

## SLP E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL: APLICAÇÃO INTEGRADA DESSAS FERRAMENTAS EM UMA MARMORARIA CAPIXABA

**Claudio Victor Pretti de Oliveira**

Instituto Federal do Espírito Santo  
claudiopretti@hotmail.com

**Fabricio Broseghini Barcelos**

Instituto Federal do Espírito Santo  
fabricio.barcelos@ifes.edu.br

**Igor Meirelles Gomes**

Instituto Federal do Espírito Santo  
igor\_meirelles@hotmail.com

**Karime Freitas Thomasi**

Instituto Federal do Espírito Santo  
karimethomasi@hotmail.com

**Patrícia de Aquino Lannes Brites**

Instituto Federal do Espírito Santo  
patricia\_alannes@hotmail.com

**Rafaela Lira Santos Régio**

Instituto Federal do Espírito Santo  
rafaelaregio@gmail.com

### RESUMO

O presente trabalho analisa a aplicação de técnicas de determinação de *layout* e simulação computacional em uma empresa de beneficiamento de mármore e granito. Através da integração dessas ferramentas, objetivou-se determinar propostas de *layout* que proporcionassem a maximização na eficiência do tempo de entrega. Foi utilizado o método SLP - *Systematic Layout Planning* e o *software* ARENA. Assim, obteve-se um *layout* mais eficiente, de modo a melhorar a fluidez do processo, proporcionando ganhos de produtividade e diminuição do tempo de entrega, por meio da redução do *lead time*.

**PALAVRAS CHAVE:** Layout, Simulação, SLP - *Systematic Layout Planning*.

### ABSTRACT

This paper analyzes the application of layout planning and simulation software techniques in a company processing marble and granite. The tools integration aimed to determine layout proposals with efficiency maximization in delivery time. The method used was SLP- (system layout planning) and the software ARENA. The case study allowed better visualization of the problem. This integration allowed determining a more efficient layout, in order to improve the process flow, and to develop alternatives to increase productivity and reduce delivery time by decreasing the lead time.

**KEYWORDS:** Layout, Simulation, SLP - Systematic Layout Planning.

## 1. Introdução

A integração de ferramentas de gestão tem se tornado cada vez mais frequente devido ao aumento da complexidade organizacional e ao surgimento de novas técnicas que completam em eficiência as desenvolvidas anteriormente.

Assim, a integração de sistemas, como relatam Carmo *et al* (2006), agrupa requisitos em um sistema mais amplo, com o objetivo de tornar a gestão da empresa mais eficaz e eficiente. Endossando o supracitado, Farias (2001) sustenta a certeza de que os maiores benefícios do uso das ferramentas advêm com a integração.

Independente do tipo de ferramentas utilizadas, essa união busca, em termos mais específicos, o aumento da produtividade e da satisfação de clientes e funcionários, a redução de custos e o cumprimento de normas.

Com o foco na busca por incremento da produtividade e satisfação dos clientes, o presente trabalho apresenta o estudo de caso em uma microempresa do setor de beneficiamento de mármore e granito, que conta com 10 colaboradores e possui um faturamento anual de cerca de R\$ 660.000,00.

Nesse estudo de caso, são integradas ferramentas de simulação e de melhoria de *layout*, visando-se alcançar uma localização, para os setores da organização, que seja mais eficiente, proporcionando a minimização de tempos de transporte, de filas e atendendo às restrições de necessidade de proximidade dos diferentes setores organizacionais.

Os autores Meirelles *et. AL* (2009) afirmam que o eficiente planejamento das instalações acarreta uma potencial redução dos custos de produção. Além disso, afirmam que ferramentas computacionais podem complementar esse método, resultando em análises mais completas.

Seguindo esse pensamento, foi utilizada a ferramenta SLP (*Systematic Layout Planning*) para análise da situação atual e elaboração de propostas de *layout*, e o *software* de simulação Arena, de modo a permitir análises mais apuradas das propostas considerando, simultaneamente, uma grande diversidade de parâmetros.

Assim, o artigo tem como objetivo a utilização da ferramenta SPL e do *software* de simulação na empresa estudada, a fim de se visualizar o processo produtivo e melhorá-lo, para obtenção de um incremento na quantidade de mármore beneficiada, conseqüentemente reduzindo seus custos e maximizando da eficiência no tempo de entrega.

