo.

Os processos contínuos são traduzidos pela produção de bens e serviços que não podem ser identificados individualmente e apresentam alta uniformidade de produção. Os processos contínuos possuem maior volume e menor variedade do que o processo em massa. Trabalham por longos períodos e com produtos padronizados, além de as plantas possuírem alto grau de automação. Refinarias de petróleo, fábricas de cerveja e alimentos são exemplos de processo contínuo.

Embora todas as operações transformem entradas em saídas, os processos produtivos diferem em algumas características tais como volume, variedade, variação e customização. A Figura 01 ilustra esta relação.

Figura 1: Características dos processos em relação ao volume e à customização



Fonte: Pellegrini e Fogliatto, 2001.

Percebe-se que em um extremo constam os processos por projeto e, no outro, os processos contínuos. Fica evidente que, quando se fala em escolha de tipos de processo, trata-se sobretudo de entender os objetivos da empresa para, então, perceber as características de fluxo e de volume e customização.

2.1.1.3 Classificação com base no ambiente de produção

A classificação com base no ambiente de produção tem sua fundamentação no modo como os estoques são posicionados no processo produtivo. A tabela 04 descreve essa classificação.

Tabela 4: Classificação dos sistemas de produção com base no ambiente de produção

CLASSIFICAÇÃO	ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO			
	<i>Make-to-stock</i>	-----	Fabricação	Estoque
<i>Assemble-to-order</i>	Fabricação	Estoque	Montagem	Entrega
<i>Make-to-order</i>	Estoque	Fabricação	Montagem	Entrega
<i>Engineer-to-order</i>	Projeto	Aquisição de matéria-prima	Fabricação	Entrega

Fonte: Lustosa et al, 2008.

Os ambientes *make-to-stock* (produzir para estoque) são característicos de produtos padronizados com rápido atendimento ao cliente e são baseados em previsão de demanda.

Os ambientes *assemble-to-order* (montagem sob encomenda) são característicos de produtos que possibilitam a pré-fabricação de subconjuntos que serão posteriormente montados de acordo com o pedido do cliente. A variabilidade é maior e possuem médio prazo de atendimento ao cliente.

Os ambientes *make-to-order* (produzir sob encomenda) são caracterizados por iniciarem o processo de produção após o recebimento do pedido do cliente. Este ambiente possui estoque de início de processo e o prazo de atendimento ao cliente é alto.

Os ambientes *Engineer-to-order* (engenharia por encomenda) caracterizam-se pela participação do cliente na concepção do produto, ou seja, a colaboração acontece antes da colocação do pedido. Neste tipo de ambiente não ocorre estoque de matéria-prima; em função da variabilidade alta e do volume baixo, a complexidade de fluxo de materiais é altíssima e o prazo de entrega é muito longo.

2.1.1.4 Classificação com base no fluxo de processo

A classificação com base no fluxo de processos assume três configurações. Os processos por projeto são caracterizados por atenderem a um único produto; o fluxo de operações é individualizado e geralmente utilizam-se gráficos de controle para desenhar e acompanhar as operações.

Os processos em linha têm como característica possuir sequência de operações muito bem definidas; em toda operação ocorre a definição de operações precedentes e operações subsequentes de modo a seguir uma sequência linear. Atividades devem ser balanceadas entre as operações para equilibrar o fluxo em toda a cadeia produtiva. Estes tipos de sistemas são caracterizados como muito eficientes e com pouca flexibilidade devido a serem dedicados a um tipo de produto.

Os processos em lote caracterizam-se por apresentarem fluxo intermitente devido à variedade de produtos atendidos, cada um com sequência de operações própria. O controle do sequenciamento entre as operações é complexo, podendo repercutir negativamente sobre estoques e qualidade. Por não serem dedicados a um único tipo de produto, estes sistemas são caracterizados como tendo alta flexibilidade e baixo volume de produção.

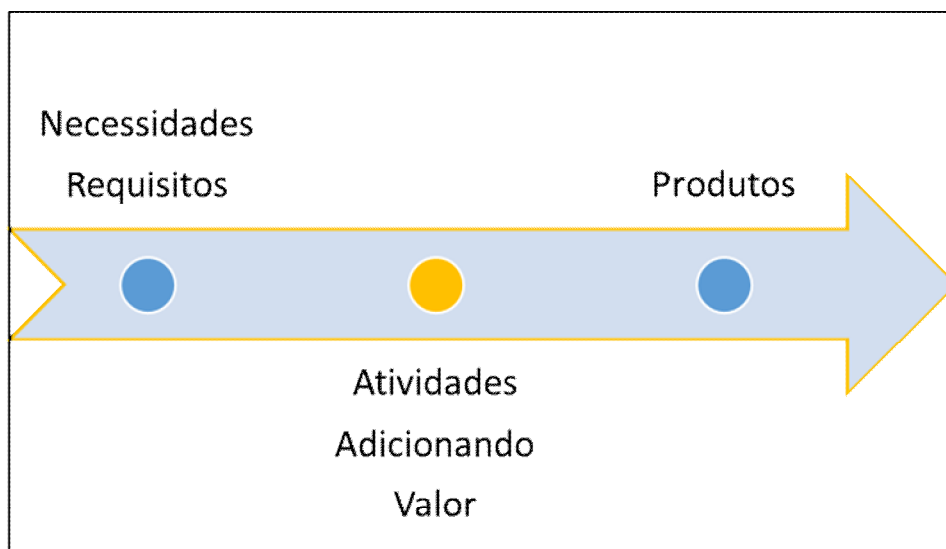
2.1.1.5 Classificação com base na natureza do produto

A classificação com base na natureza do produto gira em torno da definição de tangível ou intangível: quando o produto gerado é considerado tangível, tem-se a definição sistema de produção para manufatura de bens; quando se produz algo intangível, tem-se um sistema de produção de prestação de serviços. Ambos os sistemas devem adotar medidas para projetar seus produtos, prever demanda, entre outras. O que diferencia os sistemas é a orientação: na manufatura o olhar é direcionado aos produtos, enquanto que na prestação de serviços, para a ação.

2.2 Processos

Os processos podem ser entendidos, com base no que diz Gonçalves (2000), como um conjunto claramente definido de atividades sequenciais e conectadas, relacionadas e lógicas que tomam um *input* com um fornecedor, acrescentam valor a este e produzem um *output* para o cliente (figura 02). Araujo *et al* (2011) acrescenta a esta definição que o resultado deve surpreender o cliente.

Figura 2: Representação simplificada de processo



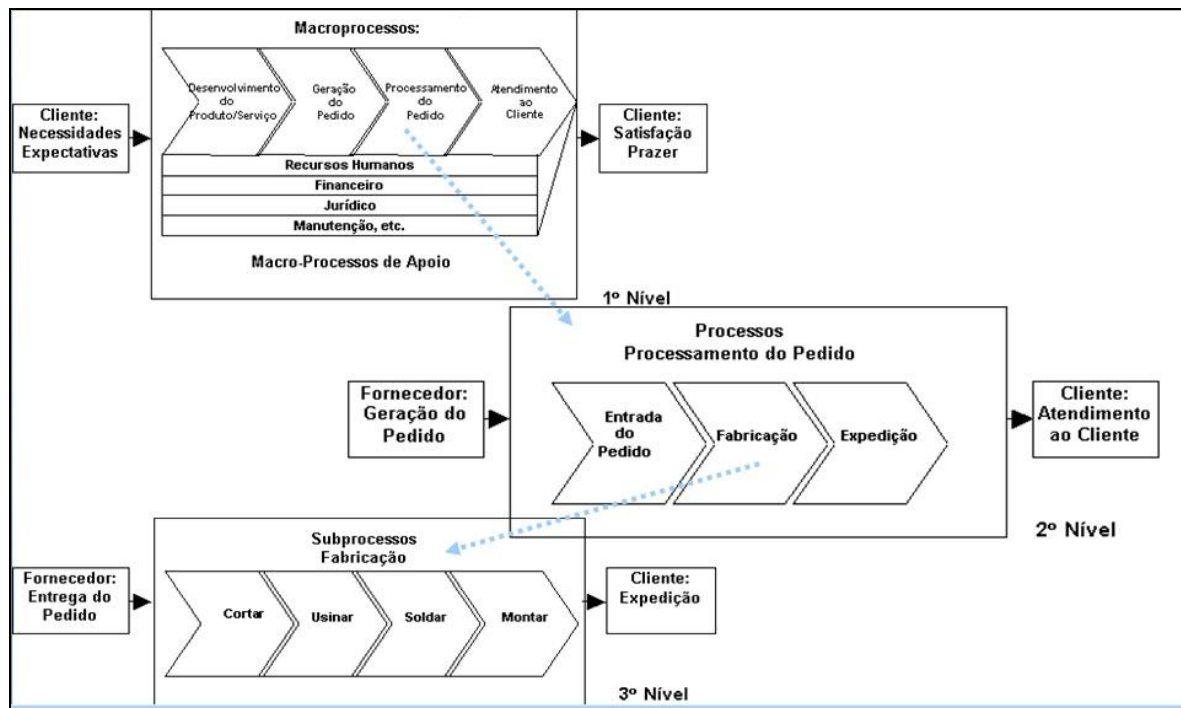
Fonte: Adaptado de Gonçalves, 2000.

Ainda é importante destacar que, dentro de uma dimensão organizacional, a estrutura em termos de trabalho pode ser percebida em três dimensões distintas: atividades, processos e macroprocessos.

As atividades podem ser entendidas como um conjunto de procedimentos operacionais (tarefas) que deve ser executado com o objetivo de produzir de um resultado (KIPPER e NARA, 2013). Através de uma sequência de atividades, os subprocessos são atingidos.

Os macroprocessos são reuniões de vários processos interconectados com objetivos mais amplos, uma vez que, dentro de uma organização, esta dimensão contempla uma meta maior (ARAUJO *et al*, 2011). A Figura 03 ilustra a estrutura hierárquica de uma organização em termos de trabalho.

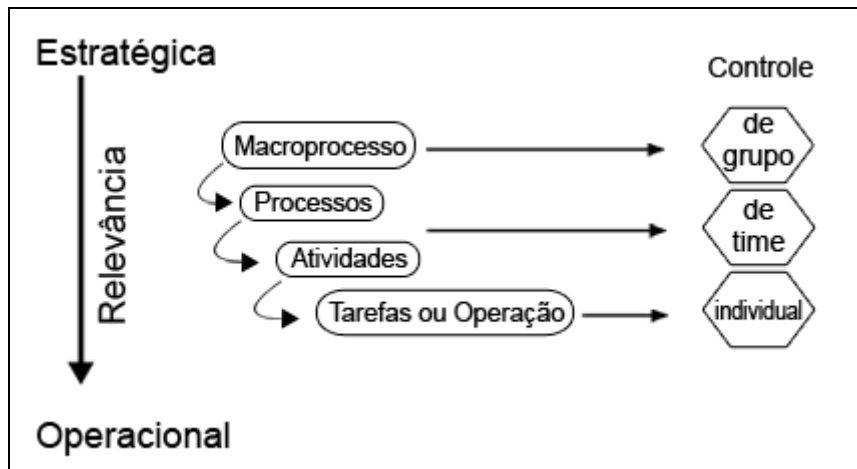
Figura 3: Hierarquia de processos



Fonte: Val BSO, 2013.

O entendimento da relação da estrutura organizacional em termos de trabalho com a estratégia e o controle do trabalho faz com que entenda-se melhor a organização. A Figura 04 apresenta esquematicamente esta relação. O macroprocesso contribui em âmbito estratégico e tem controle de todo o grupo. Já no outro extremo, as atividades operam em âmbito operacional e com controle individual.

Figura 4: Relação Processo x Controle x Relevância



Fonte: Barbará e Rosa, 2014.

2.3 Gestão de processos

As organizações têm dificuldades em visualizar seus processos de maneira ampla e integrada, o que poderia contribuir para uma otimização contínua visando a reduzir custos, tempos e melhoria da qualidade. Uma visão inovadora que tem demonstrado capacidade de melhorias contínuas é a assim denominada Gestão por Processos (GP), um conjunto de metodologias e práticas, em que a melhoria dos processos pode significar um diferencial competitivo (NARA *et al*, 2009).

Gestão por processos ou *Business Process Modeling* (BPM), de acordo com o Guia BPM CBOK (2009), é uma abordagem disciplinada para identificar, projetar, executar, medir, monitorar e controlar processos de negócios, automatizados ou não, para alcançar consistência e resultados alinhados com os objetivos estratégicos da organização, envolvendo, com ajuda de tecnologia, formas de agregar valor, melhorias, inovações e o gerenciamento dos processos ponta-a-ponta, levando à melhoria do desempenho organizacional e dos resultados de negócios.

Laurindo e Rotondaro (2006) afirmam que a GP pode ter os seguintes objetivos: (I) aumentar o valor do produto/serviço na percepção do usuário; (II) aumentar a competitividade; (III) atuar segundo a(s) estratégia(s) competitiva(s) considerada(s) mais relevante(s), que agregue(m) valor ao usuário; (IV) aumentar sensivelmente a produtividade, com eficiência e eficácia; (V) simplificar processos, condensando e/ou eliminando atividades que não acrescentem valor ao cliente.

A visão por processos perpassa as funções hierárquicas para fornecer valor ao cliente. Isto é obtido com uma atuação sistêmica da organização, quebrando barreiras funcionais e, dessa forma, visualizando as interfaces que abrangem os macroprocessos. Incluem os três elementos necessários para descrever um negócio: o cliente, o produto e o fluxo de trabalho (LAURINDO e ROTONDARO, 2006).

A GP permite ao gestor compreender melhor os processos da organização, identificando possíveis problemas de ineficiências de produção, gargalos, *layout* defasado, entre outros. Neste sentido, Cormack *et al* (2009) afirmam que a gestão por processos é uma das formas de lidar com o desafio de melhorar o negócio, em um mercado economicamente instável, a fim de otimizar o desempenho. O mesmo autor afirma que o foco das organizações deve ser os principais processos, que são aqueles que agregam valor para os clientes.

Segundo o guia BPM CBOK (2009), os processos de negócios classificam-se em três tipos: (i) processos Primários; (ii) processos de Suporte; e (iii) processos de Gestão. Os processos primários são tratados como essenciais e multifuncionais, constituem a cadeia de valor da empresa. Os processos de suporte não entregam valor ao cliente de forma direta, eles dão apoio aos processos primários. Os processos de gestão empenham função de medir, monitorar e controlar atividades de negócio (PRADELA et al, 2012).

A metodologia de GP propõe pensar os processos de negócio com uma visão sistêmica visando entregar valor ao cliente, seja ele interno ou externo. Nesse contexto, a modelagem de processos desempenha papel determinante. A identificação, o mapeamento, a análise e o redesenho são atividades que compõem a modelagem de processos (PRADELA et al, 2012).

A criação de valor ao cliente é o modo de obter vantagem competitiva. Com base na proposta de Laurindo e Rotondaro (2006), pode-se definir o valor ao cliente atentando para dois critérios de responsabilidades: (1) entregar produtos / serviços que possam prover o melhor valor líquido e (2) criar sistemas que melhorem o valor e satisfaçam às obrigações da empresa.

A GP abrange o uso de ferramentas para mapeamento de processos como solução para problemas enfrentados pelas organizações. Neste âmbito, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas, com abordagens mais viáveis e ferramentas que explicam como ativos de conhecimento têm espaço nos mecanismos de criação de valor das organizações (ADAMS, 2008; CARMELI e TISHLER, 2004; DAUM, 2002).

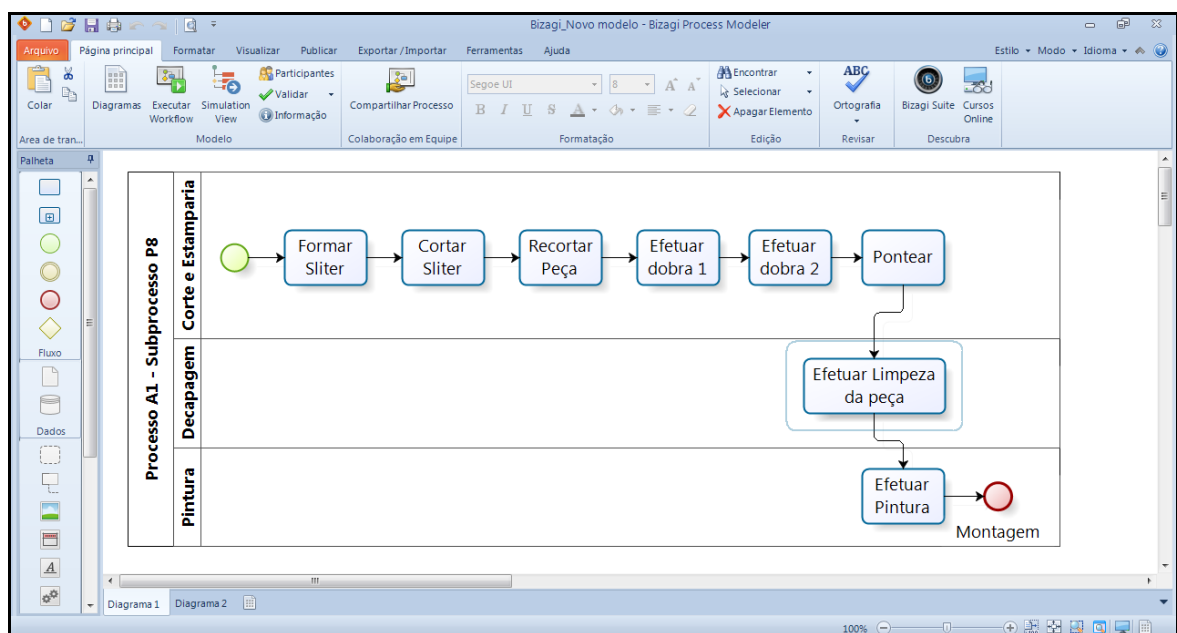
O mapeamento provê uma estrutura para que processos complexos possam ser avaliados de forma simples, possibilitando a visualização do processo completo e as possíveis

mudanças que podem provocar grandes impactos, além de áreas e etapas que não agregam valor (LEAL, 2003).

Diversas técnicas estão disponíveis para modelagem de processos, cada qual com suas características: as mais difundidas nas organizações segundo Araújo (2011) são: *Business Process Modeling Notation* (BPMN); *Integrated Definition* (IDEF); *Event-Driven Process Chain* (EPC). O BPMN é composto por um único diagrama que pode ser utilizado para representar as formas mais complexas de um processo em uma forma mais simples. A técnica IDEF foi idealizada observando as necessidades de representar os requisitos essenciais ao desenvolvimento de sistemas de informação. A técnica EPC é um *framework* que tem sua representação baseada em uma forma de casa com três pilares e um telhado (ARAUJO et al, 2011). Um dos *softwares* utilizados para a execução do mapeamento de processo pela técnica de BPMN é o *Bizagi*.

