

Systematic Layout Planning (SLP) e Analytic Hierarchy Process (AHP) para o planejamento do layout: estudo de caso em uma empresa de embalagens flexíveis

Lucas Goecks¹, Taciana Mareth², Andre L. Korzenowski^{1,2}, Jorge André Ribas Moraes^{3,4} & Elpidio Oscar Benitez Nara^{3,5}

¹ – PPG em Engenharia de Produção e Sistemas / Unisinos

² – PPG em Ciências Contábeis / UNISINOS

³ – Depto. de Engenharias / UNISC

⁴ – PPG em Tecnologia Ambiental / UNISC

⁵ – PPG em Sistemas e Processos Industriais / UNISC

Resumo

Este estudo teve como objetivo analisar a contribuição do *Systematic Layout Planning* (SLP) e da *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para o planejamento do layout em uma empresa de embalagens flexíveis. O desenvolvimento foi por meio de um estudo técnico baseado em ferramentas para planejamento SLP, apresentando possibilidades de *layouts*, e, por métodos multicritérios para a tomada de decisão, selecionando a melhor proposta através do estudo do AHP. Os resultados mostram que o *layout* 4 é o que melhor atende as necessidades da empresa em análise. O *layout* 2 obteve resultado aproximado ao citado anteriormente e, por esta razão, é possível aplicá-lo também. Já, os *layouts* 5 e 1, por possuírem um fluxo de materiais muito longo, demonstraram resultados inferiores, pois não atendem os critérios pré-estabelecidos.

Palavras-chave: *Systematic Layout Planning, Analytic Hierarchy Process, Layout.*

Abstract

The aim of this study was to analyze the contribution of Systematic Layout Planning (SLP) and Analytic Hierarchy Process (AHP) for layout planning in a flexible packaging company. The development was through a technical study based on tools for SLP planning, presenting possibilities of layouts, and, by multi-criteria methods for decision making, selecting the best proposal through the AHP study. The results show that layout 4 is the one that best meets the needs of the company under analysis. Layout 2 has obtained an approximate result to the one mentioned above and, for this reason, it is possible to apply it as well. Layouts 5 and 1 have a very long flow of materials and have shown inferior results, since they do not meet the pre-established criteria.

Keywords: Systematic Layout Planning, Analytic Hierarchy Process, Layout.

1 Introdução

O planejamento do *layout* é um importante problema prático para as empresas de fabricação. Nas atuais condições do mercado, caracterizadas pela constante mudança do portfólio de produtos e o encurtamento dos ciclos de vida deste, é necessária uma reconfiguração frequente do *layout*, para a empresa continuar a ser competitiva (Gyulai et al., 2016). Devido ao importante significado de reduzir os custos de produção, o planejamento de *layout* de instalação é estudado a muitos anos (Liu et al., 2017). O *layout* de instalações deve respeitar todas as restrições de projeto, ou seja, os limites do local e suas capacidades, para que assim possa ser considerado viável (Hammad et al., 2017). Se a organização possibilita antecipar uma análise, com certeza esta irá optar pelo modelo que melhor se adequa às suas características. Tortorella & Fogliatto (2008) mencionam que a importância da distribuição física de um processo é reforçada pelas consequências a longo prazo das decisões e do custo de se projetar novamente a planta fabril. Desta maneira, um *layout* inicial correto é fundamental para o sucesso operacional da organização.

A tomada de decisões é uma importante atividade humana, independentemente de atividades diárias, profissionais ou políticas. Os problemas de decisão, em geral, envolverão vários pontos de vista conflitantes (critérios) que devem ser levados em consideração conjuntamente, para chegar a uma decisão razoável (Govindan & Jepsen, 2016). O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é um método estrutural e hierárquico de análise quantitativa. Embora tenha sido utilizado em campos sociais e econômicos, existem muitas outras aplicações para esta ferramenta, como o planejamento de *layout* (Li et al., 2016). O *Systematic Layout Planning* (SLP) é um método que, a

partir do fluxo de materiais e da inter-relação entre as atividades, sistematiza uma lógica para o planejamento de *layouts*.

O objetivo do presente estudo é analisar a contribuição do SLP e do AHP para o planejamento do layout em uma empresa de embalagens flexíveis. Contribui para o setor empresarial apresentando o sequenciamento de uma ferramenta de gestão/planejamento e uma de tomada de decisão para a elaboração de *layouts*. O desenvolvimento foi por meio de um estudo técnico baseado na ferramenta para planejamento SLP, apresentando possibilidades de *layouts*, e, por métodos multicritérios para a tomada de decisão, selecionando a melhor proposta através do estudo do AHP.

2 Planejamento de *layout*

O objetivo de se planejar o *layout* é permitir a fabricação de produtos nas quantidades, volumes e variedades necessárias e, além disso, utilizar de forma eficaz a mão de obra, o espaço e a infraestrutura (Matusek, 2012). O que ajuda a otimizar a capacidade do processo é o planejamento das instalações, melhorando o tempo de produção, a produtividade e a eficiência (Drira et al., 2007). O *layout* é o trabalho ou o plano de instalação (máquinas, ferramentas, dispositivos, etc.) requerido para o processo de produção; é a disposição de empregados, materiais, máquinas e outros suportes de fabricação e instalações para criar o arranjo físico ideal. O *layout* deve ser planejado com cuidado, a fim de atender a requisitos para as demandas de produção e processo. O planejamento do *layout* é a base fundamental das plantas industriais e pode influenciar diretamente na eficiência do trabalho (Watanapa et al., 2011). Várias alternativas de projeto de *layout* podem ser planejadas considerando múltiplas soluções de arranjos físicos das instalações de fabricação, que conduzem a diferentes vantagens e desvantagens uma sobre a outra. A decisão para a seleção adequada de um *layout* torna-se agora mais complexa devido ao envolvimento de vários critérios conflitantes (Karande & Chakraborty, 2014). Desta forma, a utilização de uma ferramenta para a elaboração de alternativas (SLP) associada a um método multicriterial de tomada de decisão (AHP) pode contribuir na escolha do *layout* mais adequado a uma dada organização.