## 2. Referencial Teórico

De acordo com o SEBRAE (1999), o processo de produção de uma marmoraria é a combinação de recursos naturais (matéria-prima) com mão-de-obra, tecnologia, equipamentos, materiais abrasivos, água, energia, utilizados com métodos eficazes de trabalho, resultando em produtos com alto valor agregado. O beneficiamento secundário tem como objetivo o tratamento final da rocha, adequando as placas às especificações de dimensões e acabamento superficial que o produto final deve possuir, devendo passar pelas etapas: polimento (se a placa for de cor escura), corte e acabamento (SEBRAE, 1999).

Por serem produzidos produtos com alto valor agregado, alcançar uma boa produtividade é significativo para a empresa ao gerar melhores resultados, sendo necessário assim, aplicar ferramentas, que em conjunto permitam uma melhor produtividade. Exemplos de ferramentas são: 5S, engenharia de métodos, SLP e *softwares* de simulação que permitam a visualização dos pontos fracos da empresa.

O 5S é uma ferramenta da filosofia *Lean* que tem por objetivo, basicamente, a organização e limpeza do ambiente de trabalho (CORREIA ET AL, 2010). Para Silva (2003) um programa 5S visa mudar o comportamento das pessoas para toda a vida, a partir da forma de pensar – consciência - não sendo somente um evento episódico de limpeza, mas uma nova maneira de conduzir a empresa com ganhos de produtividade.

Já a engenharia de métodos, segundo Souto (2002), estuda e analisa o trabalho de forma sistemática com o objetivo de desenvolver métodos práticos e eficientes visando à padronização das operações. Dentre o instrumental utilizado pela engenharia de métodos, o projeto de métodos se destina a encontrar o melhor método para execução de tarefas, a partir do registro e análise sistemática dos métodos existentes e previstos para execução de determinado trabalho, busca

idealizar e aplicar métodos mais cômodos que conduzam a uma maior produtividade. (SOUTO, 2002).

O Planejamento Sistemático de Layout (Systematic Layout Planning - SLP) representa uma metodologia que tem uma grande aplicabilidade no projeto e no reprojeito de layout, especialmente em layouts funcionais. Segundo Muther (1973), o SLP foi proposto em 1961 pelo mesmo autor, e apesar de já possuir vários anos, esse sistema ainda apresenta uma grande aplicabilidade nos modernos sistemas de produção e serve de referência para projetos de instalações produtivas e também para pesquisas na área.

O método consiste em um procedimento estruturado por etapas com intuito de planejar, identificar, visualizar e classificar as várias atividades, relações e alternativas envolvidas em qualquer projeto de layout, considerando suas afinidades e limitações (MUTHER; WHEELER, 2000). O SLP de Muther (1973) possui quatro fases, porém no estudo de caso estas fases foram exemplificadas de acordo com o modelo do mesmo, e por serem mais detalhadas acabaram se tornando sete fases, sendo que a fase zero envolve a identificação do layout atual, relação e dimensão dos equipamentos existentes e o desenho do fluxo de processo atual. A fase um é a elaboração do diagrama de relações, na fase dois é estabelecida as necessidades de espaços e a fase três relaciona as atividades do diagrama. Na fase quatro os layouts de relação de espaços são desenhados e na fase cinco esses layouts desenhados são avaliados para ser decidido qual será a melhor opção. Finalizando com a fase seis que é o detalhamento do layout escolhido.

Ainda de acordo com Muther & Wheller (2000), o SLP tem por objetivo a redução de custos, decorrente de um aumento na eficiência e produtividade, obtido através da melhor utilização do espaço disponível, redução na movimentação de materiais, produtos e pessoal, fluxo racional e melhores condições de trabalho. Devendo ser considerado que essa ferramenta permite identificar dentre as opções de layout, a que mais se adapte às necessidades estabelecidas pela empresa (YANG ET al., 2000).

Em suma, a metodologia do SLP é uma ferramenta que irá auxiliar indivíduos na tomada de decisão quanto ao melhor posicionamento das instalações, máquinas, equipamentos e pessoal na linha de produção (COSTA, 2004).

Ainda para o auxílio na tomada de decisões, mudanças potenciais podem ser simuladas em *softwares* computacionais. Nesse contexto, uma alternativa de *software* que pode ser utilizado é o Arena 14.0. O site Erlang (2013) afirma que esse *software* é um ambiente gráfico integrado de simulação, sendo que seu processo de criação do modelo é gráfico e visual, contendo todos os recursos para modelagem de processos, desenho & animação, análise estatística e análise de resultados. Ao utilizar o Arena, os dados sobre o sistema são anexados ao modelo, se diferenciando neste ponto dos outros *softwares* de simulação, pois não são utilizados valores médios para os parâmetros no modelo, e sim distribuições estatísticas geradas a partir de uma coleção de dados sobre o parâmetro a ser inserido. Somando-se os dados e o modelo lógico-matemático, teremos uma representação do sistema no computador.