Bizagi é um *software* que permite ao usuário, por meio de um conjunto de ferramentas, desenhar, documentar e compartilhar seus processos de trabalho (fluxograma, regras de negócio, interface de usuário, etc.) por meio do *Bizagi Process Modeler* sem a necessidade de programação. A figura 05 apresenta a tela de trabalho do *software Bizagi* com um modelo de fluxo de processo. O modelo é armazenado em um banco de dados, o qual pode ser colocado em produção por meio do *Bizagi Servidor BPM* sem ter que usar código intermediário (OMG, 2011).

Figura 5: Modelo de fluxo de processo no *software Bizagi*



A *Bizagi Studio* oferece um ambiente de colaboração; todo o trabalho é armazenado em um espaço comum que pode ser (re)utilizado por outras pessoas, tornando possível a cooperação entre as equipes localizadas em lugares diferentes. Os usuários podem fazer o *checkout* dos processos, modificá-los e melhorá-los, podendo consultá-los sempre que precisarem (OMG, 2011).

2.4 Layout

O *layout* ou arranjo físico industrial é a representação espacial dos fatores que concorrem para a produção, envolvendo pessoas, materiais e equipamentos (facilidades), e as suas interações (MÜLLER, 2007). Segundo Dalmas (2004), *layout* consiste em um arranjo físico onde ocorrem processos, contendo máquinas e equipamentos dispostos, que visa equilíbrio entre movimentação e produção. Portanto, o arranjo físico é responsável pela forma como os materiais, informações e pessoas se movimentam dentro do sistema de manufatura, ou seja, como os processos irão fluir pela organização. Para Slack *et al* (2009), o *layout* envolve o posicionamento relativo dos recursos transformadores dentro dos processos e a alocação de tarefas aos recursos, que juntos ditam o fluxo de recursos transformados ao longo do processo.

O objetivo de qualquer arranjo físico está relacionado com os objetivos estratégicos de uma operação, mas existem determinados objetivos gerais que são importantes a todas as operações: citam-se coordenação gerencial, conforto para os funcionários, flexibilização a longo prazo, segurança, fluxo de materiais e fluxo de informações como sendo os fundamentais (SLACK *et al*, 2009). As principais influências dos arranjos físicos nos resultados produtivos do sistema são relatadas por Gaither e Frazier (2002):

- a) fornecer suficiente capacidade de produção;
- b) reduzir o custo de manuseio de materiais;
- c) adequar-se às restrições de lugar e do prédio;
- d) garantir espaço para as máquinas e produção;
- e) permitir elevada utilização e produtividade da mão-de-obra, das máquinas e do espaço;
- f) fornecer flexibilidade de volume e produto;
- g) garantir espaço para banheiros e outros cuidados pessoais dos empregados;
- h) garantir segurança e saúde para os empregados;
- i) permitir facilidade de supervisão;

- j) permitir facilidade de manutenção;
- k) atingir os objetivos com o menor investimento de capital.

O estudo do *layout* justifica-se não apenas quando se propõe uma nova estrutura de planta produtiva. Fatores como mudança de estratégia da empresa perante o mercado, mudança de *mix* de produtos, com agregação de novos produtos ou subtração de produtos do portfólio da empresa, agregação de novas tecnologias aos processos, aquisição de novas máquinas, geralmente com maior capacidade de produção, entre outros, devem ser motivadores de estudo dos arranjos físicos.

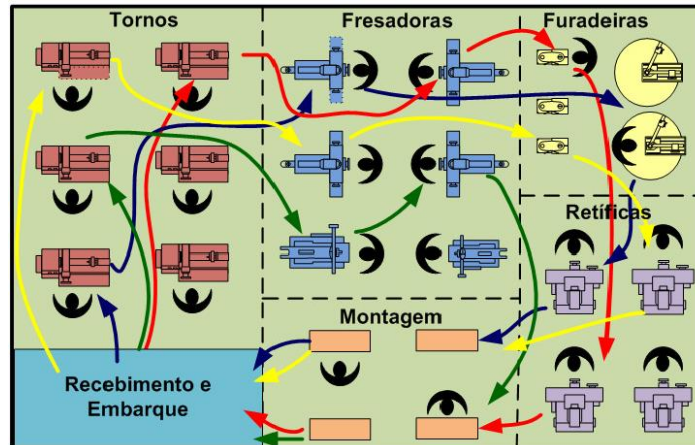
Ademais, Slack *et al* (2002) salientam que, em função de razões práticas, as decisões sobre o arranjo físico são primordiais na maioria dos tipos de produção. Três argumentos sustentam esta afirmação: (a) as mudanças de *layout* são consideradas atividades difíceis e de longo tempo de execução em função das grandes dimensões físicas dos recursos de transformação; (b) o rearranjo físico de um processo possivelmente ocasionará interrupções no seu fluxo, incidindo nos índices de produção e de satisfação do cliente; e (c) se o *layout* não está adequado ao processo, padrões de fluxo longos e confusos podem ser gerados, estoques de materiais e filas de clientes ao longo do processamento formados, altos custos provocados, entre outros.

2.4.1 Tipos de arranjos com suas características

Na perspectiva de GP os *layouts* podem ser classificados em três tipos elementares: *Job Shop*, *Flow Shop* e Celular (FOGLIATO e NARA, 2013; NEUMANN, 2013). Davis *et al* (2001) e Slack *et al* (2009) relatam sobre os três tipos de arranjos físicos:

No *Layout* tipo *Job Shop* (figura 06) máquinas e equipamentos com funções similares são agrupados, criando-se seções de máquinas, nas quais todas as furadeiras estão em uma área e todas as prensas estão em outra. A peça em trabalho passa de seção em seção, obedecendo ao fluxo especificado de operações de produção. Este tipo de arranjo físico é comumente encontrado em plantas de manufatura com baixo volume de produção. Os fluxos de trabalho entre os recursos transformadores são complexos, pois ocorrem ocupando as máquinas que estão disponíveis no momento.

Figura 6: *Layout Job shop*



Fonte: Dalmas, 2004.

O *layout Flow shop* baseia-se no produto, ou seja, as instalações são organizadas observando as sequências de operações do produto (figura 07). A linha é planejada levando-se em conta a sequência de processos necessários à fabricação de um produto, ocorrendo um alinhamento do processo para que a linha tenha um fluxo linear. É um arranjo com utilização em processos com grande volume e baixo *mix* de produto; também emprega automação pesada para tornar e manter o regime de produção constante.

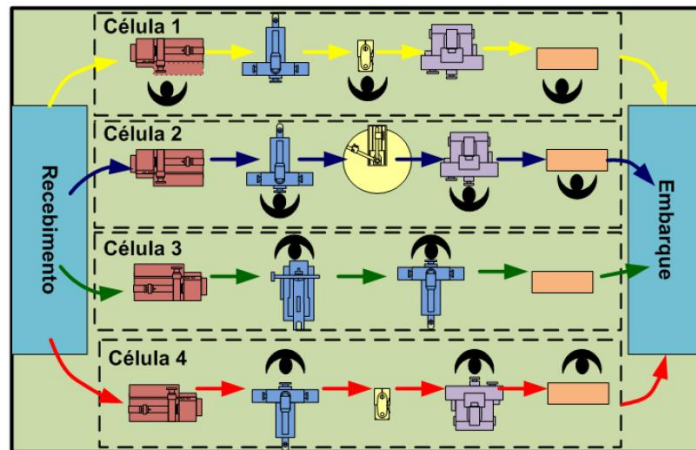
Figura 7: *Layout Flow shop*



Fonte: Dalmas, 2004.

A configuração Celular (figura 08) consiste em agrupar, em centros de trabalho, máquinas distintas para produzir trabalhos em peças com características similares. Configura-se por ser similar ao *Job Shop* no sentido de que as células são formadas para desempenhar um conjunto específico de processos, e é similar ao *Flow Shop* no sentido de que as células são dedicadas a uma gama limitada de produtos. Esse tipo de arranjo físico é fundamentalmente projetado para ser flexível tanto do ponto de vista operacional como do fluxo de materiais. Em sua aplicação, os trabalhadores envolvidos são multifuncionais dentro das células, e emprega-se tecnologia de grupo (TG) para formação das células.

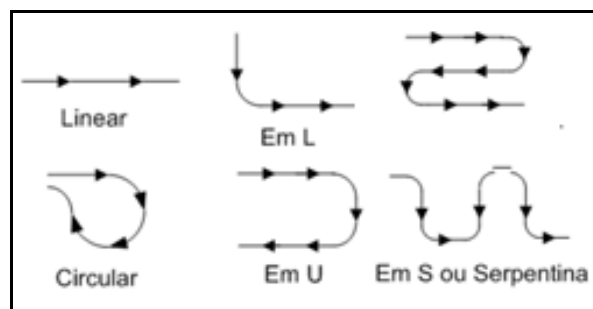
Figura 8: *Layout Celular*



Fonte: Dalmas, 2004.

As células podem ser identificadas pela forma de disposição das máquinas e equipamentos e dos postos de trabalho. Em função da disposição dos postos de trabalho se obtém o fluxo de processos na célula. Diversas são as formas que as células podem assumir; Francis *et al* (1992) *apud* Dalmas (2004) elenca cinco tipos de fluxo como sendo os tipos básicos (figura 09).

Figura 9: Formas básicas de Fluxo



Fonte: Dalmas, 2004.

O fluxo linear é a configuração mais simples; ele tem como característica distanciar o recebimento da expedição. O fluxo em L é utilizado em função da adaptação às condições da planta, ou seja, quando por algum motivo o fluxo em linha não pode ser aplicado. O fluxo circular é preferido, uma vez que o recebimento e a expedição devem estar bem próximos. O fluxo em U é o mais aplicado em função de ter o recebimento e a expedição próximos e podendo ser combinados, também porque esta possibilidade de fluxo traz facilidades de administração. O fluxo em S , por fim, tem aplicação quando se combinam as situações

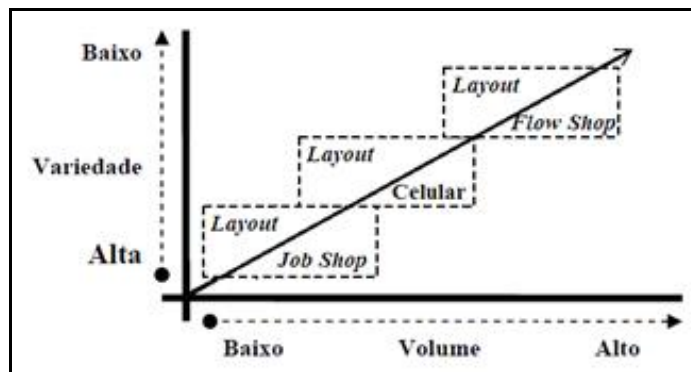
oriundas da necessidade de várias etapas no processamento, linha muito longa, e área física limitada.

2.4.2 Relação entre tipos de processos e tipos de arranjo físico

Dentro de uma estrutura organizacional, as atividades estão orientadas através de processos, cada qual com suas características, cujos objetivos visam à satisfação das expectativas dos clientes. Os tipos de arranjos físicos, por sua vez, contribuem para que os processos atendam às expectativas dos clientes, também possuindo, dessa forma, características peculiares em suas variações que se materializam na disposição física de um dado processo.

Segundo Slack *et al* (2009) e Albertin *et al* (2005) a escolha de qual tipo de *layout* adotar pode ser baseada na relação de volume e variedade de produtos, conforme figura 10.

Figura 10: Variedade e volume x tipo de *Layout*



Fonte: Adaptado de Slack *et al*, 2009; Albertin *et al*, 2005.

De uma forma sugestiva os tipos de processos de manufatura relacionam-se com os tipos de arranjos físicos, porém determinado tipo de *layout* não implica, necessariamente, certo tipo de processo (SLACK *et al*, 2009). A figura 11 relaciona tipos de processo a tipos de arranjos físicos.

Figura 11: Relação entre tipos de processos e tipos de *Layout*

Tipos de Processos de Fabricação	Tipos de <i>layout</i> básico
Processo por encomenda	<i>Layout job-shop</i>
Processo em lote	<i>Layout celular</i>
Processo em Massa	<i>Layout flow-shop</i>
Processo Contínuo	

Fonte: Adaptado de Slack *et al*, 2009.

Com base nos autores Slack *et al* e Albertin *et al*, citados acima, certa apenas é a inclinação para a relação; porém cabe ressaltar que diversas outras variáveis não estão sendo apontadas. Exemplos de variáveis desprezadas que podem ser elencadas: restrições de espaço físico, restrições financeiras ou restrições de mão de obra.

2.4.3 Diagrama de espaguete

A visualização dos processos que ocorrem dentro do *layout* pode ser viabilizada pela técnica do diagrama de espaguete (figura 12). Yamada e Marins (2011) *apud* Moreira (2013) ressaltam que um bom *layout* deve ser avaliado pela técnica do diagrama espaguete com o intuito de avaliar a movimentação de pessoas, materiais e ferramentas no chão de fábrica. Este diagrama consiste basicamente em um desenho do arranjo existente de maneira que, através de indicações coloridas, se represente o caminho percorrido para cada um dos itens estudados.

Figura 12: Exemplo de diagrama de espaguete

Fonte: Benevides, 2013.

A ferramenta é utilizada com muita frequência nos conceitos de *Lean Manufacturing*, auxiliando, basicamente, na definição de *layout* industrial; analisa graficamente a distância percorrida por um operador, produto em processo, entre outras aplicações (BENEVIDES, 2013). Objetivamente esta representação demonstra o caminho percorrido por um produto na medida em que ele é movimentado em seu fluxo de valor.

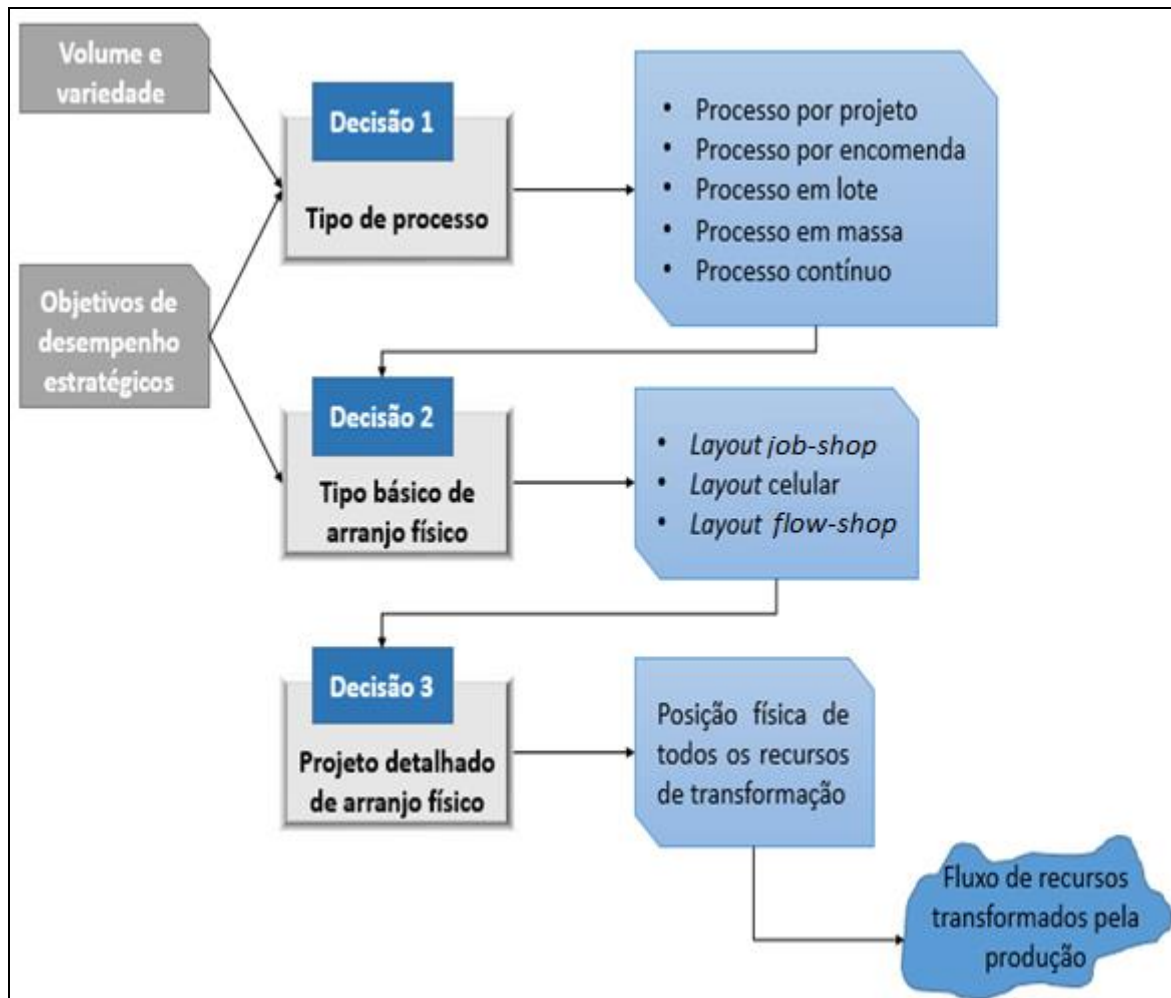
2.4.4 Projeto de arranjo físico

As atividades de projeto de *layout* devem iniciar pela observação dos objetivos estratégicos da organização. A partir disso, seguem-se alguns passos para a definição do arranjo físico; esses passos são executados das definições gerais para as específicas. Diversas são as metodologias para projeto de *layout*. As proposições iniciaram com Muther, em 1978, com o método do Planejamento Sistemático de *Layout* (SLP); atualmente diversas outras são apresentadas em estudos acadêmicos - neste estudo destaca-se a metodologia proposta por Slack *et al* em 2002.

Slack *et al* (2002) observam três decisões a serem tomadas na escolha de arranjo físico (figura 13). A primeira decisão gira em torno da definição do tipo de processo tendo como variáveis as características de volume e variedade e de objetivos de desempenho estratégicos. A segunda decisão é pelo tipo básico de arranjo físico. Após a escolha do processo ser efetuada, passa-se a observar qual tipo básico de *layout* será o adequado. A terceira decisão é

pelo projeto detalhado do arranjo físico, no qual se define a posição física de todos os recursos de transformação e se obtém os fluxos dos recursos transformados ao longo do processo.

Figura 13: Definição de arranjo físico



Fonte: Adaptado de Slack *et al*, 2009.

De forma pragmática e observando a metodologia apresentada, pode-se entender o estudo de *layout* como atividade que não pode prescindir tanto da participação dos agentes envolvidos no plano estratégico da organização como também dos agentes de operacionalização dos processos. Não deve ser percebida como atividade puramente determinística e isolada, deve ser construída com diálogo constante entre o projetista e os demais agentes da organização.

As duas primeiras decisões são tomadas observando-se as características dos processos e podem ser atingidas utilizando-se instrumentos como questionário, entrevistas e observação

direta na coleta de dados, seguida da aplicação de uma matriz de priorização. Já a terceira decisão é tomada com base em alguma técnica de otimização.