2.1 Systematic Layout Planning

O *Systematic Layout Planning* (SLP) é uma abordagem processual de projeto de *layout*, onde a metodologia envolvida na execução é relativamente simples; porém, é uma ferramenta comprovada na prestação de guia no projeto de arranjos físicos nas últimas décadas (Yang et al., 2000). O Sistema SLP é uma coordenação de projetos de *layout*. Consiste de uma estruturação de fases, de um modelo de procedimentos e de uma série de dados para identificação, avaliação e visualização das áreas e elementos envolvidos no planejamento. O fluxo de materiais, por exemplo, é um fator determinante para o arranjo físico muitas vezes (Muther, 1978). O método pode ser definido como um fluxograma de processos, inter-relacionando as atividades de acordo com as necessidades de proximidades/afastamento e o fluxo a ser seguido; sendo assim uma sistematização lógica no planejamento de *layout*. A metodologia para a implantação é dividida em: diagrama de relação de atividades e diagrama adimensional de blocos.

O diagrama de relação de atividades, também chamado de diagrama de análise de afinidades, mostra as relações de cada setor com qualquer outro departamento ou área. Respondendo a seguinte pergunta: Qual é a importância deste setor estar próximo de outra instalação de serviço? Este questionamento necessita ser realizado de forma imprescindível. Para se elaborar a importância da proximidade, este questionamento deve ser elaborado com o consentimento de várias pessoas que tenham amplo conhecimento da planta fabril (Meyers & Stephens, 2005). O Diagrama de relação de atividades é uma matriz triangular onde se apresenta o grau de proximidade entre uma certa atividade em relação a outras (Muther, 1978). Cada par de departamento representa uma classe específica de adjacência, subdivididos em, A (Absolutamente necessário), E (especialmente necessário), I (importante), O (Pouco importante), U (desprezível) e X (indesejável) (De Carlo et al., 2013).

Uma etapa intermediária é a planilha de relação de atividades que serve para facilitar o entendimento do diagrama de relação de atividades/setores, obtendo através dela os dados básicos

para a elaboração do diagrama adimensional de blocos. A planilha de relação de atividades apresenta os mesmos valores obtidos no diagrama de relação de atividades, é uma transcrição de dados (Meyers & Stephens, 2005). Representa a primeira tentativa de distribuição e resultado da planilha de relação de atividades. Mesmo que essa distribuição seja adimensional, será a base para o plano de distribuição principal e desenho do projeto. Uma vez que se tenha determinado o tamanho de cada setor, se distribuirá os espaços para cada atividade por meio da distribuição do diagrama adimensional de blocos (Meyers & Stephens, 2005).

O diagrama de blocos é o método mais simples para se representar um processo. Consiste em que cada atividade se encerra com um retângulo, após este se conecta com outro indicando o fluxo do material por flechas. Na representação do *layout* costuma-se se iniciar pela parte superior direita da folha (Urbina, 2001). Após se realiza a análise de fluxo do diagrama, tendo como conceito demonstrar o caminho percorrido pelos materiais nos setores distribuídos. Esta análise garantirá que as relações importantes se mantenham e que a distribuição elaborada tenha sentido; propiciando um fluxo correto do material, evitando que este ultrapasse vários setores (Meyers & Stephens, 2005).

2.2 Analytic Hierarchy Process

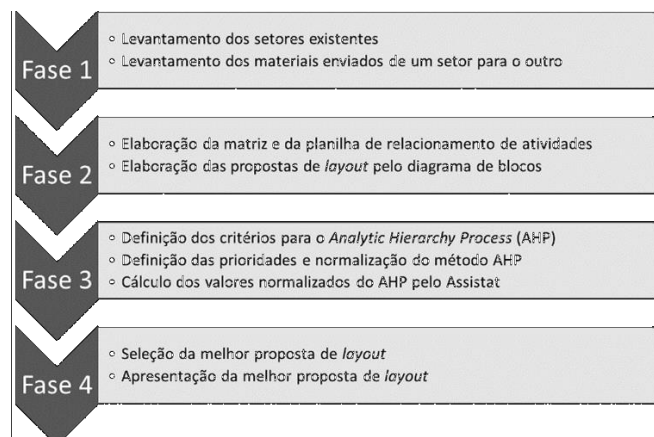
Talvez a tarefa mais criativa em tomar uma decisão é escolher os fatores que são importantes para essa decisão. No *Analytic Hierarchy Process* (AHP), esses fatores, uma vez selecionados, são organizados em uma estrutura hierárquica que desce de um objetivo geral para critérios, subcritérios e alternativas em níveis sucessivos (Saaty, 1990). O AHP propicia uma maior simplicidade na modelagem do processo de decisão (Ehrlich, 1996.). É um método que aplica a matemática para processar as preferências dos indivíduos ou grupos decisores. Este método sugere a elaboração de hierarquias para se fazerem julgamentos. Os critérios de avaliação são mensurados em diferentes escalas (Colin, 2007). Gosende (2016) destaca que o AHP é uma das ferramentas *Multiple-criteria decision-making* (MCDM) mais utilizadas na avaliação de *layouts*. Na valorização da importância dos critérios, utiliza-se a escala de nove pontos de Saaty.

De acordo com Costa (2006) e Tortorella & Fogliatto (2008), o método AHP está fundamentado em três princípios de pensamento analítico. Mas conforme Colin (2007), para facilitar o entendimento, a aplicação do método AHP pode ser dividido em quatro partes: 1) representação hierárquica, elaboração da hierarquia de decisão em relação aos vários níveis de elementos inter-relacionados; 2) comparação por pares, avaliação das preferências em relação a cada elemento de decisão em um determinado nível da hierarquia; 3) método do autovalor, para estimar os pesos relativos dos elementos decisórios em um determinado nível e avaliar a coerência das preferências estipuladas nas comparações por pares; 4) agregação das propriedades, modo de avaliar o resultado referente ao objetivo. Detalhes sobre os procedimentos de cálculo podem ser obtidos em Campos (2008).