### 3. Métodos e procedimentos

Quanto aos fins a pesquisa se caracteriza como sendo uma pesquisa aplicada, que, de acordo com Vergara (2007), é fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos, tendo, portanto, finalidade prática.

Quanto aos meios, é um estudo de caso, por meio do qual será possível fazer levantamento dos dados necessários para a pesquisa, dados esses aqui representados por diversas informações acerca da empresa estudada.

A parte referente à simulação foi concretizada através das seguintes etapas: formulação e análise do problema, coleta de macro informações, formulação de um modelo conceitual, coleta de dados, criação do modelo completo, verificação e validação do modelo e análise dos resultados. Para a execução do SLP foram seguidas as seis fases que tal metodologia propõe, as quais já foram citadas no item anterior.

Para obtenção dos dados necessários para realizar a simulação e aplicar o SLP foram feitas visitas e entrevistas com os gestores da marmoraria. Devido à falta de informações, a empresa foi incentivada a elaborar um histórico com seus dados de chegada e natureza de

pedidos, tempos de processamento, planejamento da produção, tempos de transportes internos, percentual de refugos, quantidades produzidas mensalmente, dentre outros. Somente com esses registros seria possível a criação de um modelo de simulação que pudesse traduzir a realidade da empresa.

Assim, após a obtenção desses dados foi possível estruturar o processo de produção, que está apresentado sinteticamente na Figura 1.



Figura 1: Etapas do processo produtivo da empresa. Fonte: Elaboração própria

Os dados de tempo de trabalho e de transporte de materiais foram inseridos na ferramenta *Input Analyzer* do *software* Arena para geração das funções que seriam utilizadas posteriormente no modelo. Algumas distribuições também utilizadas no modelo, como as referentes ao acabamento, por exemplo, foram geradas diretamente conforme as especificações dos entrevistados.

Então, observou-se que o intervalo de tempo entre pedidos no bloco *created* arenacorresponde a uma distribuição triangular de mínimo 21,6, média 24 e máximo 26,4 minutos. Os tempos de transporte das placas não beneficiadas para o departamento corte representam uma triangular (3, 5, 10) minutos.

A entidade do modelo é um produto solicitado pelo antes de representar o processo de corte no modelo, criou-se uma lógica de decisão, para definir a categoria de produto a ser processado. Assim, com base no que foi levantado, determinou-se que aproximadamente 40% da produção da marmoraria correspondem às bancadas molhadas, 35% às bancadas secas, 5% aos rodapés, 3% às soleiras, 2% aos peitoris, 5% às mesas e 10% aos pisos.

Além disso, foi preciso diferenciar pedidos de produtos com cor preta dos demais, pois o processo de acabamento de placas pretas necessita de lixas diferenciadas. Então, novamente os produtos foram subdivididos de acordo com seus percentuais, dessa vez referentes às suas cores. Conforme o que foi verificado na empresa, adotou-se que 50% das bancadas produzidas são pretas, bem como 20% dos demais produtos.

Como cada produto tem um tempo de corte e acabamento diferenciado, foi preciso adicionar atributos a cada entidade da linha. Também foi necessário diferenciar no modelo os produtos de cores pretas e os tamanhos das rebarbas do processo. Através dessa última característica, visou-se estimar os desperdícios de matéria prima.

Ao passar pelo processo de corte e acabamento no modelo, o programa utiliza o atributo correspondente à entidade para executar a tarefa. Os dados em que foram baseados tais tempos de execução foram fornecidos pelos colaboradores da empresa diretamente e corresponderam às distribuições triangulares cujos mínimos eram os tempos dos colaboradores mais rápidos e os máximos os tempos dos colaboradores mais lentos.

Para aproximar o modelo de uma situação real, em que dificilmente uma peça pequena é executada de forma avulsa, os tempos referentes a esse tipo de peça foram determinados com base em pequenos lotes de tamanhos comumente processados na empresa.

Por fim, o produto é transportado para o estoque final com tempo correspondente a uma distribuição triangular de (2,4,6) minutos. Essa distribuição é a mesma que representa o tempo de transporte do corte para o acabamento.

Foi simulado um ano de produção com *warm-up* de uma semana, com uma jornada de trabalho de 8 horas. Comparou-se a quantidade final de produtos simulados com os históricos de produção da empresa, obtendo-se um erro menor que 10%, representando uma simulação próxima à realidade, considerando os dados disponíveis na empresa.