2.4.5 Priorização de ações

Diante da complexidade dos processos existentes na atualidade, diversas maneiras de analisar o que deve ser feito primeiro em uma empresa são possíveis. A análise vai muito além do problema ou solução em si. Ela deve envolver colaboradores, missão estratégica de negócio e, principalmente, os clientes (GIANFÁBIO, 2010).

Priorizar, segundo Zabaleta (2002), significa colocar alternativas em ordem de importância, valor ou desejo. A ferramenta utilizada para a análise das priorizações na empresa chama-se matriz de priorização; esta matriz implica priorizar um certo número de alternativas de acordo com diferentes critérios. De forma geral, os passos a serem seguidos para a confecção de uma matriz de priorização são: (a) escolher a amostra, (b) identificar os critérios que devem ser considerados para decidir quais os problemas, benefícios, potencialidades são mais importantes e, (c), criar o sistema de pontuação (ZABALETA, 2002).

A seguir, trata-se sobre dois modelos bastante difundidos na literatura dessa ferramenta: Matriz G.U.T. e Matriz B.A.S.I.C.O.

2.4.5.1 Matriz G.U.T.

Matriz utilizada geralmente para tratamento dos problemas existentes nos sistemas, ela considera a Gravidade, a Urgência e a Tendência do problema. A gravidade considerada como o impacto do problema sobre operações e pessoas da empresa e, ainda, efeitos que surgirão em caso de não-resolução; a urgência como o tempo disponível ou necessário para resolver o problema e, por fim, a tendência como o potencial de crescimento do problema (GIANFÁBIO, 2010).

É atribuída a cada um dos problemas a ser analisado uma nota de 1 a 5 em cada uma das dimensões: gravidade, urgência e tendência, conforme quadro 15.

Quadro 15: Dimensões da matriz G.U.T.

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente grave	Extremamente urgente	Se não for resolvido, piora imediatamente
4	Muito grave	Muito urgente	Vai piorar a curto prazo
3	Grave	Urgente	Vai piorar a médio prazo
2	Pouco grave	Pouco urgente	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Sem urgência	Sem tendência de piorar

Fonte: Adaptado de Gianfábio, 2010.

Um exemplo fictício de aplicação da matriz G.U.T. é demonstrado na figura 14, abaixo: quatro problemas ilustrativos são utilizados para a aplicação dos critérios de priorização.

Figura 14: Exemplo de matriz de priorização G.U.T. para priorização de problemas

Problemas	G	U	T	Total	Priorização
Atraso na entrega de insumos pelo fornecedor	4	4	3	11	2º
Alto gasto com materiais em processamento	2	2	1	5	4º
Baixo índice de entrega aos clientes	5	4	4	13	1º
Eventos de superprodução (estoque)	3	2	3	8	3º

Fonte: O autor, 2014.

De acordo com esse exemplo, a prioridade é o problema de baixo índice de entrega aos clientes, pois é o que apresenta uma pontuação maior, quando observadas as notas atribuídas; através desta matriz detecta-se qual problema deve ser resolvido primeiramente.

2.4.5.2 Matriz B.A.S.I.C.O.

A priorização das soluções é fundamental para a resolução de problemas. Essa hierarquização permite a elaboração de um plano de implantação e de resolução do problema. A matriz comumente aplicada com essa finalidade é a matriz B.A.S.I.C.O. Ela considera os Benefícios para a organização; a Abrangência de pessoas beneficiadas pela solução; a Satisfação dos colaboradores; os Investimentos necessários; Cliente e o efeito que a solução terá neles e a Operacionalidade da solução como critérios de mensuração e priorização das alternativas (CANDELORO, 2008).

O critério benefício representa o impacto da solução para a organização; a dimensão abrangência significa o montante de colaboradores que serão alcançados pela solução; já a dimensão satisfação é o contentamento do cliente interno com a implantação da solução; a

escala investimento requerido é caracterizada pelo montante de recursos financeiros necessários; o critério cliente traz a satisfação do cliente externo com a implantação da solução; o critério operacionalidade diz respeito à resistência a mudanças, impedimentos legais, domínio de tecnologia e simplicidade de implantação.

Para cada critério tem-se uma escala e deve-se atribuir uma nota de 1 a 5; o quadro 16 ilustra os critérios com suas respectivas escalas.

Quadro 16: Critérios da matriz B.A.S.I.C.O.

Nota	Benefícios	Abrangência	Satisfação interna	Investimentos	Cliente	Operação
5	De vital importância	Total (de 70% a 100%)	Muito grande	Pouquíssimo investimento	Impacto muito grande cliente	Muito fácil implementar
4	Impacto significativo	Muito grande (de 40% a 70%)	Grande	Algum investimento	Grande impacto	Fácil implementar
3	Impacto razoável	Razoável (de 20% a 40%)	Médio	Médio investimento	Bom impacto	Média facilidade
2	Poucos benefícios	Pequena (de 5% a 20%)	Pequeno	Alto investimento	Pouco impacto	Difícil implementar
1	Algum benefício	Muito pequena	Muito Pequena	Altíssimo investimento	Muito pouco impacto	Muito difícil implementar

Fonte: Adaptado de Candeloro, 2008.

A matriz B.A.S.I.C.O. é construída, assim como na matriz G.U.T., de modo a ranquear as soluções para o problema existente na organização e em estudo.

2.4.6 Técnicas de otimização de *layout*

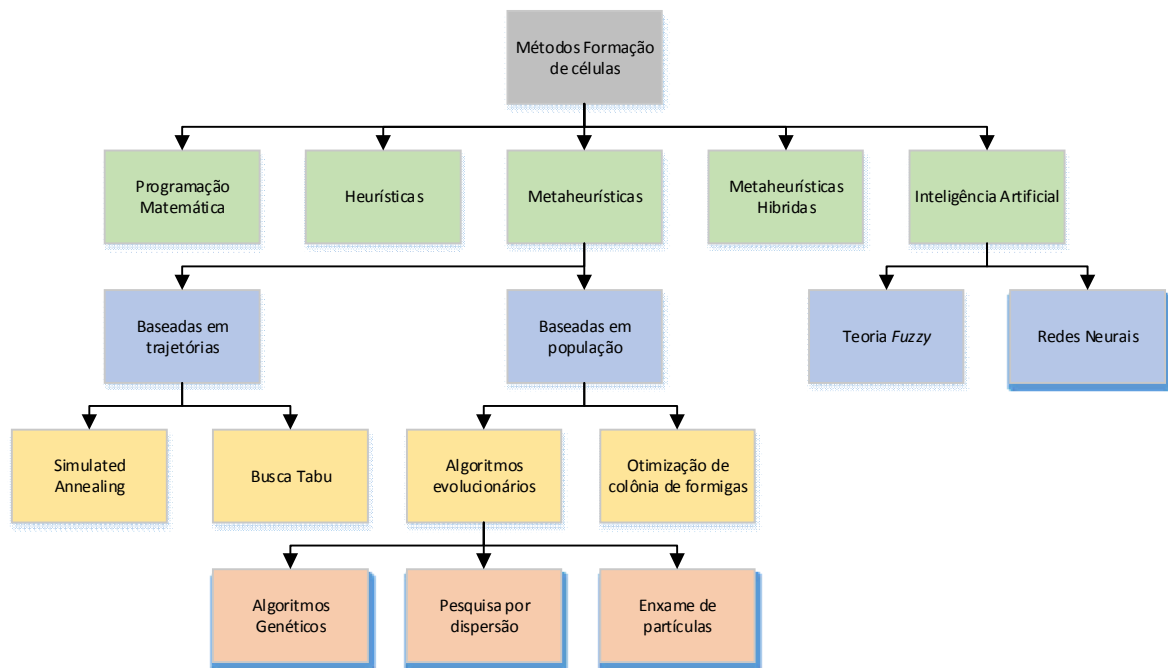
A otimização de *layout* industrial vem sendo estudada desde a década de 50. Dentre os pioneiros nestes trabalhos, citam-se Armour & Buffa, com a configuração do problema de formulação quadrática (QAP) e, posteriormente, com o algoritmo de melhoramento CRAFT (MARTINS *et al.*, 2003). Segundo os mesmos autores, diversas técnicas têm sido aplicadas na busca por melhores resultados, como a teoria de grafos (Foulds & Robinson, 1978), o MIP (*mixed integer program*) (Montreuil, 1990; Montreuil *et al.*, 1993; Heragu & Kusiak, 1991) e a abordagem que utiliza estrutura de árvore binária, apresentada por Tam & Li (1991).

Kulturel-Konak, em 2006, aplica a programação inteira mista para o trabalho de *layout* de facilidades. Em 2012, o mesmo autor desenvolve um método híbrido com a utilização da programação linear em conjunto com algoritmo genético para tratar do arranjo de facilidades

com áreas desiguais e, também, outro método com algoritmo de seleção clonal com base nos sistemas imunológicos.

Em meio às técnicas utilizadas em estudos de arranjo físico, têm-se as com a finalidade de formação de células de fabricação. Papaioannou e Wilson (2010) apresentam um estudo destacando os principais trabalhos desenvolvidos de 1997 a 2008, com classificação dos métodos de formação de células em programação matemática, heurísticos, metaheurísticas, metaheurísticas híbridas e inteligência artificial, (figura 15), sendo os algoritmos genéticos (Holland, 1975), *Simulated Annealing* (Kirkpatrick et al., 1983) e Busca Tabu (Glover, 1989) exemplos bastante difundidos na literatura (NAPIERALA, 2010). Também o *Rank Order Cluster* (King, 1980) e o *Close Neighbour Algorithm* (CNA) (Boe e Cheng, 1991) são ferramentas para agrupar máquinas e formar células de manufatura através da utilização do conceito de tecnologia de grupo (TG), utilizando como fundamento matrizes de incidência na análise do fluxo de produção (AFP).

Figura 15. Classificação dos métodos de solução para formação de células



Fonte: Adaptado de Papaioannou e Wilson, 2010.

Segundo Gorgulho Junior (1998, p.25) a tecnologia de grupo é um conjunto de técnicas e métodos que buscam obter as chamadas famílias de peças a partir de todo o conjunto de peças disponível no ambiente em questão. Portanto, a configuração das famílias

de peças em TG busca identificar alguma característica de similaridade entre as peças de modo a agrupá-las por esse motivo, visando obter alguma vantagem (DALMAS, 2004).

Diversas são as técnicas utilizadas para criação de famílias na produção. Gorgulho Junior (1998) e Dalmas (2004) citam como métodos para esse fim a Inspeção Visual, o Sistema de Classificação e Codificação e a Análise de Fluxo de Processo, coeficiente de similaridade, arranjo de matrizes, técnicas baseadas em grafos, análise de agrupamento e programação matemática.

Independente do algoritmo utilizado para a construção do *layout*, a função objetivo e as restrições nele inseridas determinam a qualidade do *layout* (MÜLLER, 2007). Via de regra a função objetivo visa minimizar o custo entre as facilidades e/ou maximizar a proximidade entre elas, reduzindo a extensão do fluxo. O custo e a distância, portanto, são as principais variáveis que compõem a função objetivo (MARTINS *et al*, 2003).

Na criação de famílias por meio de arranjo de matrizes de incidência, segue-se a seguinte lógica de execução: as matrizes de incidência são compostas por colunas e linhas, sendo alocadas na matriz, respectivamente, as máquinas e processos. Cada cruzamento de linha com coluna que ocorrer com utilização da máquina assinala-se com $\bar{0}$. Através do rearranjo de linhas e colunas chega-se a uma matriz final configurada de modo que os cruzamentos assinalados com $\bar{0}$ fiquem dispostos ao longo da diagonal principal da matriz caracterizando, desta forma, as células trabalho.

Dentro da fase de reorganização de processos com técnicas de agrupamentos existem alguns algoritmos que são sugeridos por Boe e Cheng na ocasião da apresentação do CNA: *Bond Energy Analysis* (BEA); *Direct Cluster Algorithm* (DCA); *Single Linkage Clustering* (SLC); *Average Linkage Clustering* (ALC); *An Ideal Non-hierarchical Clustering* (IDL); *ZODIAC* (ZOD); *Shortest Spanning Path* (SSP); *Cluster Identification Algorithm* (CIA); *Cluster Identification Algorithm* (CI); *Extended CI Algorithm*. No presente estudo o CNA é a técnica aplicada como referência, com a matriz sendo formada por máquina x subprocesso.

O *Close Neighbour Algorithm*, desenvolvido por Boe e Cheng (1991), tem como principal característica a simplicidade de implementação. Sua execução acontece em dois passos, no primeiro ocorre a reorganização das linhas, no segundo a reorganização das colunas. Ele é considerado um dos algoritmos mais eficientes para o arranjo de matrizes de incidência. A sua implementação baseia-se na construção de uma matriz de incidência e sua capacidade não é afetada por máquinas gargalo ou elemento crítico.

2.4.7 *Close Neighbour Algorithm*

O algoritmo *Close Neighbour* é desenvolvido por meio de uma matriz de incidência, trabalhando com o rearranjo das linhas e colunas da matriz, com o objetivo de concentrar as incidências ao longo da diagonal principal e, dessa forma, proporcionar a visualização de agrupamento de máquinas.

O desenvolvimento do algoritmo ocorre a partir de uma matriz inicial, cujo tamanho será de acordo com o número de máquinas e processos envolvidos no espaço físico. As máquinas serão transformadas nas linhas e os processos são as colunas dessa matriz.

Sabe-se que cada processo dessa matriz de incidência tem um roteiro de produção, constituído por uma ou mais máquinas. O preenchimento da matriz, dessa forma, acontece orientado através do roteiro de produção e observando o seguinte critério: toda vez que um processo utilizar determinada máquina, assinala-se 1 na célula (posição da matriz) correspondente ao cruzamento do processo com a máquina; caso não seja utilizada, a célula continua vazia.

Uma vez concluída essa etapa de preenchimento, cria-se uma segunda matriz, cujo tamanho será o número de máquinas para as linhas e colunas, proporcionando cruzamentos de máquinas com máquinas. As células dessa matriz serão preenchidas da seguinte forma: soma-se, na matriz inicial, o número total de processos que passaram por cada par de máquina. Isso deve ser feito com todos os pares de máquinas possíveis. Essa soma preencherá as células correspondentes, na matriz 2, desses pares de máquinas, formando, assim, uma matriz simétrica e de diagonal principal vazia. Soma-se, na matriz 2, os valores inseridos nas células de cada linha. Cada linha, assim, terá uma soma total.

Com a matriz 2 finalizada, a próxima etapa consiste em construir uma matriz 3 cujo conteúdo é a matriz inicial preenchida (1 ou vazio) com uma nova ordenação dos índices das linhas.

O primeiro índice da nova ordenação de linhas corresponderá à linha que possuir a maior soma na matriz 2. Para completar os índices restantes da nova ordenação, deve-se seguir esta diretriz, analisando a linha do índice que foi escolhido anteriormente, sempre na matriz 2. Nessa linha, cada posição cruza com uma coluna (máquina). O número índice de cada coluna significa a nova linha escolhida. Para escolher a posição correta, opta-se por qual possuir o maior número em seu conteúdo e que ainda não foi escolhida para a ordenação. Em caso de empate, deve-se dar preferência à posição de menor índice. Quando não existirem mais posições disponíveis para serem escolhidas, preencher com os índices remanescentes.

Após a conclusão da ordenação de linhas, tem-se uma matriz 3. Nela falta reordenar os índices das colunas para formar a matriz final.

Para estabelecer a ordem das colunas, primeiramente serão identificados, em cada coluna, os agrupamentos de \neq existentes. Um agrupamento significa uma sequência existente quando o conteúdo de uma posição for igual à \neq e a(as) posição(es) seguinte(s) também possuir(em) \neq . Ressaltando que um agrupamento pode ser considerado enquanto tal com apenas um \neq . Cada agrupamento, logicamente, deve começar em uma posição da matriz que tenha \neq como conteúdo e terminar quando alcançar uma posição da matriz sem \neq ou chegar ao limite da mesma. É possível que as colunas tenham vários grupos ou nenhum.

Após a identificação desses agrupamentos nas colunas da matriz 3, é preciso destacar o agrupamento de maior tamanho ou o único existente em cada coluna. O tamanho de cada agrupamento é a soma das posições que constituem o mesmo; se um agrupamento tiver uma sequência de \neq ao longo de 4 células da matriz, seu tamanho é 4.

A próxima etapa consiste na ordenação dos índices das colunas. Para tanto, será feita uma leitura através de cada linha da matriz 3.

Em uma linha, cada posição cruza com uma coluna. O número índice de cada coluna significa a nova coluna escolhida. É preciso identificar as posições da linha que a partir desta formam agrupamentos na coluna correspondente.

Para escolher a posição correta: caso o agrupamento formado na coluna a partir da linha na qual a leitura está sendo feita corresponder ao maior agrupamento desta coluna ou igualar-se com outro do mesmo tamanho, então se seleciona essa posição para a ordenação. Nenhuma coluna que já constitui a nova ordenação de colunas pode ser selecionada novamente.

É possível que muitas posições de determinada linha iniciem os maiores agrupamentos de colunas, então essas posições irão constituir a ordenação de colunas.

Após essa leitura por todas as linhas, se ainda existirem colunas que não foram selecionadas, estas são posicionadas completando a ordenação com os índices remanescentes.

Com a ordenação de colunas estabelecida, é possível criar a matriz final. Essa matriz corresponde à matriz inicial preenchida com a reordenação de linhas e, na sequência, com reordenação de colunas.

A função objetivo do CNA, que mede a proximidade das máquinas é demonstrada abaixo. Ela é aplicada na matriz 2.

$$b_{ij} = \sum_{p=1}^n a_{ip} * a_{jp} \quad (1)$$

Onde:

b_{ij} ó elemento da matriz de proximidade de máquinas

n ó número de processos

p ó processo

a_{ip} ó elemento de máquina tipo i

a_{jp} ó elemento de máquina tipo j

Além disso, um modelo de programação inteira do tipo 0-1 pode ser formulado para representar o problema como se segue.

$$MAX \sum_{v=1}^{m-1} \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^m b_{ij} X_{i,v} X_{j,v+1} \quad (2)$$

$$ST. \sum_{v=1}^m X_{i,v} = 1 \quad \text{para todo } i \quad (3)$$

Restrição $X_{i,v} = \{0,1\}$ para todo i e v

A equação 2 procura maximizar a proximidade das máquinas, onde $X_{i,v}$ assume o valor 0 quando não ocorre o compartilhamento do processo pelas máquinas em análise e 1 quando o par de máquinas em questão compartilha o processo.

A equação 3 restringe uma máquina a ocupar apenas uma linha na matriz.

O objetivo do modelo formulado é buscar o arranjo das linhas e máquinas na matriz final de modo a maximizar a soma da medida 'proximidade' entre um par de máquinas ocupando duas linhas consecutivas (BOE e CHENG, 1991).