3 Materiais e Métodos

O estudo de caso foi realizado em uma empresa de embalagens flexíveis. Coletaram-se dados (tempos e fluxo de materiais entre setores) do processo produtivo no sistema da empresa para elaborar a proposta de *layout*. Além disso, foram questionados os gestores das áreas para compreensão da inter-relação entre as atividades. A figura 1 apresenta as 4 fases do fluxo global do modelo.

Figura 1 – Fluxo global do modelo proposto



Na fase 1 tem-se o levantamento dos setores/processos produtivos da empresa, que foram inseridos na proposta de *layout*. Em seguida, a partir dos materiais consumidos nos processos produtivos, identificaram-se as porcentagens de material enviado para diferentes setores do processo produtivo da empresa em análise.

Na fase 2 inicia-se a execução da ferramenta *Systematic Layout Planning* (SLP). Primeiramente, elaborou-se a matriz de relacionamento de setores, auxiliada pela planilha de relacionamento, para facilitar o entendimento durante o processo. Posteriormente, a disposição das áreas foi identificada de acordo com a importância de proximidade. Este último processo ocorreu pela distribuição adimensional de blocos e, para facilitar a análise desta etapa, definiram-se também os blocos conforme os tamanhos aproximados de cada setor.

Na fase 3 definiram-se os critérios para auxiliar na tomada de decisão para a escolha da melhor proposta de *layout* planejada, conforme o sistema SLP. Os valores mensurados foram transmitidos em relação ao seu grau de importância comparando um com o outro, proposta com proposta e critério com critério. Após definir cada atributo de projeto a ser executado, estipulou-se o grau de importância, de acordo com a escala fundamental de Saaty, para comparar critério a critério (GOSENDE, 2016). Estas comparações são definidas através da medição da distância entre setores e da avaliação de possibilidade de ampliação em relação ao espaço atual. Cada peso está expresso conforme a tabela de valores para análise do projeto da nova planta fabril da empresa. Com a equipe de planejamento, pode-se definir o quão cada critério é mais importante que o outro, qual a distância percorrida da matéria prima até o produto final e quais das propostas permitem a ampliação do número de máquinas para elevar a capacidade produtiva, ou novas linhas de produto. Os valores definidos nesta fase serviram para comparar qual a melhor proposta a ser planejada. O *software* Assistat calculou os valores de λ_{max} , CI (índice de consistência), RI (consistência randômico) e CR (consistência randômica). Estes valores auxiliaram na verificação da confiabilidade das prioridades definidas e no resultado da fase 5.

Na fase 4 selecionou-se a melhor proposta de *layout* por meio de uma análise comparativa entre os resultados do método AHP. O método AHP foi selecionado por ser tratar de um problema de escolha do melhor *layout*, onde os *inputs* se dão por comparações pareadas e como *output* tem-se um *ranking* completo de *scores*. O método permite com algum esforço imputar comparações entre variáveis qualitativas e quantitativas. Assim, a meta é selecionar um *layout* eficiente e que, ao mesmo tempo, atenda aos padrões de qualidade e as necessidades da empresa. Para a análise dos dados levantados na etapa decisória foi utilizado um *software* de estatística Assistat (desenvolvido pelo professor Dr. Francisco de A. S. e Silva da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil). Os valores obtidos pelo *software* Assistat são oriundos das fórmulas fornecidas pelo método AHP. Após estas etapas, o *software* normaliza a matriz e simula os valores de acordo com as fórmulas do método AHP. Conforme o *software*, os valores de RI são tabelados

e uma reavaliação da matriz de comparação poderá ser necessária caso o valor de CR seja maior que 0,1 (Saaty, 1980; Ramos, 2000).

4 Apresentação e análise dos resultados

Esta seção apresenta e analisa os resultados do presente estudo que teve como objetivo analisar a contribuição do *Systematic Layout Planning* (SLP) e da *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para o planejamento do layout em uma empresa de embalagens flexíveis. Para tanto, dividiu-se em 3 seções: fluxo de material entre processos, projeto de *layout* pelo SLP, AHP e a tomada de decisão.

4.1 Fluxo de material entre processos

A empresa a ser analisada possui distintos processos produtivos, sendo eles: extrusão, armazenagem, impressão, parafinamento, revisão, metalização, laminação, rebobinagem, corte e solda. Estes processos podem estar, ou não, ligados um diretamente ao outro. Todas as atividades são em sequência, uma dependente da outra, com exceções de alguns casos em que o material é retrabalhado na mesma máquina.

O setor de extrusão da empresa analisada produz bobinas de Polietileno (PE) e Polipropileno (PP) que são enviadas ao setor de almoxarifado, em 100% dos casos. O setor de almoxarifado, local de armazenagem da matéria prima, envia as bobinas de PE, PP, polipropileno bi-orientado (BOPP), poliéster ou polietileno tereftalato (PET), papel e alumínio aos setores de impressão e laminação. Em alguns casos envia para o parafinamento, metalização, rebobinagem e corte e solda, sendo estas ocorrências não muito frequentes, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Porcentagem de material enviado entre setores

Impressão - Janeiro/2014 - Junho/2015		Quantidade (kg)	Porcentagem
Roteiro	$\Sigma =$	5.760.135,07	100,00%
Impressão → Parafinadeira		462.067,00	8,03%
Impressão → Rebobinamento		1.610.763,87	27,96%
Impressão → Rebobinamento/Revisão		3.686.898,80	64,01%
Total	=	5.760.135,07	100,00%

Revisão - Janeiro/2014 - Junho/2015		Quantidade (kg)	Porcentagem
Roteiro	$\Sigma =$	3.686.898,80	100,00%
Rebobinamento/Revisão → Expedição		2.049,00	0,06%
Rebobinamento/Revisão → Impressão		12.357,00	0,34%
Rebobinamento/Revisão → Rebobinamento		19.761,80	0,54%
Rebobinamento/Revisão → Metalização		1.603.817,50	43,50%
Rebobinamento/Revisão → Laminação		2.048.913,50	55,57%
Total	=	3.686.898,80	100,00%