Além desses dados de produção, foi obtido *layout* da empresa, a relação entre os setores e suas respectivas restrições e a disposição dos postos de trabalho nos mesmos. Tais dados, junto com os macroprocessos e o fluxograma dos processos, foram os dados de entrada



Número de pedidos que entram	5176 produtos
Número de pedidos que saem	3611 produtos
Utilização de operador de corte	30,17%
Utilização de operador de acabamento	100,00%
Fila Média Acabamento	811 produtos
Tempo médio na Fila (Acabamento)	320,00 horas

Tabela 1: Resultados da simulação para o estado atual. Fonte: Elaboração própria.

Tipo de produto	<i>Lead time médio (horas)</i>	
	<b>Preto</b>	<b>Cores</b>
Bancada Molhada	312,77	317,31
Bancada seca	332,00	323,39
Mesa	378,04	316,64
Peitoril	237,09	359,54
Piso	296,29	324,11
Rodapé	299,97	352,11
Soleira	305,79	345,79

Tabela 2: *Lead times* médios para o cenário atual. Fonte: Elaboração própria.

Esses resultados facilitaram a visualização dos pontos fracos do processo produtivo, permitindo a criação de cenários com medidas corretivas. Nesses cenários o foco foi minimizar a ociosidade do operador de corte, aumentar a taxa de produtividade do acabamento, conseqüentemente, minimizando a fila do mesmo. Isso porque, aumentando a produtividade do acabamento (gargalo do processo), aumenta-se a produtividade da organização e diminui-se o *lead time*.

No primeiro cenário, tentou-se diminuir a taxa de utilização dos operadores de acabamento através da contratação de dois operadores para esta área. As Tabelas 3 e 4 resumem os resultados e os *lead times* obtidos na simulação desse cenário.

Número de pedidos que entram	5180 produtos
Número de pedidos que saem	4879 produtos
Utilização de operador de corte	30,69%
Utilização de operador de acabamento	99,69%
Fila Média Acabamento	151 produtos
Tempo médio na Fila (Acabamento)	60,38 horas

Tabela 3: Resultados da simulação para o primeiro cenário. Fonte: Elaboração própria.

Tipo de produto	<i>Lead time (horas)</i>	
	<b>Preto</b>	<b>Cores</b>
Bancada Molhada	62,77	62,57
Bancada seca	60,15	66,52
Mesa	61,70	62,30
Peitoril	63,58	77,83
Piso	56,91	72,00
Rodapé	56,17	67,93
Soleira	71,95	70,12

Tabela 4: *Lead times* médios para o primeiro cenário. Fonte: Elaboração própria.

Conforme foi possível visualizar na Tabela 3, a taxa de utilização dos operadores de acabamento foi reduzida de 100 para 99,69%. Apesar de essa melhoria ter sido sutil, pode-se

perceber que a quantidade de produtos que saíram do processo foi consideravelmente superior. Além disso, observa-se grande redução do tempo de fila e do *lead time*.

Porém, a concretização desse cenário só é possível com um aumento nos custos, visto que é necessário investir na contratação de mais dois funcionários. Então, pensou-se em fazer um novo cenário em que se contrataria apenas mais um funcionário, tentando substituir o benefício gerado pelo outro por melhorias proporcionadas pela aplicação de ferramentas da Engenharia de Métodos.

Considerando que a empresa carece de procedimentos padrões e possui grande variabilidade na execução de suas atividades, estipulou-se que a aplicação das ferramentas supracitadas traria uma vantagem de 10% de redução no tempo de acabamento. Os resultados desse cenário encontram-se nas Tabelas 5 e 6.

Número de pedidos que entram	5179 produtos
Número de pedidos que saem	4554 produtos
Utilização de operador de corte	31,40%
Utilização de operador de acabamento	100,00%
Fila Média Acabamento	329 produtos
Tempo médio na Fila (Acabamento)	131,83 horas

Tabela 5: Resultados da simulação para o segundo cenário. Fonte: Elaboração própria.

Tipo de produto	<i>Lead time (horas)</i>	
	Preto	Cores
Bancada Molhada	132,05	132,04
Bancada seca	138,35	132,11
Mesa	131,89	131,50
Peitoril	143,11	140,11
Piso	142,34	149,37
Rodapé	121,69	139,06
Soleira	132,65	142,66

Tabela 6: Lead times médios para o segundo cenário. Fonte: Elaboração própria.