No exemplo da Figura 16, tem-se uma matriz formada por 8 máquinas e 20 processos. Observa-se que nas posições que, em cujos conteúdos, aparece $\neq 0$ significa que o processo (coluna) está sendo utilizado pela máquina (linha) da posição. O processo 3, por exemplo, percorre as máquinas 1, 2, 4, 7 e 8.

Figura 16: Matriz 1 do CNA (Fase de preenchimento)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1		1	1					1	1		1		1	1		1	1		1	
2			1	1		1	1							1				1		1
3		1						1	1		1		1	1		1	1		1	
4			1	1		1	1			1								1		1
5	1				1	1				1		1			1		1			
6	1				1				1	1		1			1					1
7			1	1		1	1				1	1						1		1
8			1	1		1	1											1		1

Fonte: Boe e Cheng, 1991.

Com a matriz 1 completamente preenchida, a próxima etapa consiste na criação de uma segunda matriz (figura 17). As linhas e colunas serão o número de máquinas. O objetivo é preencher as posições com a soma de processos utilizados por cada par de máquina; é possível observar na matriz 1 as máquinas 7 e 8, como exemplo, tendo os processos 3, 4, 6, 7, 18 e 20 passando por ambas em seus caminhos, somando 6 processos ao todo para o par 7 e 8. Essa soma aparece, na matriz 2, nas posições onde o par se cruza (7x8 e 8x7).

Figura 17: Matriz 2 do CNA com somas das linhas

	1	2	3	4	5	6	7	8		
1			2	9	1	1	1	2	1	17
2	2			1	6	1	1	6	6	23
3	9	1			0	1	1	1	0	13
4	1	6	0			2	2	6	6	23
5	1	1	1	2			5	2	1	13
6	1	1	1	2	5			2	1	13
7	2	6	1	6	2	2			6	25
8	1	6	0	6	1	1	6			21

Fonte: Boe e Cheng, 1991.

A diagonal principal da matriz 2 sempre ficará vazia, pois não é possível uma máquina formar um par com ela mesma. Após o cálculo dessa matriz, é necessário somar todas as linhas, como aparece ao lado de cada linha.

Tem início, então, a reordenação das linhas, a qual consiste em uma nova sequência de índices para as máquinas da matriz 1. A primeira linha a constituir a primeira posição da nova

ordenação é a que possuir maior soma na matriz 2. Seguindo o exemplo, é a linha 7. As próximas são selecionadas analisando a linha selecionada anteriormente. A tabela 5 resume essa etapa.

Tabela 5: Reordenação das linhas no CNA

Índice da reordenação	Máquinas pré-selecionadas	Máquina selecionada	Explicação
1	7	7	Linha maior soma.
2	2, 4, 8	2	Menor índice.
3	4, 8	4	Menor índice.
4	8	8	Maior valor.
5	1, 5, 6	1	Menor índice.
6	3	3	Maior valor.
7	5, 6	5	Menor índice.
8	6	6	Linha restante.

Fonte: Boe e Cheng, 1991.

Nenhuma linha pode ser selecionada para mais de um índice; é por isso que algumas linhas não são pré-selecionadas, mesmo se encaixando nos critérios de seleção. Dado momento da reordenação, em eventuais matrizes, não terá mais linhas que entrem nos critérios de seleção; neste caso, opta-se pela linha remanescente. Quando há empate entre determinados valores, o menor índice prevalece.

Na coluna de máquinas selecionadas consta a nova sequência de linhas a constituírem a matriz 3 (figura 18).

Figura 18: Matriz 3 do CNA (Reordenação das linhas da matriz 1)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7			1	1		1	1				1	1						1		1
2			1	1		1	1							1				1		1
4			1	1		1	1			1								1		1
8			1	1		1	1											1		1
1		1	1					1	1		1		1	1		1	1		1	
3		1						1	1		1		1	1		1	1		1	
5	1				1	1				1		1			1		1			
6	1				1				1	1		1			1					1

Fonte: Boe e Cheng, 1991.

Com a matriz 3 pronta, agora parte-se para a reordenação das colunas para construir a matriz final. Para isso, analisam-se todas as colunas a partir de cada linha, na matriz 3.

A análise começa no primeiro índice entre as linhas. As colunas que apresentarem incidências no cruzamento com a linha são pré-selecionadas. Nas colunas pré-selecionadas observa-se a sequência de \neq em busca de identificar-se as maiores sequências. A seleção das colunas acontece quando a maior sequência de \neq inicia na linha de índice em análise. Esse processo se repete para todas as linhas da matriz 3.

No exemplo, as posições 3, 4, 6, 7, 11, 12, 18 e 20 da linha de índice 1 o conteúdo corresponde ao \neq . Esses valores correspondem ao índice de cada coluna e são os pré-selecionados. Entre essas 8 colunas, a maior sequência de \neq que acontece, em suas respectivas colunas, partindo da linha em análise são as de índice 3, 4, 6, 7, 18 e 20. Elas, respectivamente, são as selecionadas e constituirão as primeiras posições da nova sequência de colunas.

Observa-se que na coluna 11 existe uma sequência de \neq (a maior da coluna) que parte da linha número 1, índice 5. Na 12, a maior sequência de \neq da coluna começa na linha número 5, índice 7. É por isto que essas colunas foram apenas pré-selecionadas: existe \neq nas colunas partindo da primeira linha, porém não ocorreu a seleção das mesmas em função de haver uma sequência maior de \neq em outras posições nas colunas.

Após a análise de todas as colunas partindo do primeiro índice, faz-se o mesmo a partir da linha de índice 2. Coluna pré-selecionada: 14. As outras colunas que possuem \neq na linha já foram selecionadas anteriormente, então não entram na pré-seleção. A coluna 14 não constituirá a reordenação de colunas ainda, pois na mesma coluna existe uma sequência de \neq maior, que parte da linha número 1, índice 5.

É possível verificar toda a reordenação de colunas, desse exemplo, observando a tabela 06, abaixo.

Tabela 6: Reordenação das colunas no CNA

Linha analisada	Coluna(s) pré-selecionada(s)	Coluna(s) escolhida(s)	Explicação
7	3, 4, 6, 7, 11, 12, 18, 20	3, 4, 6, 7, 18, 20	Formam maiores sequências de '1'.
2	14	Nenhuma	Menor sequência da coluna.
4	10	Nenhuma	Menor sequência da coluna.
8	Nenhuma	Nenhuma	Nenhum '1' disponível na linha.
1	2, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 17, 19	2, 8, 9, 11, 13, 14, 16, 17, 19	Formam maiores sequências de '1'.
3	Nenhuma	Nenhuma	Nenhuma entra nos <u>critérios</u> .
5	1, 5, 10, 12, 15	1, 5, 10, 12, 15	Formam maiores sequências de '1'.
6	Nenhuma	Nenhuma	Sem colunas remanescentes.

Fonte: Adaptado de Boe e Cheng, 1991.

Com a reordenação das colunas prontas, tem-se a matriz final estabelecida (figura 19). Ela apresenta a matriz 1 com uma nova ordenação de linhas e de colunas, respectivamente.

Figura 19: Matriz Final do CNA (Reordenação das colunas da matriz 3)

	3	4	6	7	18	20	2	8	9	11	13	14	16	17	19	1	5	10	12	15
7	1	1	1	1	1	1				1										
2	1	1	1	1	1	1						1							1	
4	1	1	1	1	1	1														
8	1	1	1	1	1	1												1		
1	1						1	1	1	1	1	1	1	1	1					
3							1	1	1	1	1	1	1	1	1					
5			1											1		1	1	1	1	1
6						1			1							1	1	1	1	1

Fonte: Boe e Cheng, 1991.

Na matriz final é possível observar os agrupamentos que foram formados ao longo da diagonal principal e algumas incidências dispersas pela matriz.

2.4.8 Eficiência do agrupamento

Uma vez concluídas as etapas do algoritmo, procede-se à avaliação dos agrupamentos por meio do cálculo da eficiência, para a formação atual de arranjo físico. Fogliato e Nara (2013) ressaltam que o cálculo da eficiência busca comparar formações alternativas de células por meio da eficiência do agrupamento (GE); este procedimento depende de dois fatores, a proporção de espaços ocupados nas células (Es) e a proporção de elementos extracelulares (Ex). O estabelecimento da eficiência do grupo acontece com a aplicação da fórmula:

$$GE = \frac{[(1-Ex)+Es]}{2} \quad (4)$$

Onde:

GE ó Eficiência do Agrupamento

Ex - número de incidências extracelulares / número total de incidências

Es - número de espaços ocupados / número de espaços intracelulares.

Com os dados gerados é possível efetuar ponderações sobre os processos, com sugestões de reorganização do arranjo físico da organização.

2.4.9 Programação em Excel

A linguagem de programação *Visual Basic for Applications* (VBA) é uma linguagem orientada a objetos rica em funcionalidades e flexibilidade, que permite acrescentar capacidades adicionais e aplicações informáticas, tais como as pertencentes ao *Microsoft Office*, entre as quais estão o *Excel* e o *Word*. Permite, ainda, automatizar a realização de muitas tarefas rotineiras nessas aplicações (SILVA, 2009). Com o *Excel* e o VBA, existe a possibilidade de criar macros para aperfeiçoar tarefas que são realizadas com frequência, fazendo assim com que várias ações sejam executadas em uma determinada ordem através de um único atalho do teclado (MICROSOFT, 2007).

Para acessar o editor do VBA, é necessário usar o atalho $\text{Alt} + \text{F11}$, abrindo, assim, o ambiente de programação no qual são desenvolvidos os códigos e a programação do algoritmo. Também é nessa interface que o computador interpreta todos os comandos do

programador, como por exemplo: `Dim` e `As`, que são utilizados na declaração das variáveis.

Os procedimentos do VBA são códigos reservados entre a palavra `Sub`, que define o início do código, e a palavra `End Sub`, que define o fim do código. É dentro desse trecho localizado entre as palavras `Sub` e `End Sub` que é escrito todo o código do algoritmo. Ainda existem duas coisas básicas e essenciais para iniciar a programação no VBA: os comandos de entrada e saída de dados; para a entrada de dados é utilizado o comando `InputBox`, e, para a saída, é utilizada uma caixa de mensagem, chamada de `MsgBox`, onde é escrito entre aspas o texto que o usuário visualizará (SILVA, 2009).

Este conjunto de comandos de programação serve para expandir os horizontes da planilha do *Excel* e desenvolver novas funcionalidades, além de poder ser um grande aliado na programação de sistemas direcionados ao planejamento de arranjos físicos com melhor eficiência, visto que o *Excel* possibilita a interação entre o ambiente de programação do VBA com as planilhas que representam de forma clara e organizada as máquinas e processos de uma empresa.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Metodologia

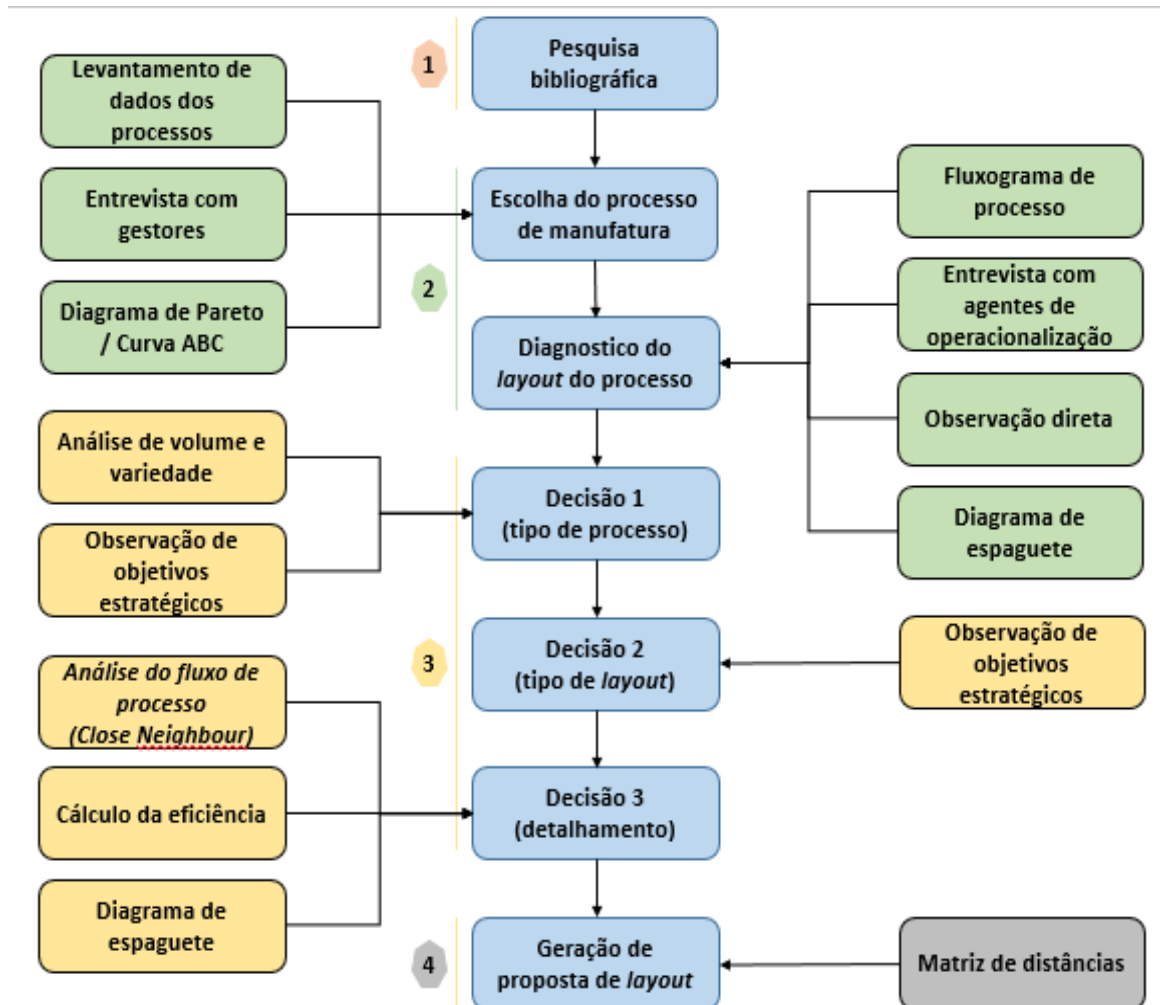
Segundo Gil (1999) a pesquisa é entendida como um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico, cujo objetivo primordial é descobrir resposta para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos.

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e descritiva. De acordo com Santos (2004), estas pesquisas visam desenvolver, primeiramente, uma maior familiaridade com o tema estudado, seja através de levantamento bibliográfico ou com entrevistas com os profissionais que atuam na área; na sequência, o interesse se volta para descrever sistematicamente um fato ou fenômeno. Neste trabalho, os procedimentos técnicos para a coleta de dados foram a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso em uma empresa do ramo metalmeccânico.

3.2 Método

O estudo em questão foi desenvolvido nos laboratórios do Curso de Mestrado em Sistemas e Processos Industriais da Universidade de Santa Cruz do Sul ó UNISC, havendo em alguns momentos visitas às instalações da empresa estudada para verificações em loco de parâmetros necessários ao cumprimento do projeto, executando observações, aplicando questionários e formulários com o intuito de coletar os dados necessários. Para atingir os objetivos específicos deste estudo, o presente projeto foi dividido em quatro etapas. A figura 20 apresenta o fluxograma desta pesquisa, cujos detalhes de cada etapa são descritos a seguir.

Figura 20: Fluxograma do projeto de pesquisa



Fonte: O Autor, 2014.

3.2.1 Pesquisa bibliográfica

Esta etapa aconteceu de forma constante durante a execução do projeto, porém inicialmente foi feita com maior intensidade. Foi realizada pesquisa em periódicos relacionados à área de Engenharias III. O objetivo almejado nesta etapa é de subsidiar as demais no sentido de buscar conhecimentos já adquiridos por outros pesquisadores a fim de agregar a este trabalho os conhecimentos relevantes, a fundamentação teórica. Para cumprir tal função, a busca por materiais ocorreu nos livros, artigos de revistas especializadas nacionais e internacionais, teses e dissertações na área. As bases utilizadas foram acessadas por meio do portal de periódicos da Capes; também foram consultados os anais do ENEGEP e do SIMPEP. Em âmbito internacional as buscas percorreram as plataformas *Web of Science* e

Scopus. Os termos pesquisados foram: *facility layout problem* e *business process management*.

3.2.2 Levantamento de dados

A etapa de escolha do processo de manufatura foi cumprida através do levantamento dos dados dos processos; esta decisão foi baseada no volume de produtos vendidos nos anos de 2012 e 2013. A técnica de Pareto, através da curva ABC, foi a ferramenta aplicada na classificação de informações dos processos. Também por meio de entrevista aberta, o diálogo com os gestores foi utilizado visando a atender aos objetivos estratégicos da organização. A definição sobre a escolha do processo teve por base a matriz de priorização com técnica utilizada.

Para o diagnóstico do *Layout* do processo algumas informações são necessárias. Dentre as informações imprescindíveis para o desenvolvimento deste trabalho estão o fluxo de processo, relação de máquinas, distâncias entre etapas do processo e espaço físico disponível.

Nessa etapa foi aplicada a análise do fluxo de produção com vistas a identificar a sequência de transformação necessária à produção dos produtos da empresa. Através de uma ficha denominada fluxograma de processo, foram coletados os seguintes dados: etapas da produção com suas dependências, informando a máquina utilizada, distâncias entre etapas e tempo de processo de cada etapa; a coleta de informações também contou com a participação dos líderes de setores da organização. Em seguida o processo foi modelado com o auxílio do *Software Bizagi*. Procedeu-se, de igual forma, ao levantamento de máquinas disponíveis na empresa e buscou-se elaborar a planta baixa atualizada, objetivando a confecção do diagrama de espagete das instalações com intenção de estabelecer contato visual com a disposição dos recursos transformadores e os respectivos fluxos existentes na planta.

3.2.3 Definição de *layout*

A etapa de definição de *layout* inicia com a Decisão 1. Em função da análise dos dados de produto ocorre a definição do tipo de processo; o volume de produtos vendidos nos anos de 2012 e 2013 em concatenação com os objetivos da organização foram utilizados.

A Decisão 2 contempla a definição de tipo de *layout*. Aqui os objetivos da organização mais uma vez foram observados junto com as características do processo em estudo e o volume e variedade de produção.

A Decisão 3 relaciona-se com o detalhamento do arranjo de recursos. O objetivo foi a aplicação dos dados coletados por meio do conceito de tecnologia de grupo (TG). Este procedimento realizou-se por meio de matrizes de incidência com utilização do algoritmo *Close Neighbour* na plataforma do *Excel* através da programação do algoritmo em VBA. O objetivo com a aplicação do CNA é aproximar as máquinas que se relacionam na manufatura dos processos.

Após a geração de agrupamentos pela aproximação de máquinas com a técnica do CNA, a sugestão de agrupamento foi avaliada por meio do cálculo da eficiência proposto por Fogliatto e Nara (2013).