Metalização - Janeiro/2014 - Junho/2015		Quantidade (kg)	Porcentagem
Roteiro	$\Sigma =$	1.603.817,50	100,00%
Metalização → Expedição		117,00	0,01%
Metalização → Impressão		2.325,90	0,15%
Metalização → Corte Solda		427.244,40	26,64%
Metalização → Laminação		616.654,80	38,45%
Metalização → Rebobinamento		557.475,40	34,76%
Total	=	1.603.817,50	100,00%

Laminação - Janeiro/2014 - Junho/2015		Quantidade (kg)	Porcentagem
Roteiro	$\Sigma =$	4.034.097,53	100,00%
Laminação → Impressão		112.808,12	2,80%
Laminação → Rebobinamento		3.921.289,41	97,20%

Total	=	4.034.097,53	100,00%
--------------	----------	---------------------	----------------

Rebobinamento - Janeiro/2014 - Junho/2015		Quantidade (kg)	Porcentagem
Roteiro	$\Sigma =$	6.447.234,17	100,00%
Rebobinamento → Laminação		1.404,70	0,02%
Rebobinamento → Impressão		2.721,80	0,04%
Rebobinamento → Corte Solda		2.168.242,60	33,63%
Rebobinamento → Expedição		4.274.865,07	66,31%
Total	=	6.447.234,17	100,00%

Parafinação - Janeiro/2014 - Junho/2015		Quantidade (MI)	Porcentagem
Roteiro	$\Sigma =$	372.355,77	100,00%
Parafinação → Rebobinamento		372.355,77	100,00%
Total	=	372.355,77	100,00%

Corte e Solda - Janeiro/2014 - Junho/2015		Quantidade (MI)	Porcentagem
Roteiro	$\Sigma =$	710.116,18	100,00%
Corte e Solda → Expedição		710.116,18	100,00%
Total	=	710.116,18	100,00%

Os dados dos setores de impressão, parafinação, revisão, metalização, laminação, rebobinagem, corte e solda, foram exportados do sistema conforme os valores fornecidos pelos apontamentos de produção. O levantamento da porcentagem veio através da relação de quanto do total de produção foi enviado para a etapa seguinte, desta maneira cada setor teve uma porcentagem de recebimento do material produzido na etapa anterior. Por exemplo, a Parafinação recebeu 8,03% do material que foi oriundo da Impressão no período de Janeiro/2014 a Junho/2015.

4.2 Projeto de layout pelo Systematic Layout Planning

Para desenvolver o projeto de layout pelo SLP, primeiramente foram elaborados o diagrama de relação de atividades (matriz de relacionamento de setores) e o diagrama de blocos. Em seguida, através do método SLP foram definidos dois projetos de layouts.

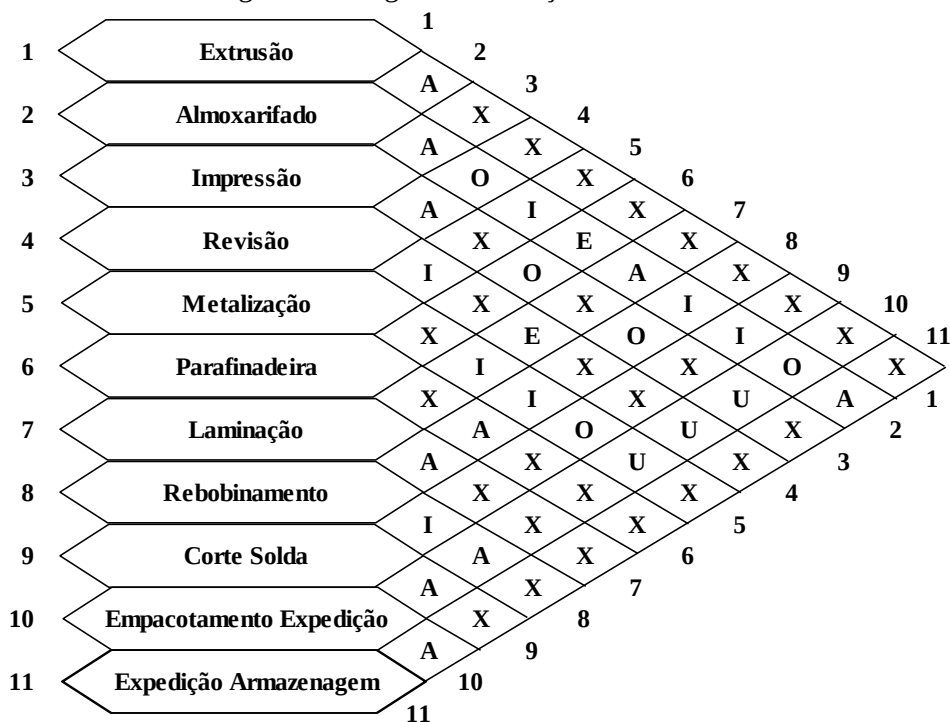
O diagrama de relação de atividades tem como função apresentar o nível de importância ou proximidade de um setor em relação ao outro. Para a elaboração deste diagrama foi definido, em conjunto com os gestores de produção da empresa em análise, um guia (Tabela 2) com código, descrição e os critérios com suas respectivas porcentagens.

Tabela 2 – Guia para elaboração do diagrama de relação de atividades

Código	Legenda	Crítérios
A	Absolutamente importante	$060\% \leq X \leq 100\%$
E	Especialmente importante	$050\% \leq X < 060\%$
I	Importante	$030\% \leq X < 050\%$
O	Pouco importante	$005\% \leq X < 030\%$
U	Sem importância	$000\% < X < 005\%$
X	Não desejável	0%

Observando o guia, os gestores puderam definir a importância quando se compara setor com setor a partir do fluxo de material (Tabela 1). Com os dados de produção levantados, calculados e analisados, pode-se definir o diagrama de relação de atividades (Figura 2).

Figura 2 – Diagrama de relação de atividades



Conforme apresenta a figura 2, os setores foram analisados e codificados e, este processo foi repetido para os demais setores até o preenchimento de todo o diagrama de relação de atividades. Se, por um lado, é absolutamente importante (código A – tabela 2) a proximidade de alguns setores (extrusão e almoxarifado, almoxarifado e impressão, impressão e revisão). Por outro lado, não é desejável a proximidade entre outros setores (metalização e parafina-deira, parafina-deira e laminação).