Acompanhando os dados das tabelas anteriores é possível perceber que o segundo cenário é um modelo intermediário entre o primeiro e o atual. A utilização do operador de acabamento voltou a ser 100%. Porém, os tempos e o tamanho da fila foram reduzidos em relação à situação atual. Portanto, esse cenário possui melhorias que se pode empregar com um investimento menor.

Uma terceira alternativa seria contratar dois operadores e ainda implementar a Engenharia de Métodos. Os resultados desse cenário, que foi o utilizado nas etapas posteriores desse estudo por se apresentar o melhor, encontram-se nas Tabelas 7 e 8.

Número de pedidos que entram	5178 produtos
Número de pedidos que saem	5154 produtos
Utilização de operador de corte	30,00%
Utilização de operador de acabamento	93,70%
Fila Média Acabamento	5 produtos
Tempo médio na Fila (Acabamento)	2,04 horas

Tabela 7: Resultados da simulação para o terceiro cenário. Fonte: Elaboração própria.

Tipo de produto	<i>Lead time (horas)</i>	
	Preto	Cores
Bancada Molhada	3,97	3,68
Bancada seca	3,79	3,58

Mesa	4,05	3,72
Peitoril	9,95	12,19
Piso	5,45	11,19
Rodapé	5,70	12,10
Soleira	5,05	9,98

Tabela 8: Lead times médios para o terceiro cenário. Fonte: Elaboração própria.

A partir daí, iniciou-se a aplicação do SLP. Conforme justificado anteriormente foi necessário a adição de dois postos de trabalho no setor de acabamento. Além disso, as visitas à empresa tornaram evidente a necessidade de reorganizar também os setores de estoque da mesma.

Antes de iniciar a apresentação dos resultados das etapas do SLP, é válido expor o mapofluxogramada fábrica, presente na Figura 4. Optou-se por apresentar o mapofluxogramaaao invés de apresentar somente o layout da empresa, visto que ele proporciona um panorama dos processos da empresa.

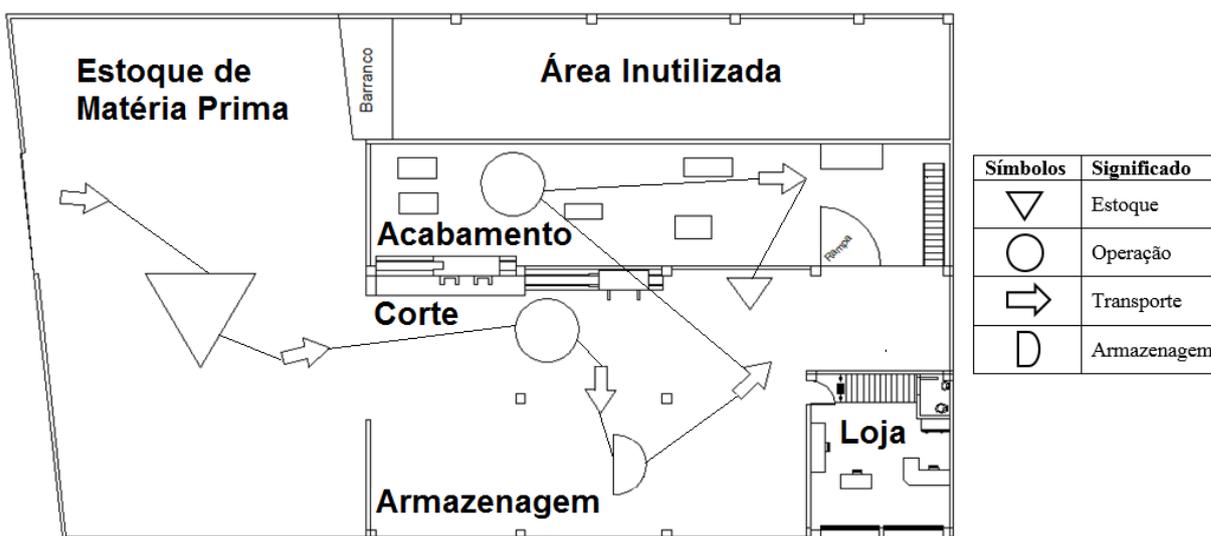


Figura 4: Mapofluxograma da empresa estudada. Fonte: Elaboração própria.

Assim, conforme citado anteriormente, implementou-se a primeira etapa do SLP, a criação do diagrama de relacionamentos, que está apresentado pela Figura 5. Ao mesmo tempo, foi realizado o levantamento dos equipamentos, maquinários e postos de trabalho presentes na empresa. Identificaram-se as necessidades de áreas e arestas vivas desses postos. Essas arestas vivas estão apresentadas na Tabela9.