Feita a avaliação da solução do algoritmo, um novo diagrama de espaguete foi confeccionado com intuito de demonstrar visualmente as modificações na planta da organização.

3.2.4 Geração de proposta de *layout*

Nesta etapa foram delineadas as conclusões do estudo, ocorreu a análise dos dados com o objetivo de compará-los contrapondo a condição atual da empresa com a proposta pelo estudo. Elaborou-se a análise dos dados com foco na movimentação e percurso dos materiais dentro do processo de manufatura.

4 ESTUDO DE CASO

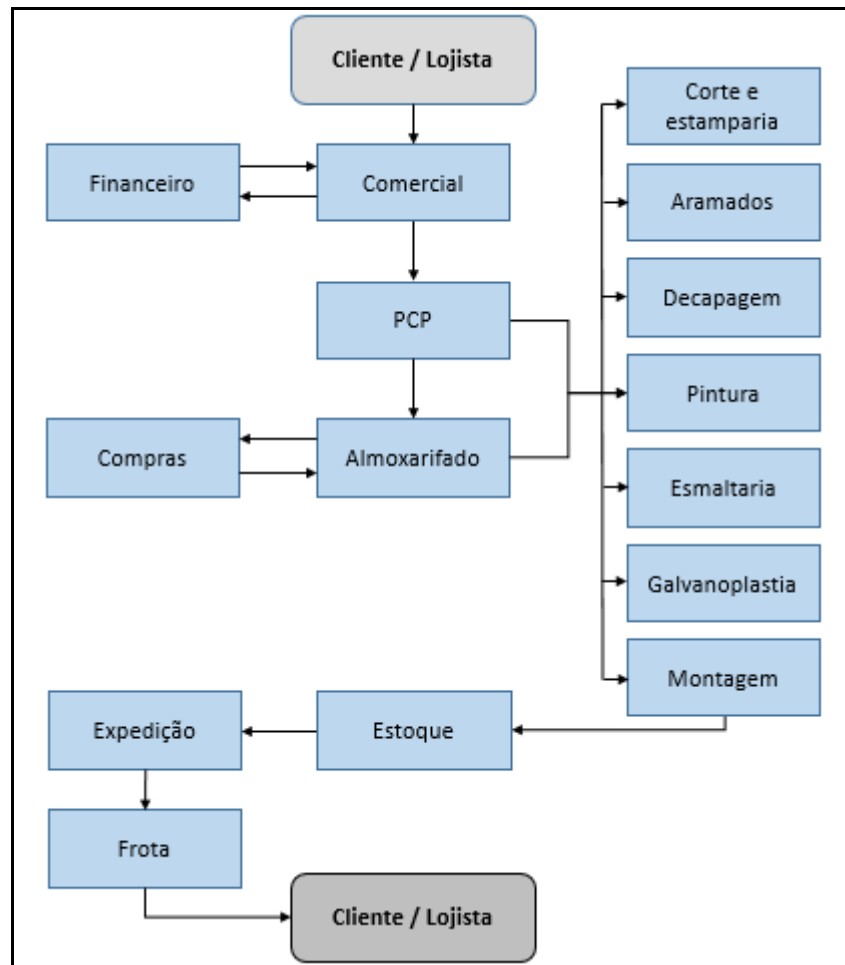
Neste capítulo é trazido a aplicação da metodologia de estudo de *layout* por meio de matrizes de incidência com aplicação do algoritmo *close neighbour* em um estudo de caso.

4.1 Caracterização da empresa

A empresa estudada é atuante no ramo industrial, com foco em eletrodomésticos da assim chamada linha branca. Fundada há mais de 30 anos é consolidada no mercado, tendo como localização de sua sede o interior do estado do Rio Grande do Sul, atualmente contando com mais de 450 colaboradores. Devido à necessidade de se adaptar às demandas do mercado, ao longo dos anos a empresa cresceu, porém não estruturou seus departamentos com base em estudos de otimização dos processos.

Para o atendimento da demanda, a organização funciona de acordo com o recebimento dos pedidos. A figura 21 retrata o fluxograma do macroprocesso. O setor comercial recebe a demanda e envia o pedido para o setor de planejamento e controle da produção; deste ponto em diante, o setor realiza a análise e programa a produção ou o carregamento do produto, dependendo da existência ou não do produto em estoque.

Figura 21: Fluxograma do macroprocesso



Fonte: O Autor, 2014.

Os produtos são padronizados, mas conforme as solicitações dos clientes e sendo possíveis dadas as limitações produtivas, podem ocorrer personalizações específicas nos produtos. O fluxo observa a intermitência das operações.

Os processos são discretos e em lote com intenção de produzir sob encomenda, porém, diante da sazonalidade característica dos produtos, em alguns momentos a produção para estoque é aplicada.

A partir da próxima seção serão verificadas as etapas de escolha de processo e projeto de *layout* proposta no capítulo anterior, figura 20, na empresa em estudo.

4.2 Escolha do processo

A escolha dos processos tem por base os dados da empresa, coletados com o auxílio de seus funcionários e dirigentes, e sua análise abrange o período compreendido de janeiro de 2012 a agosto de 2013.

Os processos da empresa podem ser qualificados observando sua linha de produtos. Os dados de faturamento em função da linha de produtos são apresentados na tabela 7. Atentando para a característica de sazonalidade que incide sobre os produtos, observa-se que a categoria de fogões a lenha se destaca das demais na questão participação no faturamento. Em seguida a linha de fogões a gás aparece; na sequência, os refrigeradores, fornos e fogões industriais são escalados em ordem de importância.

Tabela 7: Faturamento da empresa por linha de produtos

Linha de Produto	Participação em 2012 (%)	Participação em 2013 até o mês de agosto (%)
Fogões a Gás	25,39	17,55
Fornos	11,73	9,12
Refrigeradores	22,67	36,62
Fogões Industriais	0,67	1,12
Fogões a Lenha	39,54	35,60
TOTAL	100,00	100,00

Fonte: O autor, baseado nos dados da empresa, 2014.

Dentre os objetivos da empresa destacam-se a autenticidade e a criatividade de seus produtos; isso faz com que seus processos tenham que possuir versatilidade sem perder a capacidade de execução de tarefas.

A versatilidade é necessária em virtude do objetivo de atendimento das personalizações de produtos que porventura seus clientes venham a buscar. Já a capacidade de execução relaciona-se com a capacidade de fazer frente a seus concorrentes, de modo a não perder a competência de concorrência.

O diálogo com os gestores fez com que se possibilitasse a identificação dos produtos detentores de importância para os objetivos estratégicos da empresa. A linha de produtos de fogão a lenha é o carro-chefe da empresa, sendo que seus produtos já possuem destaque e reconhecimento no mercado. A linha de fogões industriais tem contribuição pequena nos números da empresa, no entanto, com o cenário atual, em que a maior fabricante do

seguimento não está em boas condições financeiras, é uma linha com grande potencial de crescimento.

A linha de refrigeradores já possui atenção diferenciada, de modo que sua produção é efetuada com equipamentos e pessoal dedicados à linha. Os fornos possuem participação moderada, tanto em termos de contribuição no faturamento como em volume de produção.

A linha de fogões a gás possui o maior volume de vendas, com 41.142 unidades vendidas no ano de 2012 e 20.151 unidades vendidas até o mês de agosto do ano de 2013. Tem contribuição significativa no faturamento e uma gama de produtos considerável.

Tecidas as considerações sobre as linhas de produtos, nossos esforços se concentrarão na linha de fogões a gás.

A aplicação do princípio de Pareto sobre os dados de volume de vendas dos produtos da linha de fogões foi executada levando-se em conta os produtos que mais contribuem com os resultados da empresa. Uma curva foi gerada para o período de 2012 e, uma outra, para 2013. Os produtos em destaque, classe A, são apresentados na tabela 8 - aqui são utilizados códigos para a identificação dos itens de modo a preservar informações estratégicas da empresa.

Tabela 8: Produtos em destaque.

Produtos classe A					
2012			2013		
Código	Volume de venda	Percentual	Código	Volume de venda	Percentual
F16	3366	8%	F12	2629	13,0%
F11	3007	7%	F2	2549	12,6%
F4	3000	7%	F5	2112	10,5%
F3	2900	7%	F4	1705	8,5%
F2	2832	7%	F1	1528	7,6%
F17	2388	6%	F17	1522	7,6%
F5	1900	5%	F39	1085	5,4%
F12	1833	4%	F3	828	4,1%
F38	1683	4%	F50	739	3,7%
F19	1632	4%	F7	565	2,8%
F39	1617	4%	F18	450	2,2%
F1	1587	4%	F14	438	2,2%
F18	1041	3%	Total	16.150	
F28	816	2%			
F20	812	2%			
F40	731	2%			
F13	686	2%			
F21	503	1%			
F42	474	1%			
Total	32.808				

Fonte: O autor baseado nos dados da empresa, 2014.

Observando apenas os dados da tabela 8 os produtos F2, F4, F12, F5 e F17 são os que mais transitam pelo sistema de manufatura da empresa, pois eles têm 5.381, 4.705, 4.462, 4.012 e 3.910 unidades vendidas, respectivamente.

Para a definição de qual processo será o item de trabalho, tem-se como amostra os processos ligados aos produtos da linha de fogões a gás F2, F4, F12, F5 e F17. Os critérios a serem observados foram: tempo de material em processo, estoque elevado, distância de percurso de produção e acesso às informações do processo. O sistema de pontuação é direto, com escala de 1-10, tendo ordem crescente de importância. A matriz de prioridades está demonstrada na figura 22.

Figura 22: Matriz de priorização

Critério	F2	F4	F12	F5	F17
Tempo de material em processo	6	6	9	6	9
Estoque elevado	7	6	7	7	6
Distância de percurso de produção	5	6	6	6	8
Informações do processo	8	8	5	6	8
TOTAL	26	26	27	25	31

Fonte: O autor, 2014.

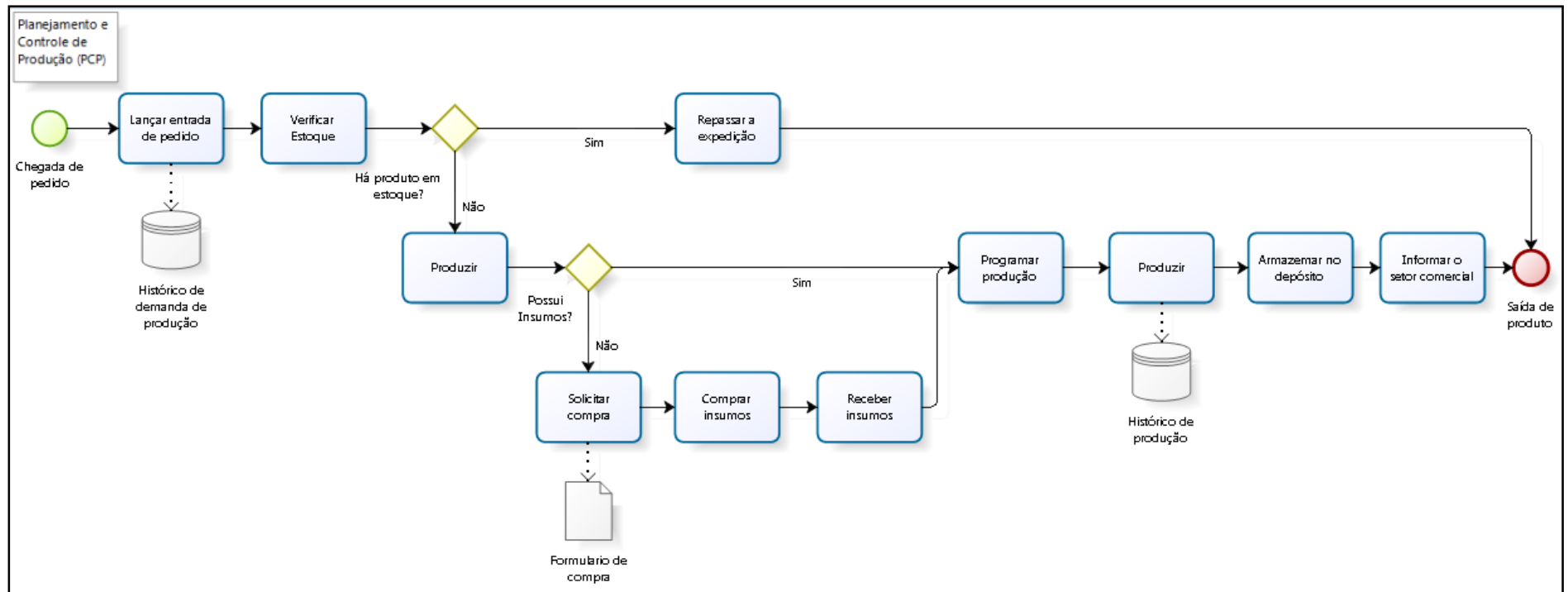
Em função dos critérios observados, o processo empregado neste estudo é o pertencente ao produto F17.

4.3 Diagnostico do *layout* do processo

Em função da definição do processo, parte-se em direção ao mapeamento do mesmo; as informações do processo foram colhidas com o auxílio de documentos da empresa, coleta de informações com colaboradores e visitas *in loco*.

As informações sobre o processo foram agrupadas em um formulário denominado fluxograma de processo. A partir dela, o processo foi modelado em BPMN com o auxílio do *software Bizagi* (figura 23).

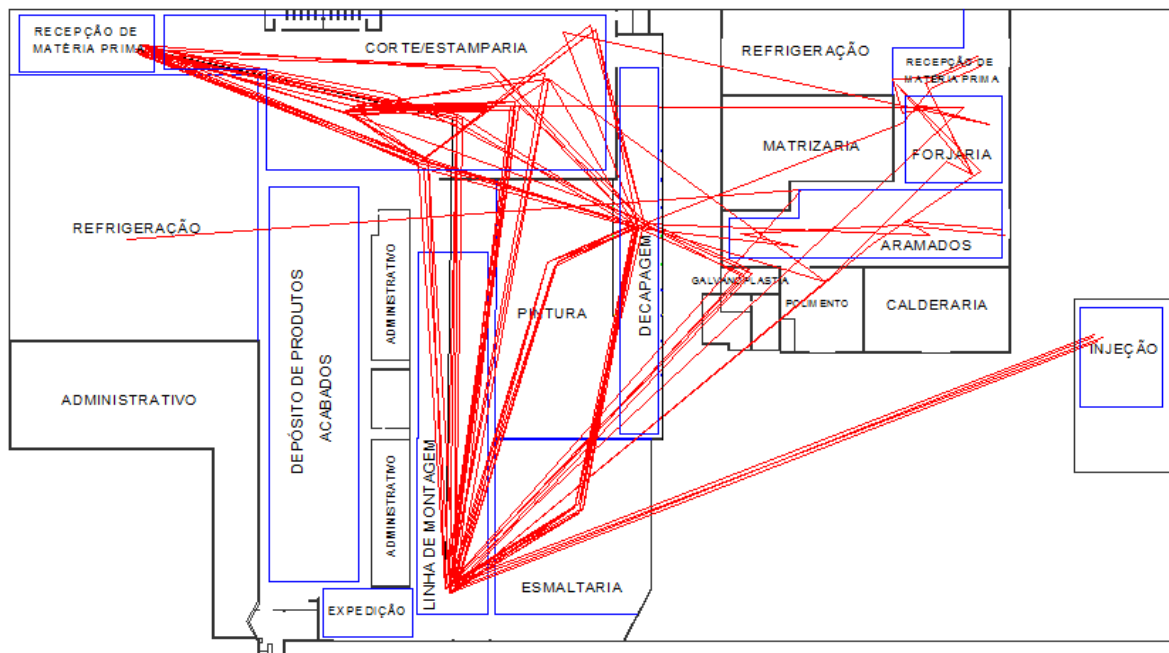
Figura 23: Processo de manufatura



Fonte: O autor, 2014.

Com a intenção de representar visualmente os fluxos existentes, o diagrama de espagete foi elaborado (figura 24). A planta conta com três locais de recepção de matéria prima: um para receber as bobinas de chapas, outro para recepção de tubos e arames e, o terceiro, para recepção de material polimérico. Para a manufatura do produto F17, cinquenta subprocessos são executados.

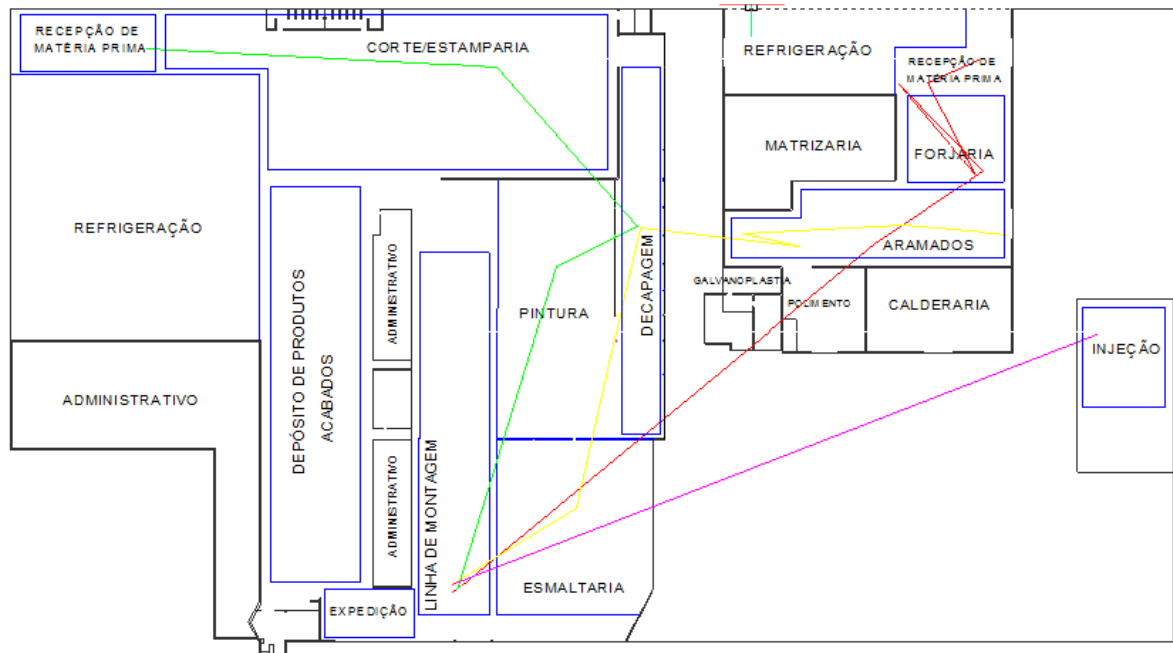
Figura 24: Diagrama de espagete do processo



Fonte: O autor, 2014.