A partir do fluxo de materiais e dos dados levantados no diagrama de relação de atividades, elaborou-se o diagrama de blocos para auxiliar o planejamento do *layout*. Esta etapa se inicia com a montagem da Tabela 3 apresentando a numeração nos respectivos espaços definidos. Concluída esta etapa, iniciou-se as simulações de *layout* de acordo com os critérios para montagem da planta fabril.

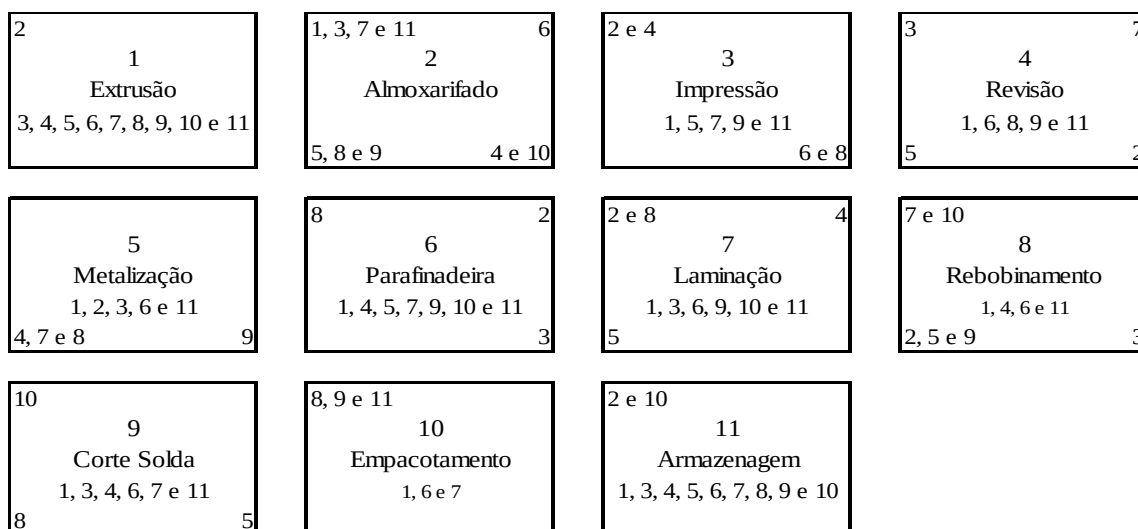
Tabela 3 – Diagrama de blocos

Atividades	A	E	I	O	U	X
1. Extrusão	2					3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11
2. Almoxarifado	1, 3, 7 e 11	6	5, 8 e 9	4 e 10		
3. Impressão	2 e 4			6 e 8	10	1, 5, 7, 9 e 11
4. Revisão	3	7	5	2	10	1, 6, 8, 9 e 11
5. Metalização			4, 7 e 8	9	10	1, 2, 3, 6 e 11
6. Parafina-deira	8	2		3		1, 4, 5, 7, 9, 10, 11
7. Laminação	2 e 8	4	5			1, 3, 6, 9, 10, 11
8. Rebobinamento	7 e 10		2, 5 e 9	3		1, 4, 6 e 11
9. Corte Solda	10		8	5		1, 3, 4, 6, 7 e 11
10. Empacotamento	8, 9 e 11			2	3, 4 e 5	1, 6 e 7
11. Armazenagem	2 e 10					1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9

A Tabela 3 evidencia as atividades levantadas e os códigos de proximidades (números correspondentes a proximidade definida na comparação entre os setores por meio dos dados levantados do fluxo do processo). As 11 atividades levantadas estão representadas na Figura 3 por

meio dos blocos. Os valores de proximidade foram distribuídos no centro e nos cantos de acordo com o nível de classificação anterior. Os quadros não precisam obrigatoriamente representar o tamanho que deve ter cada setor, este processo é opcional para quem irá planejar um determinado processo.

Figura 3 – Blocos de cada setor para confecção do *layout*



Desta maneira, no canto superior esquerdo ficaram dispostas as atividades com o código “A” e no direito as tarefas com o código de importância “E”. Nos cantos inferiores estão distribuídas as relações de código “I” e “O”, ficando do lado esquerdo e direito, respectivamente. As atividades de código “U” são omitidas dos quadros e, no centro, ficam as relações “X” (abaixo do número/nome da atividade). Uma vez que as 11 atividades estejam listadas, deve-se distribuir as etapas que compõem o processo da empresa de maneira que mais irá satisfazer o projeto de *layout* e avaliar todas as possibilidades de planejamento. Inicia-se com a atividade considerada mais importante do fluxo de produção, permitindo um fluxo coerente com o processo possibilitando simplificar e otimizar a planta fabril.

Através do método SLP foram definidos dois projetos de *layouts*: um com setores mais centralizados (Figura 4) e outro favorecendo a descentralização (Figura 5). As setas indicando os fluxos apresentam a cadeia principal; atividades secundárias que se encontram alocadas ao lado do setor, não estão representadas por setas devido ao baixo impacto.