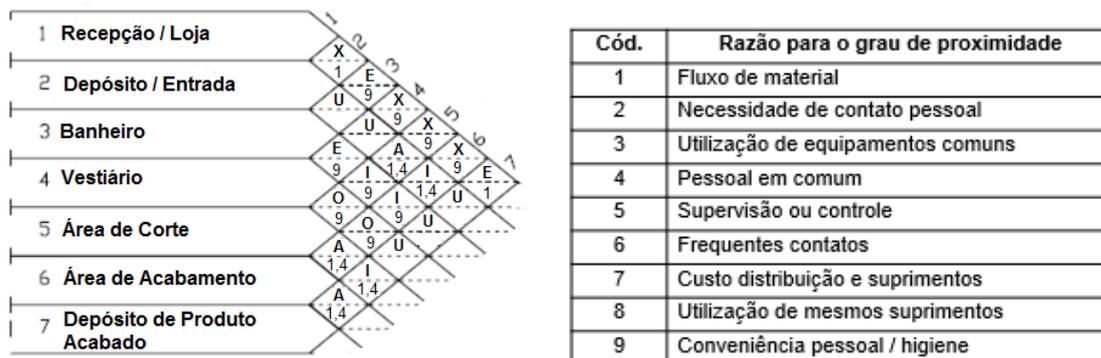


Figura 5: Diagrama de relacionamentos. Fonte: Elaboração própria.

Setor	Nome do Equipamento ou local	Quantidade	Dimensões	Área Projetada m <sup>2</sup>	Área de Operação m <sup>2</sup>	Área de Circulação m <sup>2</sup>	Corredor m <sup>2</sup>	Sub Total m <sup>2</sup>	Total m <sup>2</sup>	Quantidade de Aresta Viva
Corte	Máquina de Cortar Mármore/Granito 1	1	5,65 x 0,8	4,52	2,82	3,67	3,39	14,4	28,54	1
	Máquina de Cortar Mármore/Granito 2	1	5,55 x 0,8	4,44	2,77	3,6	3,33	14,14		1
Acabamento	Posto de Acabamento 1	1	1,55 x 0,83	1,28	0,77	1,03	0,93	4,01	45,19	1
	Posto de Acabamento 2	1	3,80 x 0,80	3,04	1,09	2,47	2,28	8,88		1
	Posto de Acabamento 3	1	1,50 x 0,60	0,9	1,57	3,09	3,37	8,93		2
	Posto de Acabamento 4	1	1,50 x 0,95	1,42	1,84	4,08	3,69	11,03		2
	Posto de Acabamento 5	1	1,95 x 0,75	1,46	2,19	4,57	4,12	12,34		2
<b>Área Total</b>									<b>73,73</b>	

Tabela 9: Dimensões dos postos de trabalho. Fonte: Elaboração própria.

Vale destacar que é imprescindível que a recepção fique distante do depósito de entrada de materiais, do vestiário dos funcionários e das áreas produtivas. Por outro lado, a área de corte precisa ficar perto da entrada, pois é o primeiro processo de operação. Seguindo essa linha de raciocínio, ou seja, respeitando o fluxo do processo, o setor de corte também precisa estar próximo do setor de acabamento, que, por sua vez, deve ficar perto do depósito de produtos acabados. Posteriormente, foi elaborada uma tabela contendo as necessidades de espaços e algumas características dos departamentos, podendo ser verificada pela Tabela 10.

FOLHA DAS ÁREAS E CARACTERÍSTICAS DAS ATIVIDADES			Características Físicas Necessárias													
Nº.	Nome	Área em m <sup>2</sup>	Anote a Unidade e a Quantidade Necessária de Cada Um													
			Área Viva	Carga Máxima Admissível (kg/m <sup>2</sup> )	Carga Máx. do Piso	Esp. Mínimo da Coluna	Água e Dutos	Vapor	Ar. Comprimido	Fundação do Piso	Pregos de Madeira ou Espalho Especial	Iluminação Especial				
		Total														
		73,73														
			Importância Relativa das Características													
			A - Absolutamente Necessário E - Especialmente Importante I - Importante O - Importante Normal      - - Não Exigido													
1.	Máquina de Corte 1	14,4	5		5,65				A	-	-	-	-	-	-	E
2.	Máquina de Corte 2	14,14	5		5,55				A	-	-	-	-	-	-	E
3.	Posto Acabamento 1	4,01	5						E	-	I	-	-	-	-	E
4.	Posto Acabamento 2	8,88	5						-	-	I	-	-	-	-	E
5.	Posto Acabamento 3	8,93	5						-	-	I	-	-	-	-	E
6.	Posto Acabamento 4	11,03	5						-	-	I	-	-	-	-	E
7.	Posto Acabamento 5	12,34	5						-	-	I	-	-	-	-	E

Tabela 10: Necessidades de espaço e características dos setores. Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 10 é possível observar que os postos de acabamento devem dispor de água e gás comprimido, já que é um processo com liberação de materiais particulados.