Basicamente observa-se que as bobinas de chapas percorrem os setores de corte e estamparia, decapagem, pintura ou esmaltaria e chegam à linha de montagem. Os tubos e arames têm trajetória entre os setores de forjaria ou aramados, polimento, decapagem, galvanoplastia, pintura ou esmaltaria e alimentam a linha de montagem. Ainda há o setor de injeção, que fica em uma edificação separada e seu relacionamento é direto com a linha de montagem. A figura 25 ilustra os fluxos básicos do processo.

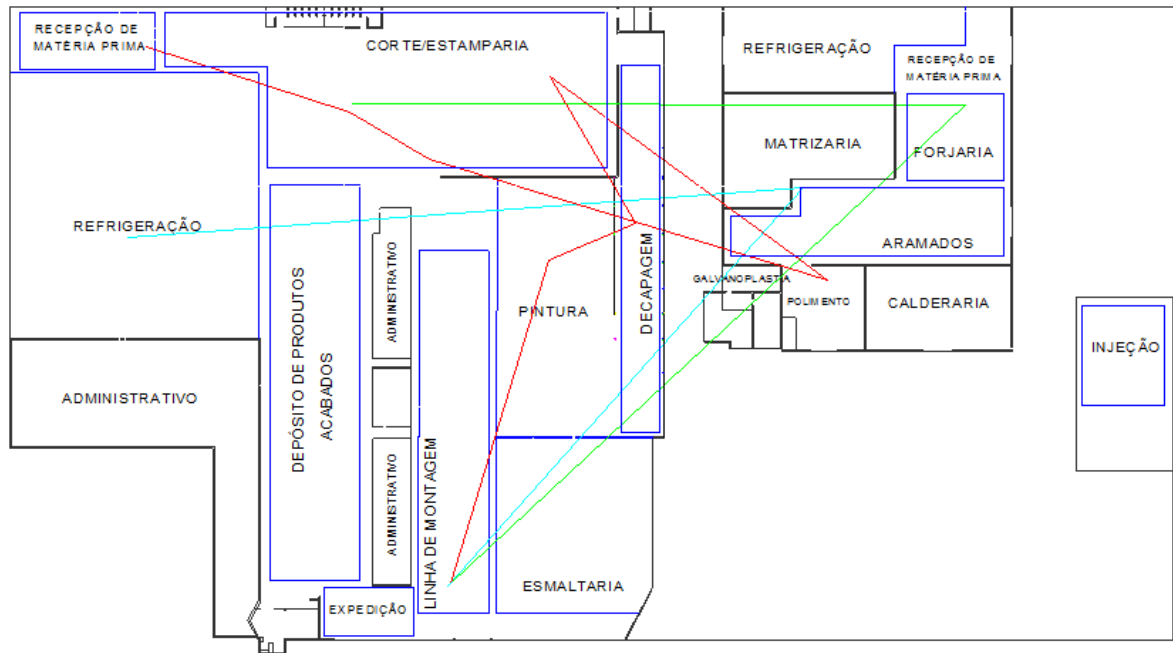
Figura 25: Diagrama de espagete dos fluxos básicos



Fonte: O autor, 2014.

Alguns subprocessos têm seus fluxos diferenciados. O subprocesso 11 inicia no setor de refrigeração, percorre toda a extensão da planta para ter sua próxima etapa executada e, após, é direcionado à linha de montagem; o subprocesso 28 inicia no setor de corte e estamparia, avança para o polimento e retorna ao setor anterior para, na sequência, passar pela decapagem, pela pintura e chegar à linha de montagem. O subprocesso 6 inicia no corte e estamparia, passa pela forjaria e vai para a linha de montagem. A figura 26 demonstra os fluxos diferenciados dos subprocessos.

Figura 26: Diagrama de espaguete dos fluxos a melhorar



Fonte: O autor, 2014.

Em todos os setores ocorre o estoque de material em processo. O meio de transporte dos materiais em processo é através de gôndolas com o auxílio de paleteiras (figura 27). Algumas operações possuem carrinhos específicos para a movimentação do material.

Figura 27: Sistemas de transporte e armazenagem



Fonte: O autor, 2014.

Embora o *mix* de produtos da empresa seja considerável, o volume de produção deste produto é elevado e, por isso, este estudo será dirigido em função do fluxo. Também se salienta que o fogão F17 possui diversos fluxos de subprocessos iguais ou similares a outros modelos de fogão produzidos pela empresa.

Frente a estas constatações passa-se ao trabalho de otimização atentando para a proposta de arranjar as utilidades.

4.4 Decisão 1 ó tipo de processo

As características de volume e variedade de produto fazem com que se tenha uma perspectiva sobre a definição do processo. A intenção é equalizar recursos com a busca de equilíbrio do sistema. A Tabela 09 abarca dados de volume e *mix* do sistema. Evidencia-se a gama de produtos operados pelo sistema: somente a linha de fogões tem 50 possibilidades de produto. Ao total, foram produzidos 95.968 produtos em 2012 e 59.387 produtos em 2013 (de janeiro a agosto). A gama de possibilidades de produto da empresa está em 148 produtos.

Tabela 9: Dados do sistema

Linha	Volume de produção		<i>mix</i> de produto
	em 2012	em 2013	
Fogões a Gás	41.142	20.151	50
Fornos	10.265	6.244	21
Refrigeradores	15.248	13.020	21
Fogões Industriais	651	738	17
Fogões a Lenha	28.662	19.234	39
TOTAL	95.968	59.387	148

Fonte: O autor, 2014.

Diante da constatação dos objetivos estratégicos da empresa, o papel da função produção abrange a implementação e o apoio da estratégia empresarial. A produção deve ser capaz de observar as necessidades de seus recursos de modo a galgar desenvolvimento para que a organização alcance seus objetivos estratégicos.

Observando as características de volume e variedade em conjunto com os objetivos estratégicos da empresa fica como orientação dessa análise a definição de processo discreto com configuração em lote.

4.5 Decisão 2 ó tipo de *layout*

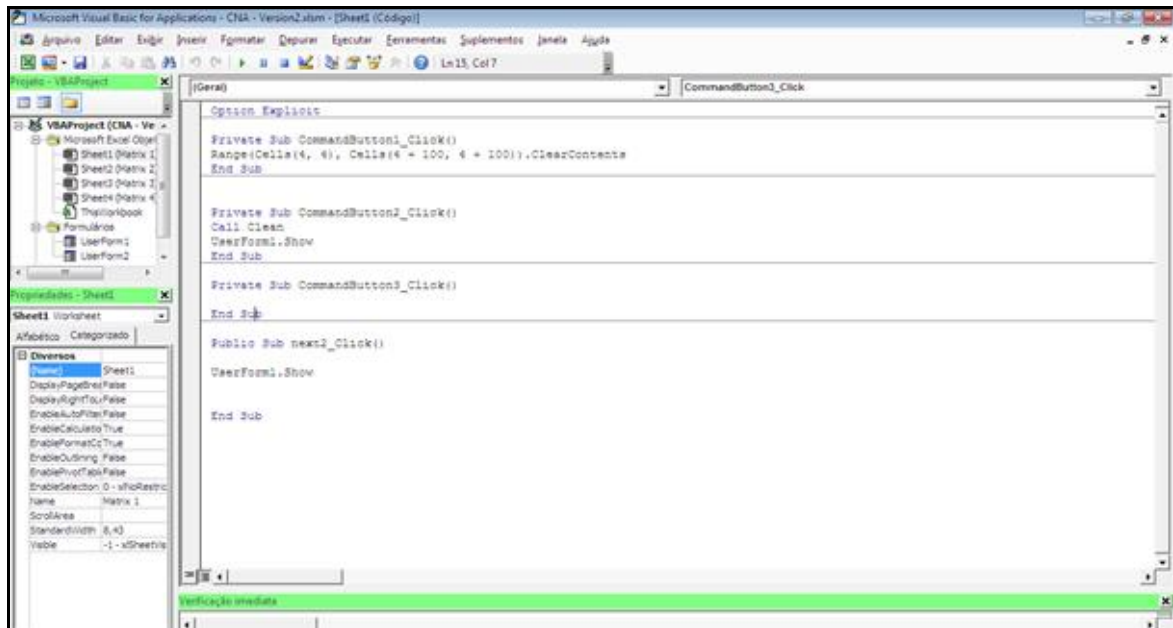
Observando os dados do sistema e atentando para os cinco objetivos de desempenho das operações produtivas (Slack *et al*, 2002): qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo, a definição sobre a forma básica do tipo de *layout* é induzida para um arranjo misto. Em síntese, alguns setores possuem demanda e também máquinas em duplicidade, isso viabiliza a configuração de uma célula de produção. Em outros trechos a configuração *job-shop* é aplicável em função de algumas operações pertencerem a diversos processos.

4.6 Decisão 3 ó detalhamento

A decisão 3 é iniciada pela aproximação das máquinas por meio do algoritmo *Close Neighbour*; esta aproximação é avaliada pelo cálculo da eficiência e em seguida o diagrama de espaguete é elaborado.

Para a AFP a implementação do algoritmo *Close Neighbour* ocorreu no ambiente de desenvolvimento do pacote *Office*, mais especificamente no *Excel*. A linguagem de programação usada foi o *Visual Basic for Applications*. Optou-se por essas ferramentas em função do *Excel* fornecer grande acessibilidade para se trabalhar com matrizes. O ambiente de programação que fornece diversos módulos, classes e opções de criação de interfaces gráficas é acessado através da janela Modo Desenvolvedor (figura 28). Através desse ambiente, que não é visível para um usuário leigo, o processo de desenvolvimento do algoritmo aconteceu.

Figura 28: Modo Desenvolvedor



Fonte: O Autor, 2014.

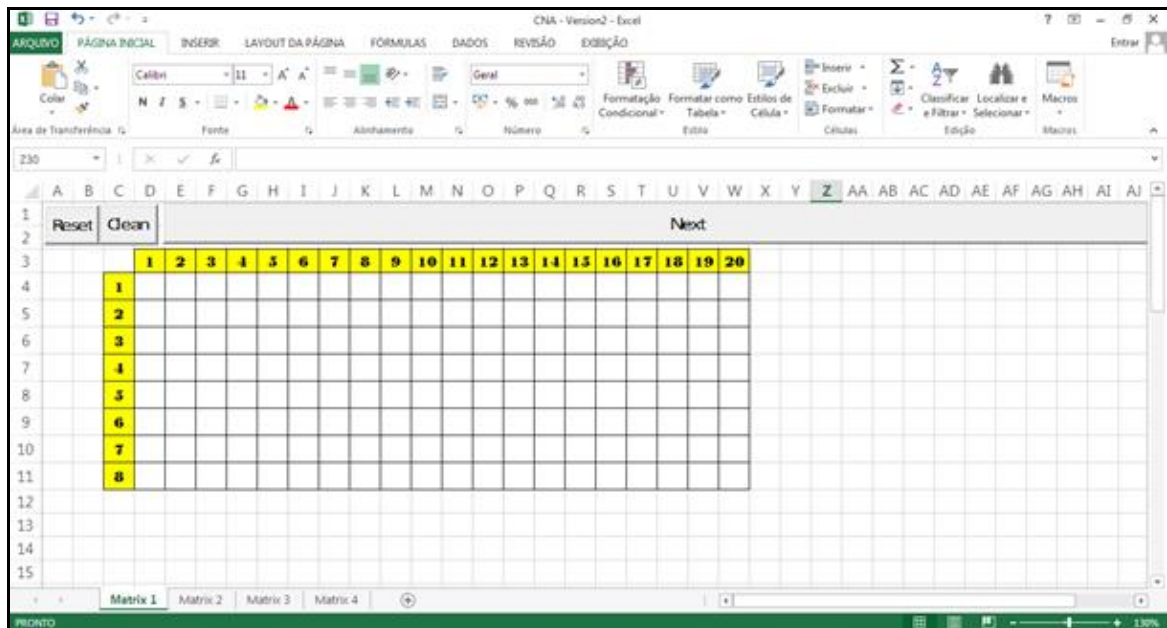
A primeira etapa foi construir uma interface gráfica onde o usuário entra com os dados relacionados à matriz de máquinas e processos (figura 29). Esses dados iniciais (número de máquinas e o número de processos) são utilizados para construir uma matriz de entrada após o botão *Next* ser pressionado.

Figura 29: Tela inicial do programa

Fonte: O Autor, 2014.

Após as informações referentes à matriz, são criadas em uma primeira planilha as células e os índices de linhas e colunas da matriz. Esta planilha está pronta para ser preenchida com \neq nos cruzamentos entre máquinas e processos (figura 30). O botão *Next* foi implementado junto à planilha para o usuário informar a conclusão do preenchimento da Matriz Inicial. Concluído o preenchimento, ao se pressionar o botão, novas abas são automaticamente criadas, cada uma sendo uma planilha, mostrando as matrizes referentes às etapas do algoritmo *Close Neighbour*. A última matriz será a matriz final do algoritmo com linhas e colunas reordenadas. Também, criou-se o botão *clean* para efetuar a limpeza dos dados inseridos e o botão *reset* com a finalidade de reiniciar os dados.

Figura 30: Matriz Inicial sem preenchimento



Fonte: O Autor, 2014.

De posse da matriz final do CNA é possível visualizar os possíveis agrupamentos que são indicados para os processos em estudo gerando o cálculo da eficiência.

O programa foi testado utilizando-se as matrizes do artigo de apresentação do algoritmo. Após a validação do programa, passou-se a trabalhar com os dados do processo. Inserindo os dados do processo em estudo no programa, o CNA gerou a matriz da figura 31, com possibilidade de análise dos fluxos.

células. Já o número de incidências total representa o somatório das ocorrências intracelulares e extracelulares da matriz.

O Ex traduz a proporção de ocorrências extracelulares da matriz e o Es corresponde a proporção de espaços utilizados no interior das células da matriz.

Tabela 10: Valores envolvidos no cálculo da eficiência

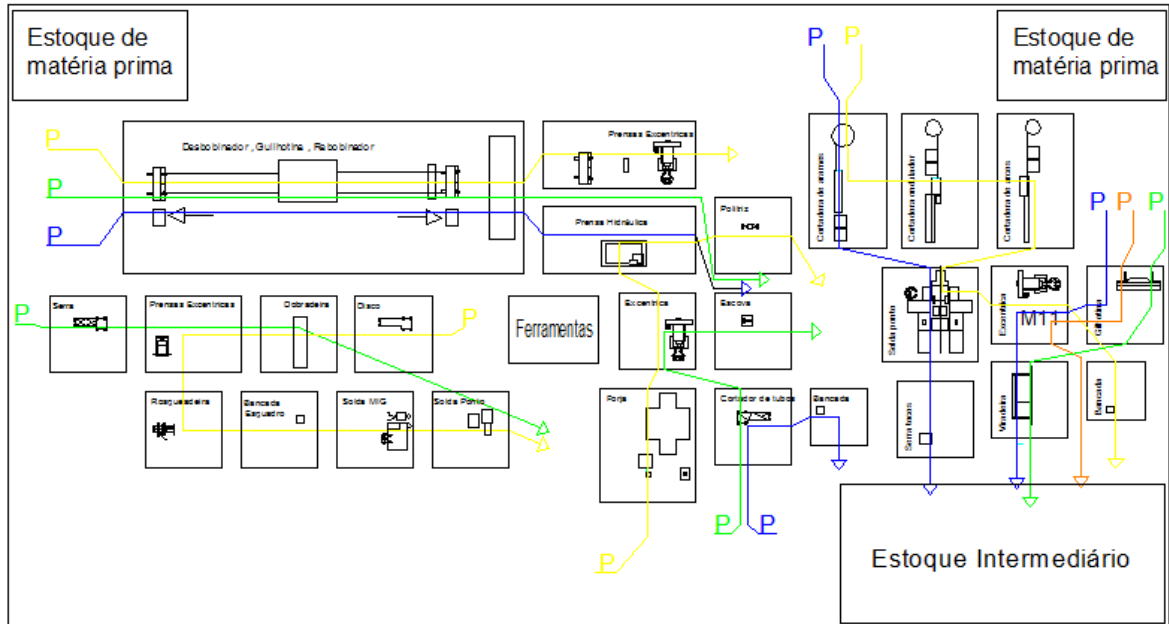
Variáveis	Formação inicial	Formação estabelecida
Número de espaços intracelulares	372	157
Número de espaços extracelulares	978	1193
Número de espaços da matriz	1350	1350
Número de incidências intracelulares	87	99
Número de incidências extracelulares	35	23
Número de incidências total	122	122
Ex = Número incidências extracelulares / Número total de incidências	0,2869	0,1885
Es = Número de espaços ocupados / Número de espaços intracelulares	0,2339	0,6305
Ge = [(1 - Ex) + Es] / 2	47,35%	72,10 %

Fonte: O Autor, 2014.

Observa-se, comparando-se as formações, que a proporção de elementos extracelulares (Ex) é superior na formação inicial, e a proporção de espaços ocupados nas células (Es) é consideravelmente menor na formação inicial.

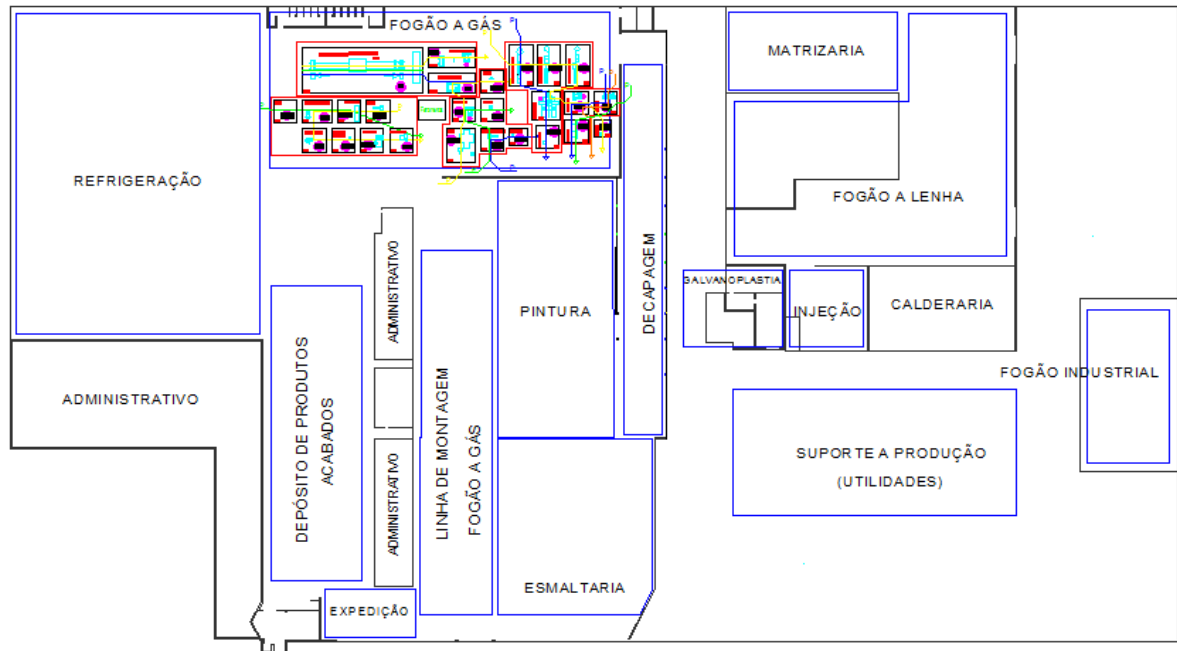
A geração do novo *layout* é indicada levando em consideração o pavilhão existente. Buscou-se a aproximação das operações de transformação e também a aproximação destas com as operações seguintes, quais sejam, as de limpeza e tratamento superficial. A figura 32 traz o diagrama de espaguete considerando a aproximação das operações. Já a figura 33 posiciona as operações dentro do *layout* da empresa considerando a setorização em função das linhas de produtos.