Figura 4 – Proposta centralizada

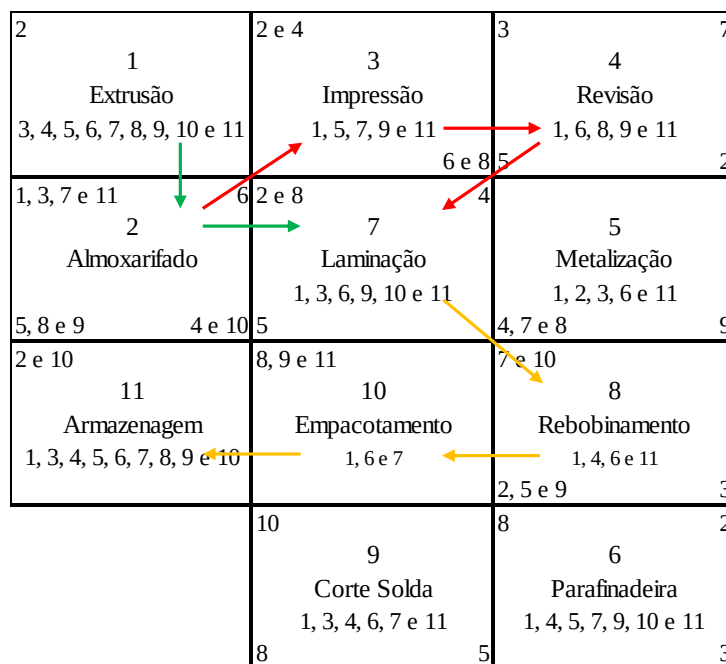
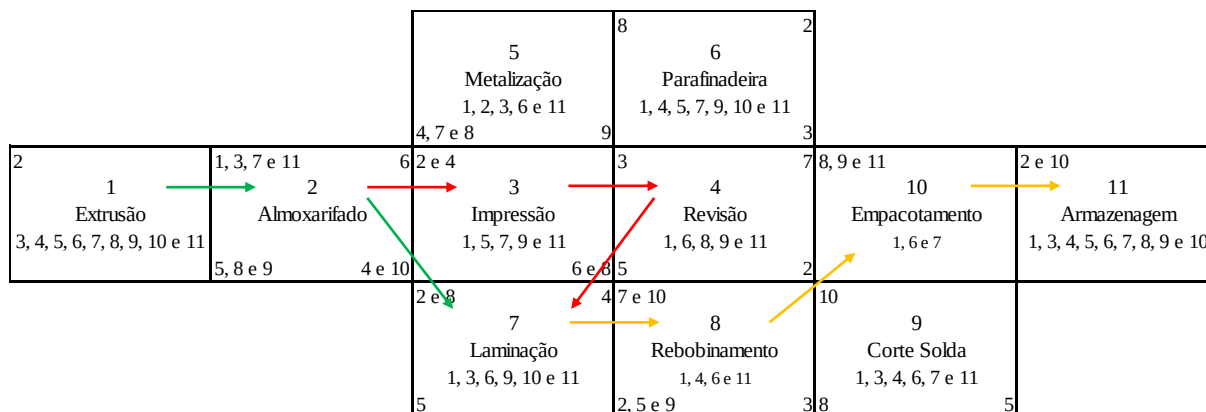


Figura 5 – Proposta descentralizada



Após apresentar duas propostas iniciais, simulou-se uma nova disposição, porém com o tamanho aproximado de cada setor (Figuras 6 e 7). Esta nova distribuição permitiu vislumbrar o espaço que cada setor ocupa e proporcionou uma projeção fidedigna quanto a nova realidade da empresa em análise. Os setores de transformação tiveram seus espaços ampliados, possibilitando o crescimento da empresa e a introdução de novas máquinas.

Figura 6 – Proposta centralizada de *layout* permitindo ampliação

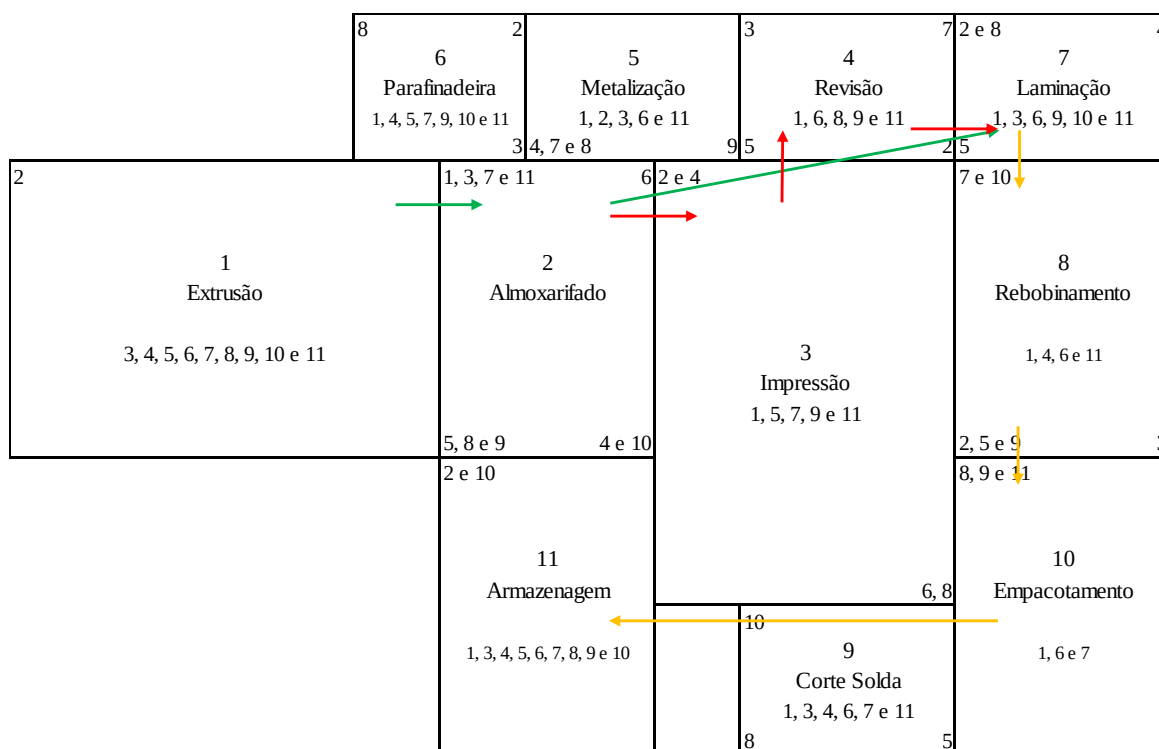
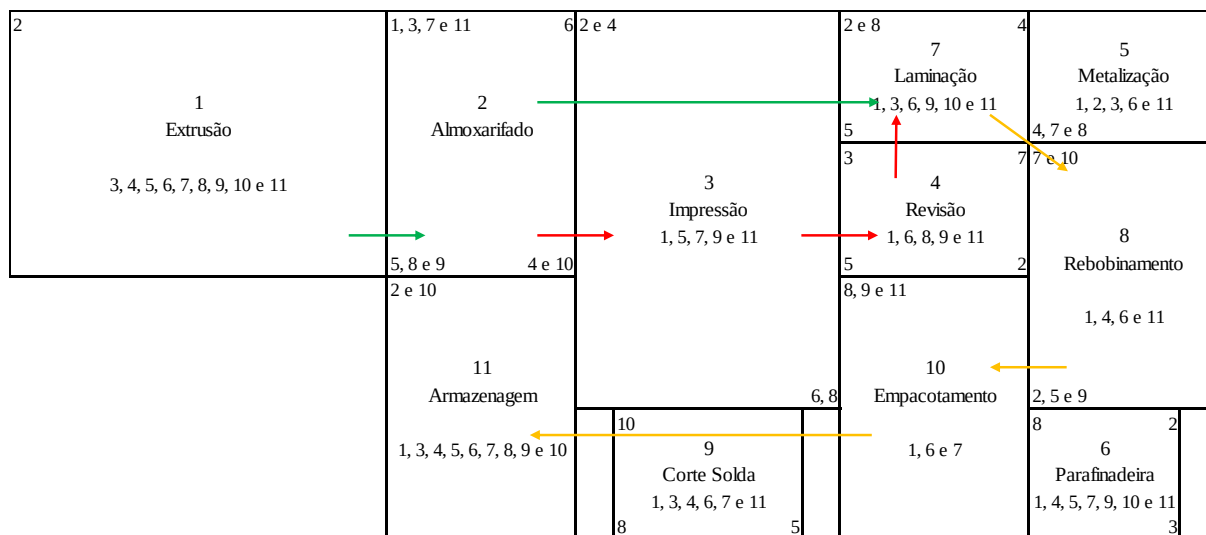