Em seguida, foi explicitada a relação das atividades da empresa, representadas por seus respectivos setores. Essa relação consta na Figura 6, que deve ser interpretada da seguinte maneira: a importância da proximidade entre setores se reduz com a diminuição do número de linhas que interliga os círculos que os representam. Em outras palavras, setores interligados por uma maior quantidade de linhas devem estar próximos uns dos outros, enquanto aqueles conectados por uma menor quantidade podem se localizar mais afastados. Assim, dois setores interligados por quatro linhas obrigatoriamente devem estar próximos, enquanto a proximidade de setores interligados por apenas uma linha não é crucial. Por outro lado, setores conectados por uma “mola” precisam estar afastados.

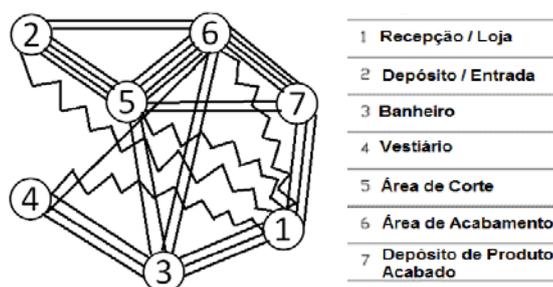


Figura 6:Relação das atividades. Fonte: Elaboração própria.

Tomadas todas as informações acima, tanto acerca da simulação quanto do SLP, estabeleceram-se três alternativas *layouts* adequados para a empresa, visando atender todos os requisitos determinados, bem como o fluxo do processo.

Na primeira alternativa não foi alterada a localização e as dimensões da loja (representada na Figura 4). As dimensões das áreas de corte e acabamento, no entanto, foram aumentadas e alocadas lado a lado.

Na segunda alternativa de *layout*, a localização da loja foi alterada. Porém, essa alteração acarretou maiores tempos de transporte, visto que, em relação à primeira proposta, as placas de mármore passaram a percorrer um espaço maior durante o processamento.

Na terceira alternativa, a loja foi mantida na mesma posição em que estava no *layout* atual, apesar de ter sido ampliada. Outras alterações foram feitas, tais como: aumento do espaço nas áreas de corte e acabamento, realocação da área de corte e de acabamento (para que ficassem com maior contato uma da outra e, também, próximas dos depósitos de matéria prima e produto acabado, respectivamente) e criação de um espaço para aluguel.

Esses arranjos alternativos foram avaliados, como pode ser observado na Figura 7.

FATOR/CONSIDERAÇÃO	W.T.	A	B	C	D
1 Relacionamento das Atividades	7	E 21	I 14	E 21	
2 Fluxo de Material e Economia do Manuseio	9	E 27	O 9	E 27	
3 Aparência e Facilidade de Organização	8	I 16	E 24	E 24	
4 Investimento Mínimo	6	I 12	O 6	E 18	
5 Facilidades nas Entregas pelas duas saídas	6	A 24	E 18	A 24	
TOTAIS		100	71	114	

Figura 7: Análise dos arranjos alternativos. Fonte: Elaboração própria.

O terceiro *layout*, que recebeu melhor pontuação na Figura 7, está representado na Figura 8. Suas vantagens em relação ao estado atual da empresa são: adesão do espaço inutilizado à planta, a loja ter sido ampliada para ter um mostruário (atendendo melhor aos clientes) e para ter parte para estoque de cubas, a área acabamento ter passado estar mais próximo do Depósito de Produto Acabado, a área de corte e acabamento terem ficado com espaços maiores (no caso da área de acabamento, esse maior espaço foi preciso para que fosse possível a inclusão dos dois postos de trabalho que se mostraram necessários através das simulações), ter sido criada uma loja para aluguel, para aumentar rendimento mensal (pois houve área excedente ao que era necessário) e a área de matéria prima ter passado a ter contato direto com corte e depósito de produto acabado.