Figura 32: Layout do setor de produção de fogão a gás



Fonte: O Autor, 2014.

Figura 33: Layout proposto simplificado



Fonte: O Autor, 2014.

4.7 Geração de proposta de *layout*

A solução de arranjo físico levou em conta o fluxo de processos através do caminho de deslocamento dos materiais em beneficiamento. A proposição aqui apresentada trabalha com setorização por meio de processos e não prioriza a configuração em função das características dos equipamentos.

A proposta pode ser avaliada por meio da mensuração das distâncias percorridas pelos subprocessos, visto que este é o objeto de otimização do CNA. Esta avaliação é apresentada com o auxílio da tabela 11. Observe-se que para a execução dos 50 subprocessos, com 185 operações, na configuração atual, percorrem-se 8.656 metros. Já a proposição de *layout* executa todas as operações com percurso de 6.528 metros. São 2.128 metros a menos, representando redução de percurso na ordem de aproximadamente 25%.

Tabela 11: Distâncias de processo

Subprocesso	Nº de Operações	Distância Atual (m)	Distância Proposta (m)
A1	2	145	115
A2	4	153	128
A3	4	153	128
A4	5	162	112
A5	4	213	179
A6	3	218	98
A7	9	258	190
A8	4	183	150
A9	2	114	98
A10	3	137	111
A11	3	270	90
A12	3	166	98
A13	5	223	151
A14	2	145	114
A15	6	183	132
A16	4	186	184
A17	4	163	126
A18	2	145	115
A19	2	145	117
A20	2	126	96
A21	7	241	138
A22	5	194	125
A23	2	114	98
A24	2	114	98
A25	2	114	98
A26	2	116	98
A27	6	144	118
A28	7	318	243
A29	2	135	111
A30	2	114	98
A31	2	127	96
A32	6	270	196
A33	2	116	98
A34	7	237	138
A35	1	120	120
A36	3	177	98
A37	5	264	162
A38	2	145	115
A39	6	252	237
A40	3	139	98
A41	2	162	98
A42	5	204	157
A43	1	120	120
A44	7	277	237
A45	8	128	119
A46	4	214	183
A47	5	199	94
A48	4	173	165
A49	1	120	120
A50	1	120	120
Total	185	8656	6528

Fonte: O Autor, 2014.

Algumas das máquinas não são exclusivas dos processos da linha de fogão a gás e não há duplicidade delas na planta. As máquinas M1, debobinador, M5, forja, M19, cortador de arames, M20, cortador ondulado e M21, cortador de arcos, são utilizadas pelas demais linhas e, para uma avaliação mais precisa, os processos pertencentes a estas linhas devem ser avaliados e considerados.

A aproximação das operações faz com que os estoques entre as etapas do processo sejam reduzidos e também é ampliada a visão do todo; com isso, a função supervisão tende a ser favorecida.

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento dessa dissertação foi motivado pela curiosidade de trabalhar com o tema *layout* industrial por meio dos processos nele ocorridos. Este objetivo foi alcançado de modo que o estudo de caso proposto fosse efetuado observando os processos da empresa em questão.

A utilização dos conceitos de Gestão por Processos na etapa de mapeamento do processo logrou êxito e pode ser aplicado, pois com sua utilização foi possível a visualização de todo o processo dentro da planta.

Em relação aos objetivos secundários, o trabalho logrou êxito, pois as metas propostas foram atingidas.

A pesquisa bibliográfica foi elaborada com base em critérios de investigação. As plataformas abordadas respondem por grande parcela da produção científica mundial e a delimitação do tema ficou evidenciada pelas palavras-chave utilizadas na pesquisa. Comprovado fica apenas a importância do tema, já que inúmeros são os trabalhos abordando o objeto *layout*, com proposição de diversas técnicas.

O CNA foi operacionalizado na plataforma do *Office* e, em seguida, aplicado ao estudo de caso no processo de otimização de arranjo físico. Com a programação executada, a validação do programa foi feita utilizando-se a matriz de testes apresentada por Boe e Cheng. A implementação do algoritmo no *Visual Basic* e *Excel* conta com as facilidades que o *software* fornece, porém toda a metodologia do algoritmo, isto é, transformar a matriz inicial em uma matriz final com os agrupamentos, requer o uso de repetições, condições, testes e sequências, características genéricas das linguagens de programação.

Os dados do estudo de caso foram coletados e tratados por meio da função objetivo do algoritmo *Close Neighbour*. A empresa conta com o *mix* de produção bastante extenso e seus produtos possuem características de sazonalidade, tornando complexo o estudo de seus processos.

O processo de otimização foi efetuado através do cruzamento dos dados do processo com o auxílio de matrizes de incidência. As limitações de informações nessa etapa foram desafiadoras para os resultados práticos desse estudo atenderem às expectativas do meio industrial; todavia o CNA comprovou resultado, visto que a proposição de arranjo físico reduziu o percurso do processo em estudo.

A projeção de arranjo físico colabora para a redução dos percursos de produção dos itens que compõem o produto em estudo. Nessa perspectiva, os resultados apresentados

podem ser considerados expressivos quando comparados aos resultados atuais do processo do produto, porém, uma análise dos impactos das modificações propostas deve ser feita observando-se o reflexo nos demais processos do sistema.

No desenvolvimento deste estudo, algumas limitações foram observadas. A principal identificada diz respeito à informação. No contexto bibliográfico, vasto é o campo de informações sobre o tema em estudo, as pesquisas bibliográficas demonstraram que não são poucas as iniciativas de estudo abordando otimização de sistemas de produção; isso faz com que tenha-se delimitado alguns critérios de pesquisa com consequência na amplitude do campo de abrangência das informações pesquisadas.

No âmbito do estudo de campo, a informação também pode ser evidenciada como limitação. A proposta inicial era trabalhar com um número maior de produtos da empresa de modo a tornar a proposição de *layout* resultante dessa dissertação mais abrangente e próxima da realidade da empresa. Em função da quantidade de informações, não foi possível atender a essa demanda. Também a sazonalidade pode ser enquadrada nessa categoria de limitadores, uma vez que algumas informações de processamento não foram passíveis de coleta em função da coincidência do período de coleta com o período de não-produção dos produtos.

Como indicações de possibilidades de trabalhos futuros pode-se elencar a utilização de algoritmo para identificação dos agrupamentos na matriz solução do CNA de forma a buscar a maior eficiência da solução; a utilização de métodos de análise multicritério para as decisões sobre os processos incluindo fatores de ergonomia e segurança no estudo de *layout*, ampliação do número de produtos em estudo, de modo a atingir com maior efetividade o meio industrial e considerar a análise de volume de produção.

REFERÊNCIAS

- ABPMP, *Association of Business Process Management Professionals. Business Process Management Common Body of Knowledge (BPM CBOK®)*, versão 2.0 ó Terceira liberação em português. <http://www.romulocezar.com.br/wp-content/uploads/2012/08/cbok_v2.0_portuguese_edition_-_thrid_release.pdf>. Acesso em 12 fev. 2014.
- ADAMS, M. *Management 2.0: managing the growing intangible side of your business. Business Strategy Series*, v. 9 n. 4, pp. 190-200, 2008.
- ALBERTIN, M.; GOMES, L.; ROMEU, N. S. Aplicação de uma metodologia de otimização de *layout* para organização industrial de uma empresa metalúrgica em expansão. **XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Porto Alegre, RS, Brasil, 29 de outubro a 01 de setembro de 2008.
- ARAÚJO, L. C. G.; GARCIA, A. A.; MARTINES, S. **Gestão de Processos: Melhores Resultados e Excelência Organizacional**. São Paulo: Atlas, 2011.
- BARBARÁ, Saulo; ROSA, Edimilson J. **Gestão Baseada em Processos**. Portal P2HE. Disponível em: <http://www.p2he.com.br/artigos/gestao_baseada_processos.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2015.
- BATAGLIN, L. M. C.; BASÍLIO, T. L.; VIEIRA, J. G. V.; ROSSETTI, N. Avaliação de arranjo físico e custos logísticos na transferência de maquinário em uma unidade fabril. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v. 3, n. 2, p. 300-308, Jan./Jun. 2013.
- BENEVIDES, Eder. **Diagrama de Espaguete**. Portal administradores.com. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/diagrama-de-espaguete/69434/>>. Acesso em: 13 jan. 2015.
- BICALHO JUNIOR, F. L.; TOLEDO, R. H. C.; ARAÚJO, A. D.; VIEIRA, J. G. V. Estudo do Arranjo Físico de uma Panificadora, **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008.
- BOE, W.; CHENG, C. H. *A Close Neighbour Algorithm for designing cellular manufacturing Systems. International Journal of Production Research*, v. 29, n.10, 1991. pp.2097-2116.
- CANDELORO, Raul. **Matriz de Priorização**. Portal administradores.com. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/negocios/matriz-de-priorizacao/25080/>>. Acesso em: 13 jan. 2015.
- CARMELI, A.; TISHLER, A. *The relationships between intangible organisational elements and organisational performance. Strategic Management Journal*, v. 25 n. 13, pp. 1257-78, 2004.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 5.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

CORMACK, K., DESCHOOLMEESTER, D., WILLEMS, J., WILLAERT, P., STEMBERGER, M.I., SKRINJAR, R., TRKMAN, P., LADEIRA, M.B., VALADARES, D.E., OLIVIERA, M.P., BOSILJ, V. V., VLAHOVIC, N. *A global investigation of key turning points in business process maturity*. **Business Process Management Journal**, v. 15 n. 5, pp. 792-815, 2009.

DALMAS, Volnei. **Avaliação de um layout celular implementado**: Um estudo de caso em uma indústria de autopeças. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Porto Alegre, 2004.

DAVIS, M.; AQUILANO, N.; CHASE, R. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

DAUM, J. H. *Intangible Assets and Value Creation*, Wiley, Chichester, 2002.

FOGLIATO, Flávio Sanson; NARA, Elpidio Oscar Benitez. **Processos, Programação, Planejamento e Controle da Produção**. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul/ Departamento de Engenharia, 2013.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Cengage Learning, 2002.

GIANFÁBIO. **Matriz de Priorização**. Blog Gestão da Qualidade. Disponível em: <<http://gestaodaqualidade-gianfabio.blogspot.com.br/2010/03/matriz-de-priorizacao.html>>. Acesso em: 13 jan. 2015.

GIL, Antonio Carlos. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Atlas, 1999.

GONÇALVES, José Ernesto Lima. As Empresas São Grandes Coleções de Processos. **RAE** ó Revista de Administração de Empresas. São Paulo, v. 40, nº 1, p.6-19, jan./mar. 2000.

_____. Processo, que Processo? **RAE** ó Revista de Administração de Empresas. São Paulo, v. 40, n. 4, p.8-19, out./dez. 2000.

GORGULHO JUNIOR, José Hamilton Chaves. **Desenvolvimento e aplicação do algoritmo de inferência reversa fuzzy para problemas de obtenção de similaridades em tecnologia de grupo**. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá/Departamento de Produção da Escola de Engenharia, 1998.

KIPPER, Liane Mahlmann; NARA, Elpidio Oscar Benitez. **Gestão de Processos**. Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul/ Departamento de Engenharia, 2013.

KONAKA, Abdullah; KULTUREL-KONAK, Sadan; NORMANC, Bryan A.; SMITHD, Alice E. *A new mixed integer programming formulation for facility layout design using flexible bays*. **Operations Research Letters**, v. 34, p. 660-672, 2006.

KULTUREL-KONAK, Sadan; KONAKB, Abdullah. Linear Programming Based Genetic Algorithm for the Unequal Area Facility Layout Problem. *International Journal of Production Research*, v. 51, p. 4302-4324, 2013.

LAURINDO, J. B. Fernando; ROTONDARO, G. Roberto. **Gestão integrada de processos e da Tecnologia da Informação**. São Paulo: Atlas, 2006.

LEAL, F. **Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2003.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **O que é o Lean Thinking**. Disponível em: <http://www.lean.org.br/o_que_e.aspx>. Acesso: 19 out. 2014.

LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MARTINS, V. C.; COELHO, L. S.; CÂNDIDO, M. A. B.; PACHECO, R. F. Otimização de Layouts Industriais com base em Busca Tabu. *Gestão & Produção*, v.10, n.1, p.69-88, abr. 2003.

MICROSOFT. *How to automate Microsoft Excel from Visual Basic .NET*. <<http://support.microsoft.com/kb/301982/pt-br>>. Acesso em 20 set. 2014.

MONDEN, Yasuhiro. **Produção sem estoques: uma Abordagem Prática ao Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: Imam, 1984.

MOREIRA, Carlos Eduardo. **Aplicação do Lean Manufacturing em Empresa Metalúrgica Fabricante de Componentes Metálicos para o Ramo da Construção Civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) ó Universidade Metodista de Piracicaba ó UNIMEP, Santa Barbara D'Oeste, 2013.

MÜLLER, Viviane. **Otmização de Layouts Industriais através do Método Enxame de Partículas**. Dissertação (Mestrado em Sistemas e Processos Industriais) - Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, Santa Cruz do Sul, 2007.

NAPIERALA, Hieronim. Otimização do Arranjo Físico do Sistema Produtivo por Processo Através do *Simulated Annealing*. *Ciências Sociais Aplicadas em Revistas*, v 10, n 2, p. 59 a 69, 2010.

NEUMANN, Clóvis. **Gestão de Sistemas de Produção e Operações: Produtividade, Lucratividade e Competitividade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

OMG, *Object Management Group*. **Business Process Model and Notation (BPMN), version 2.0**. <<http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>>. Acesso em 12 fev.2014.

PAPAIOANNOU, G.; WILSON, J. M. *The evolution of cell formation problem methodologies based on recent studies (1997ó2008): Review and directions for future research*. *European Journal of Operational Research*. v. 206, p. 509-521, 2010.

PELLEGRINI, F. R.; FOGLIATTO, F. S. Estudo comparativo entre os modelos de Winters e de box-jenkins para previsão de Demanda sazonal. **Revista produto e produção**, Porto Alegre, RS, v. 4, número especial, p.72-85, abril de 2001.

PRADELA, S.; FURTADO, J. C.; KIPPER, L. M. **Gestão de Processos: Da Teoria à Prática**. São Paulo: Atlas, 2012.

SILVA, ANTÔNIO. **Programação em VBA: Texto Introdutório**, versão 3. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto/Departamento de Engenharia Informática, 2009.

SANTOS, Antônio Raimundo. **Métodologia Científica: A construção de conhecimento**. 6 ed. Rio de Janeiro: DP&A., 2004.

SILVA, Alessandro Lucas da; RENTES, Antonio Freitas. Tornando o Layout Enxuto com Base no Conceito de Mini-Fábricas Num Ambiente de Multiprodutos: Um Estudo de Caso. **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Curitiba, PR, Brasil, 23 a 25 de outubro de 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TOMELIN, M.; COLMENERO, J. C. Método para definição de *layout* em sistemas *job-shop* baseado em dados históricos. **Produção**, v. 20, n. 2, abr./jun. 2010, p. 274-289.

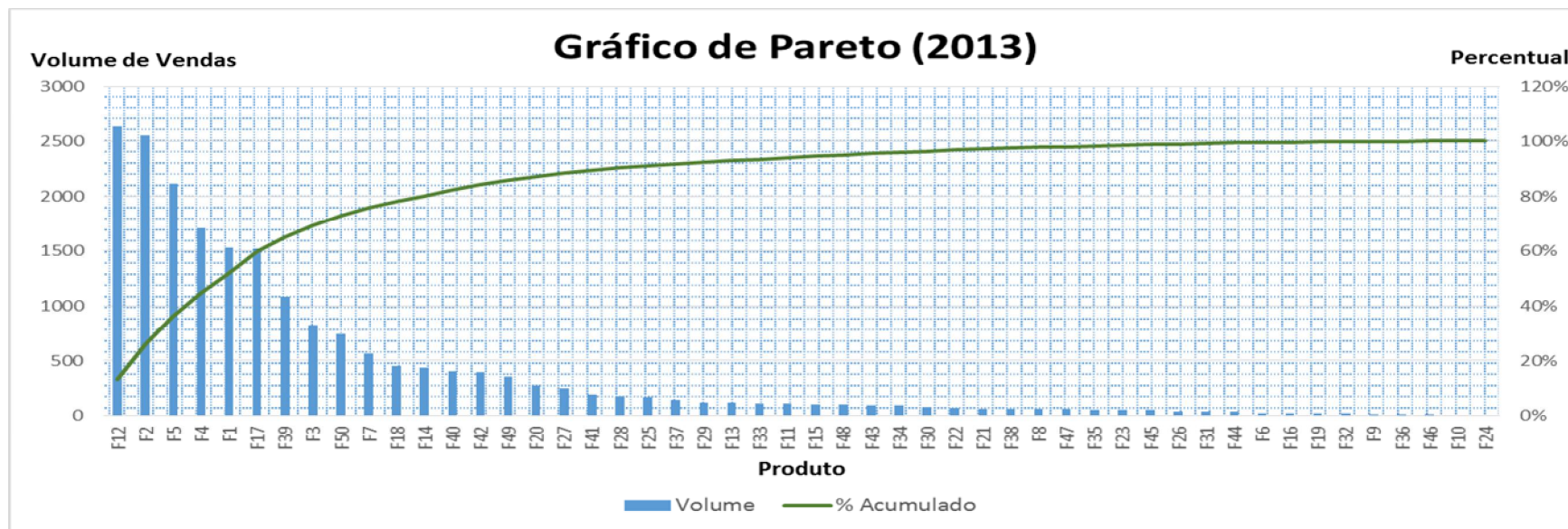
WU, Xiao Bing. **Programação da Produção e Transporte em Sistemas Flexíveis de Manufatura**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 1995.

ZABALETA, João Pedro L. **Matriz de Priorização: uma ferramenta para estabelecer prioridades**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002.