Figura 7 – Proposta descentralizada de *layout* permitindo ampliação



4.3 Analytic Hierarchy Process (AHP) e a Tomada de decisão

Ao realizar as propostas de *layout* para a nova planta da empresa em análise, iniciar-se-á a etapa de simulação das propostas obtidas. Estas foram simuladas para se obter o resultado mais adequado de acordo com as necessidades da empresa. E, para definir o melhor projeto, devem-se definir os critérios de avaliação para demonstrar o grau de importância de um em relação ao outro.

Em consulta à equipe responsável pelo desenvolvimento da nova planta fabril da empresa em análise, constatou-se os seguintes critérios para definição de qual será a melhor proposta de *layout* para futura instalação da nova planta fabril: boas práticas de fabricação (BPF), atendimento a ISO 22000, fluxo de material e ampliação. O critério de Boas Práticas de Fabricação (BPF) refere-

se às práticas de higiene e limpeza praticadas por todos os funcionários da empresa, o que facilita a possibilidade de implementação da ISO 22000, promovida também pelo projeto da nova fábrica. O fluxo de material tem papel importante perante a proposta de ampliação, já que este deve ser de maneira lógica, evitando excesso de movimentos, tornando o projeto mais harmônico e linear. Por fim, a ampliação de espaço, se comparado ao atual, permite o aumento da sua capacidade de produção, visto que há espaços disponíveis para a instalação de novas máquinas e armazenagem de produto intermediário.

Após definir cada atributo de projeto a ser executado, estipulou-se o grau de importância (Tabela 4). Os atributos BPF, ISO 22000 e ampliação, foram comparados de acordo com a importância de um em relação ao outro. Estabeleceu-se os layouts 1 e 2 levando em consideração o tamanho atual da empresa, os layouts 3 e 4 visando a ampliação, o layout 5 projeto planejado pela empresa. O atributo fluxo foi medido (em metros) conforme escalas fornecidas pelas plantas da empresa (atual e planejada).

Tabela 4 – Nível de aplicabilidade dos layouts entre os atributos

Layout	BPF	ISO 22000	Fluxo	Ampliação
Layout 1 - Proposta descentralizada (tamanho atual)	5	3	194	1
Layout 2 - Proposta centralizada (tamanho atual)	5	3	150	1
Layout 3 - Proposta centralizada (ampliação)	9	9	302	9
Layout 4 - Proposta descentralizada (ampliação)	9	9	242	9
Layout 5 - Proposta da empresa em análise	9	9	368	9

Os layouts 3, 4 e 5 foram definidos como nove vezes (tabela 4) mais importantes (para os 4 atributos) devido ao espaço disponível que facilitará a implementação destes projetos, por este motivo as outras duas propostas tiveram valores menores. Após fazer a análise da importância de um setor em relação ao outro, utilizou-se o *software* Assistat para definir a melhor proposta de layout. Ao ordenar o melhor layout obtido, tem-se a proposta fornecida pelo método AHP, conforme apresenta a tabela 5.

Tabela 5 – Ordenação do melhor layout obtido

Ordenação do melhor layout	
Layout 4	0,2466
Layout 2	0,2436
Layout 3	0,1949
Layout 5	0,1576
Layout 1	0,1572

Os resultados mostram que o layout 4 é o que melhor atende as necessidades da empresa em análise. O layout 2 obteve resultado aproximado ao citado anteriormente e, por esta razão, é possível aplicá-lo também. Já, os layouts 5 e 1, por possuírem um fluxo de materiais muito longo, demonstraram resultados inferiores, pois não atendem os critérios pré-estabelecidos.

Ao analisar os resultados obtidos pela aplicação do método AHP, observa-se uma aproximação de valores entre os layouts 4 e 2, e 5 e 1. Este caso de aproximação, pode gerar dúvida no momento de implementar a melhor proposta, pois se algum valor de comparação entre os critérios alterar, este resultado poderá ser diferente do apresentado na tabela 5. Ao se analisar os critérios BPF, ISO 22000 e ampliação junto com a gerência, perceberam-se que os valores eram iguais pelo fato de projetar uma nova fábrica, sendo assim, todos receberam o mesmo grau de importância no momento da comparação.

5 Considerações Finais

A pesquisa apresentou um método para tomada de decisão de qual melhor layout se planejar, incluindo a análise da eficiência do mesmo. Para tanto, um sequenciamento de

ferramentas de gestão/planejamento foi analisado em conjunto com um método de análise multicriterial. O objetivo foi de analisar a contribuição do *Systematic Layout Planning* (SLP) e da *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para o planejamento do layout em uma empresa de embalagens flexíveis.