APÊNDICE A ó Análise do volume de produção no ano de 2013

Item	Produto	Volume de vendas	Percentual	Percentual Acumulado	Classificação
1	F12	2629	13,0%	13%	A
2	F2	2549	12,6%	26%	A
3	F5	2112	10,5%	36%	A
4	F4	1705	8,5%	45%	A
5	F1	1528	7,6%	52%	A
6	F17	1522	7,6%	60%	A
7	F39	1085	5,4%	65%	A
8	F3	828	4,1%	69%	A
9	F50	739	3,7%	73%	A
10	F7	565	2,8%	76%	A
11	F18	450	2,2%	78%	A
12	F14	438	2,2%	80%	A
13	F40	401	2,0%	82%	B
14	F42	395	2,0%	84%	B
15	F49	357	1,8%	86%	B
16	F20	271	1,3%	87%	B
17	F27	249	1,2%	88%	B
18	F41	190	0,9%	89%	B
19	F28	173	0,9%	90%	B
20	F25	165	0,8%	91%	B
21	F37	141	0,7%	92%	B
22	F29	118	0,6%	92%	B
23	F13	115	0,6%	93%	B
24	F33	111	0,6%	93%	B
25	F11	110	0,5%	94%	B
26	F15	105	0,5%	95%	B

Item	Produto	Volume de vendas	Percentual	Percentual Acumulado	Classificação
27	F48	105	0,5%	95%	B
28	F43	97	0,5%	96%	C
29	F34	95	0,5%	96%	C
30	F30	75	0,4%	96%	C
31	F22	72	0,4%	97%	C
32	F21	65	0,3%	97%	C
33	F38	65	0,3%	97%	C
34	F8	63	0,3%	98%	C
35	F47	60	0,3%	98%	C
36	F35	55	0,3%	98%	C
37	F23	50	0,2%	99%	C
38	F45	50	0,2%	99%	C
39	F26	40	0,2%	99%	C
40	F31	40	0,2%	99%	C
41	F44	35	0,2%	99%	C
42	F6	25	0,1%	99%	C
43	F16	25	0,1%	100%	C
44	F19	24	0,1%	100%	C
45	F32	17	0,1%	100%	C
46	F9	16	0,1%	100%	C
47	F36	16	0,1%	100%	C
48	F46	10	0,0%	100%	C
49	F10	0	0,0%	100%	C
50	F24	0	0,0%	100%	C
	Total	20151			



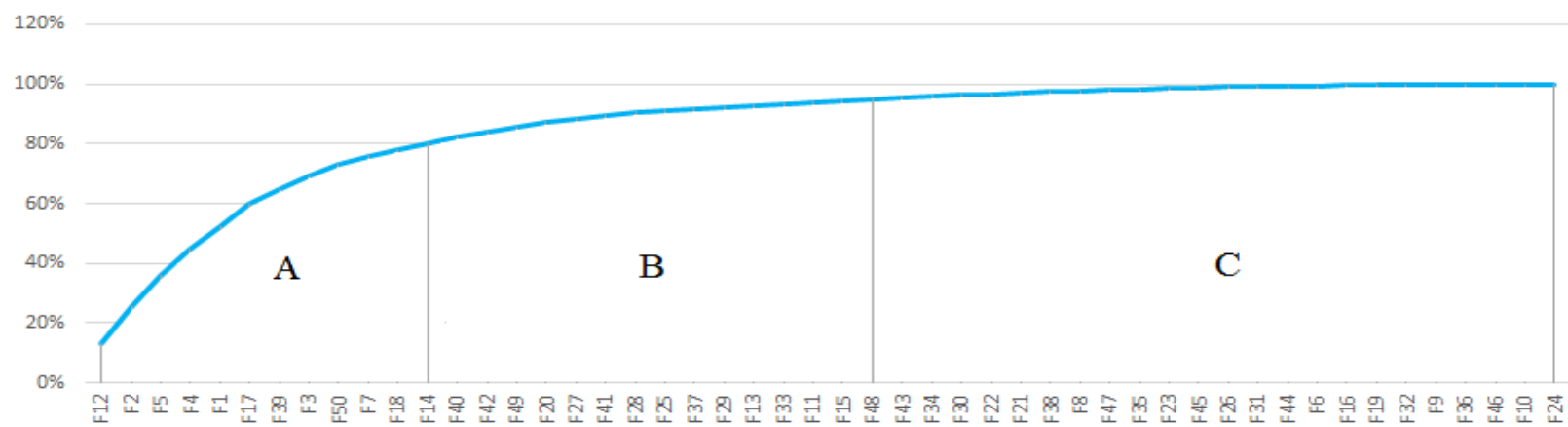
CLASSIFICAÇÃO ABC

CLASSE A ó 12 Produtos

CLASSE B ó 15 Produtos

CLASSE C ó 23 Produtos

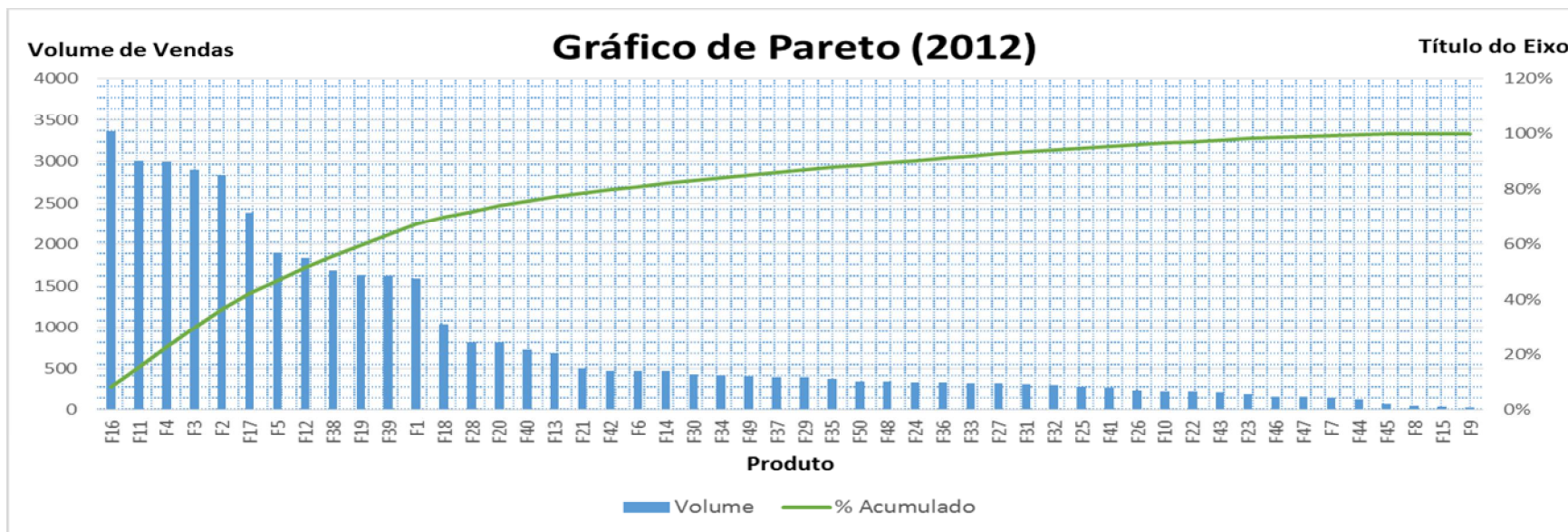
Curva ABC - Volume de Vendas (2013)



APÊNDICE B ó Análise do volume de produção no ano de 2012

Item	Produto	Volume de vendas	Percentual	Percentual Acumulado	Classificação
1	F16	3366	8%	8%	A
2	F11	3007	7%	15%	A
3	F4	3000	7%	23%	A
4	F3	2900	7%	30%	A
5	F2	2832	7%	37%	A
6	F17	2388	6%	43%	A
7	F5	1900	5%	47%	A
8	F12	1833	4%	52%	A
9	F38	1683	4%	56%	A
10	F19	1632	4%	60%	A
11	F39	1617	4%	64%	A
12	F1	1587	4%	67%	A
13	F18	1041	3%	70%	A
14	F28	816	2%	72%	A
15	F20	812	2%	74%	A
16	F40	731	2%	76%	A
17	F13	686	2%	77%	A
18	F21	503	1%	79%	A
19	F42	474	1%	80%	A
20	F6	465	1%	81%	B
21	F14	465	1%	82%	B
22	F30	430	1%	83%	B
23	F34	419	1%	84%	B
24	F49	407	1%	85%	B
25	F37	398	1%	86%	B
26	F29	391	1%	87%	B

Item	Produto	Volume de vendas	Percentual	Percentual Acumulado	Classificação
27	F35	370	1%	88%	B
28	F50	346	1%	89%	B
29	F48	336	1%	90%	B
30	F24	329	1%	90%	B
31	F36	328	1%	91%	B
32	F33	322	1%	92%	B
33	F27	315	1%	93%	B
34	F31	307	1%	93%	B
35	F32	301	1%	94%	B
36	F25	280	1%	95%	B
37	F41	261	1%	95%	B
38	F26	238	1%	96%	C
39	F10	220	1%	97%	C
40	F22	220	1%	97%	C
41	F43	217	1%	98%	C
42	F23	191	0%	98%	C
43	F46	161	0%	99%	C
44	F47	158	0%	99%	C
45	F7	151	0%	99%	C
46	F44	123	0%	100%	C
47	F45	70	0%	100%	C
48	F8	53	0%	100%	C
49	F15	37	0%	100%	C
50	F9	25	0%	100%	C
	Total	41142			



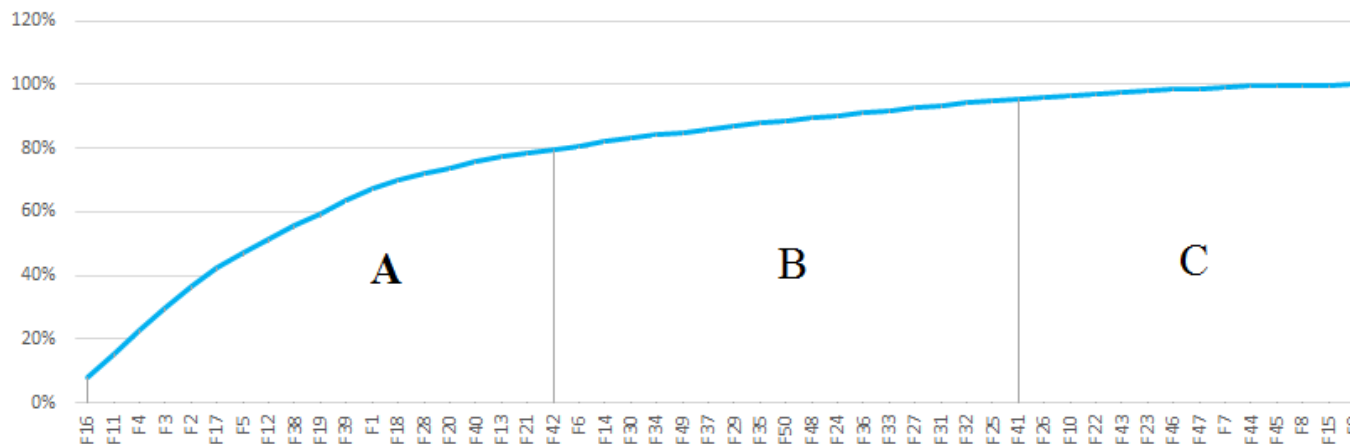
CLASSIFICAÇÃO ABC

CLASSE A ó 19 Produtos

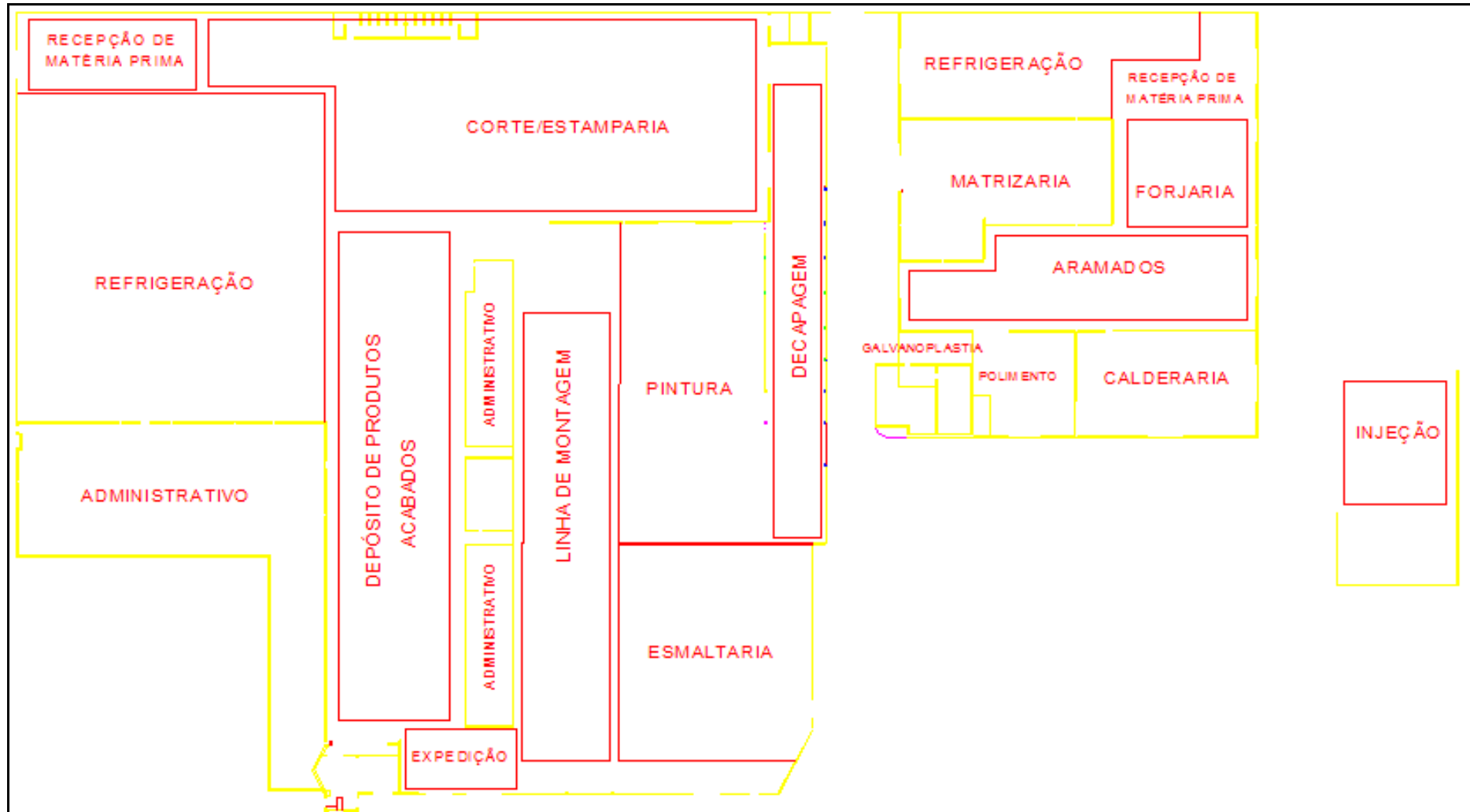
CLASSE B ó 18 Produtos

CLASSE C ó 13 Produtos

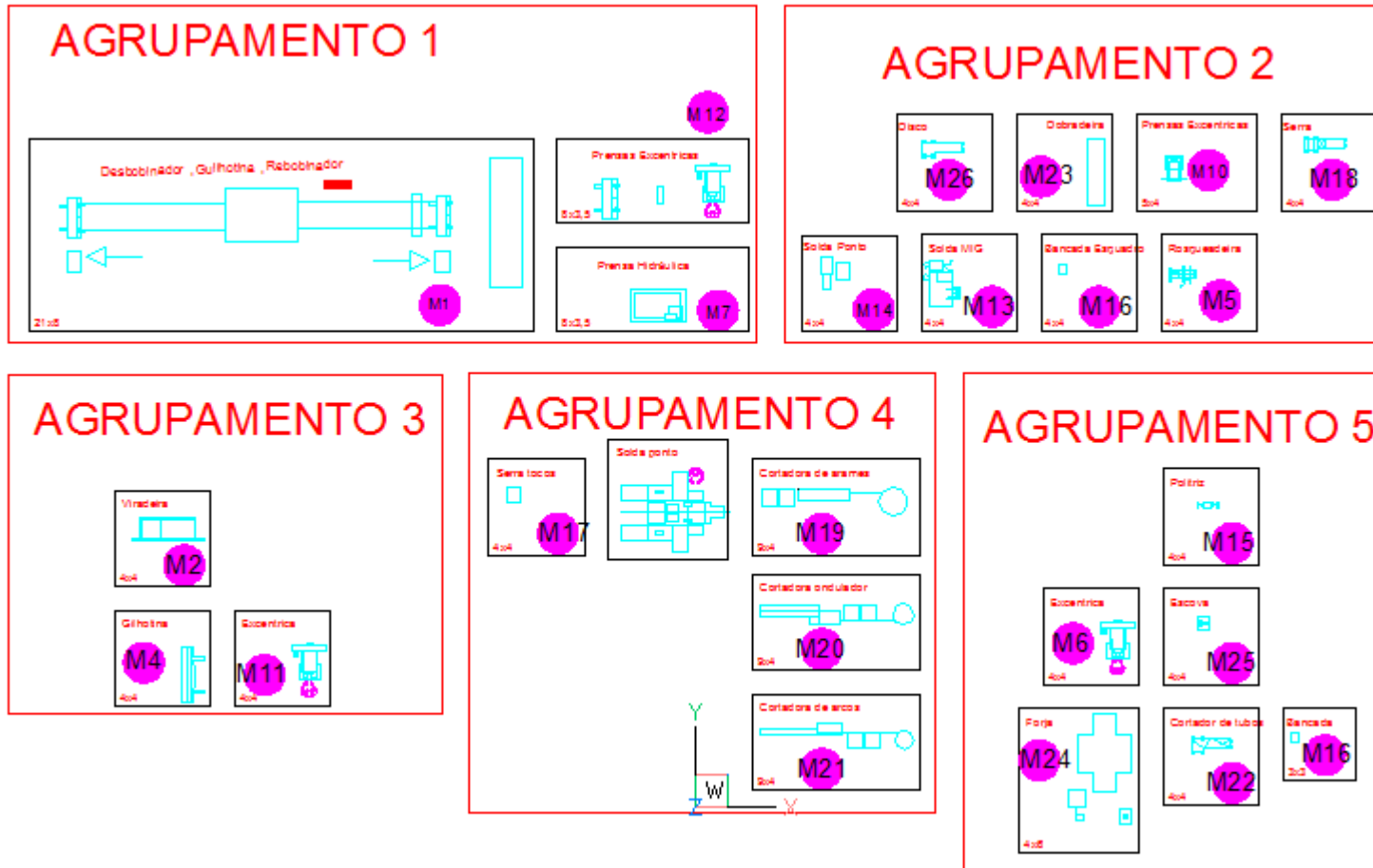
Curva ABC - Volume de Vendas (2012)



APÊNCICE C - Imagem do produto resultante do processo em estudo

APÊNDICE E ó planta baixa da empresa com identificação dos setores

APÊNCICE H ó Células de produção



APÊNDICE I ó Fluxos dominantes nas células de produção