O método proposto demonstrou a contribuição de cada fase no desenvolvimento desta pesquisa. A fase 1 permitiu maior interação com os gestores da companhia e forneceu as informações necessárias sobre o processo produtivo desta. Na fase 2, o SLP demonstrou a sua versatilidade quanto ao fornecimento das propostas de layouts. Já a fase 3 evidenciou o quão importante é utilizar-se de ferramentas para o auxílio na tomada de decisão, visto que as propostas fornecidas pelo SLP agradam diferentes gestores/pessoas da empresa. Sendo assim, torna-se necessário, através de critérios, decidir uma proposta, e que seja aquela que atenda às necessidades do negócio. Finalmente, a fase 4 evidenciou a situação atual da organização e qual o caminho que a mesma deverá seguir para otimizar o fluxo produtivo. Sendo assim, esta pesquisa demonstrou que utilizar um método de suporte à tomada de decisão para planejamento de *layouts* dentro de um ambiente empresarial pode ser benéfico. Em função da decisão estruturada que ele proporciona.

Quanto a pesquisas futuras para aprimoramento deste trabalho, sugere-se a aplicação de outras ferramentas para a tomada de decisão que possam melhorar as proximidades de resultados obtidas (*layouts* 4/2 e 5/1) ou ainda, aprofundar a análise de sensibilidade. Também, sugere-se a adoção de metaheurísticas para a otimização no planejamento de *layouts* através de algoritmos. A adoção de algoritmos para as metaheurísticas permite a inserção de múltiplos critérios, onde estes podem reduzir custos e proporcionar uma melhor delineação do macro *layout* pelo planejamento dos espaços entre setores e da correta dimensão dos espaços que serão distribuídos pelo arranjo físico.

Referências

- Assistat. (2016). *Assistência Estatística*. Recuperado em 19 de maio de 2016, de <http://www.assistat.com/indexp.html>
- Baca, U. G. (2001). *Evaluación de proyectos*. McGraw-Hill.
- Campos, A. J. D. M. (2009). *Análise de critérios de decisão em estratégia de arranjos produtivos locais: um estudo aplicando o processo de hierarquia analítica (AHP) no setor de cerâmica* (Master's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).
- Colin, E. C. (2007). *Pesquisa Operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas*. Livros Técnicos e Científicos.
- Costa, H. G. (2006). *Auxílio multicritério à decisão: método AHP*. Rio de Janeiro: Abepro.
- De Carlo, F., Arleo, M. A., Borgia, O., & Tucci, M. (2013). Layout design for a low capacity manufacturing line: a case study. *International Journal of Engineering Business Management*, 5, 35.
- Dira, A., Pierreval, H., & Hajri-Gabouj, S. (2007). Facility layout problems: A survey. *Annual Reviews in Control*, 31(2), 255-267.
- Ehrlich, P. J. (1996). Modelos quantitativos de apoio as decisões: II. *Revista de Administração de Empresas*, 36(2), 44-52.
- Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de pesquisa*. Plageder.
- Gil, A. C. (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. *São Paulo*, 5(61), 16-17.
- Gosende, P. A. P. (2016). Evaluación de la distribución espacial de plantas industriales mediante un índice de desempeño. *Revista de Administração de Empresas*, 56(5), 533-546.
- Gyulai, D., Szaller, Á., & Viharos, Z. J. (2016). Simulation-based Flexible Layout Planning Considering Stochastic Effects. *Procedia CIRP*, 57, 177-182.
- Hammad, A. W., Rey, D., & Akbarnezhad, A. (2017). A cutting plane algorithm for the site layout planning problem with travel barriers. *Computers & Operations Research*, 82, 36-51.
- Karande, P., & Chakraborty, S. (2014, January). A facility layout selection model using MACBETH method. In *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, January (pp. 7-9).

- Li, M. K., Liu, Y. K., Peng, M. J., Xie, C. L., & Yang, L. Q. (2016). The decision making method of task arrangement based on analytic hierarchy process for nuclear safety in radiation field. *Progress in Nuclear Energy*, 93, 318-326.
- Liu, J., Wang, D., He, K., & Xue, Y. (2017). Combining Wang-Landau sampling algorithm and heuristics for solving the unequal-area dynamic facility layout problem. *European Journal of Operational Research*, 262(3), 1052-1063.
- Matusek, M. (2012). Layout Planning: A Case Study on Engineering-to-Order Company. In *Jeseník, Republica de Checoslováquia, União Europeia: Carpathian Logistic Congress-CLC* (pp. 7-9).
- Stephens, M. P., & Meyers, F. E. (2013). *Manufacturing facilities design and material handling*. Purdue University Press.
- Moghadasli, A., Sarwat, A., & Guerrero, J. M. (2016). Multiobjective optimization in combinatorial wind farms system integration and resistive SFCL using analytical hierarchy process. *Renewable Energy*, 94, 366-382.
- Muther, R. (1978). Planejamento do Lay-Out. *Sistema SLP*. São Paulo. Ed. Edgard Blucher.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- Silva, F. A. (1996). The ASSISTAT Software: statistical assistance. In *International conference on computers in agriculture* (Vol. 6, pp. 294-298). Cancun: American Society of Agricultural Engineers.
- Tortorella, G. L., & Fogliatto, F. S. (2008). Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério. *Production*, 18(3), 609-624.
- Yang, T., Su, C. T., & Hsu, Y. R. (2000). Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(11), 1359-1371.
- Watanapa, A., Kajondecha, P., Duangpitakwong, P., & Wiyaratn, W. (2011). Analysis Plant Layout Design for Effective Production. In *International Multiconference of Engineers and Computer scientists (IMECS 2011) Vol II, Hong Kong*.
- Wiyaratn, W., & Watanapa, A. (2014). Study on Basket Document Factory Plant Layout for Proficient Production. In *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists* (Vol. 2).
- Weil, K. E. (1979). Planejamento do layout, sistema SLP. *Revista de Administração de Empresas*, 19(3), 103-104.