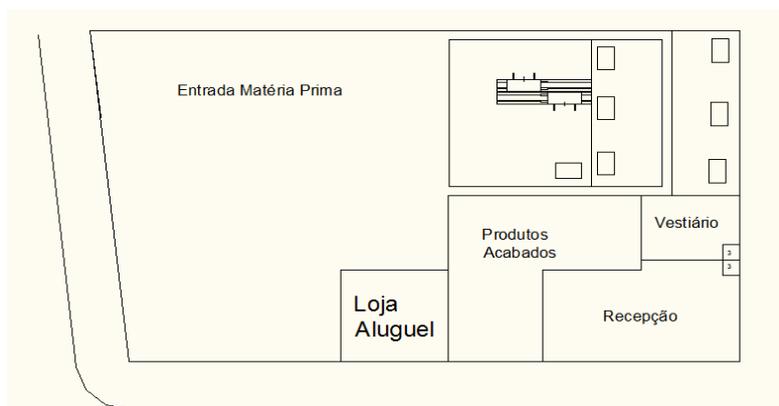


Figura 8: Melhor *layout* projetado. Fonte: Elaboração própria.

Por fim, com a utilização da simulação e do SLP foi possível estabelecer um *layout* que solucionasse grande parte dos problemas da empresa. Porém, alguns fatores, como por exemplo, o transporte entre os postos de trabalho, não foi determinante para a melhoria do processo nesse momento, pois foi possível observar na simulação que a maior velocidade no transporte apenas ocasionaria uma maior fila antes do acabamento.

Por outro lado, outros problemas também foram visualizados através da simulação, e não necessariamente poderiam ser solucionados apenas com a mudança no *layout*. Por exemplo, a falta de padronização provoca perdas de matéria prima, tanto na operação quanto no transporte de materiais. Muitas placas são quebradas em decorrência da forma inadequada como são manuseadas.

Uma forma de mitigar essa falha seria a utilização de uma máquina que faça brita a partir das placas de tamanhos não aproveitáveis provenientes das quebras. Entretanto, antes de realizar essa compra é necessário conscientizar os operadores a não tornarem rotina o desperdício, adotando uma postura voltada para qualidade. A utilização dessa máquina não deve ser o foco da empresa, podendo ser ainda, vista como um indicador que mostra quando o desperdício está acima do tolerável. Isso estimularia os gestores a ter um planejamento do limite de falhas.

Além disso, também foi visualizado que há um mau aproveitamento das placas no momento do corte que é feito com base na percepção do operador, sem utilização de um *software*. Com a simulação verificou-se que, em média, R\$ 103.200,00 são perdidos ao ano por conta dos desperdícios das rebarbas. Portanto, seria conveniente a utilização de um *software* para o melhor aproveitamento do material.

## 5. Considerações finais

A integração das ferramentas SLP e de simulação computacional permitiram determinar um layout mais eficiente para a empresa no sentido de agregar áreas com processos subsequentes de modo a diminuir transportes e melhorar a fluidez do processo. Além disso, foi possível desenvolver alternativas para ganho de produtividade pela diminuição do *lead time*.

Foi verificado que, em comparação com o cenário atual da empresa, o terceiro cenário simulado apresenta uma grande saída de produtos, o que corresponde a um aumento decerca de 40% na produção anual. Outro dado comparativo demonstra que a fila média de produtos no acabamento passa a ser 99,4% menor, assim como o tempo médio na fila reduz na mesma proporção. Em relação ao *lead time médio*, foi observado que o mesmo se reduziu muito. O maior no cenário atual era de 378,04 horas e no novo cenário o maior passou a ser de apenas 12,19 horas.

Assim, para minimizar gastos com reforma, foi desenvolvido um *layout* que se adapta a estrutura previamente existente na organização, porém, com modificações que vão desde a regularização do terreno (planificação), até o aumento de setores, visando qualidade na ergonomia e aumento da capacidade produtiva.

Também foi sugerido o estudo de tempos e movimentos e a contratação de funcionários para o posto de acabamento, possibilitando aumentar a produção anual e a redução do tempo de entrega do produto.

O processo de melhoria, no entanto, deve ser contínuo, o que inclui alguma periodicidade nas análises e utilização de outras ferramentas, tais como 5S e mapeamento de processos.

#### Referencias

- Carmo, B. B. T. do, Albertin, M. R., Coelho, F. J. do R.,** *Proposta de integração de ferramentas em um sistema de gestão*. III SEGET – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Resende, RJ, 2006.
- Correia, B. R. de B., Barreira, M. V. da S., Figueiredo, F. J. S. de, Baltazar, C. C.,** *Implantação do programa 5S em um setor de injeção termoplástica sob aspectos da melhoria contínua*. ENEGEP, São Carlos, SP, Brasil, 2010.
- Costa, A. J.** *Otimização do Layout de produção de um processo de pintura de ônibus*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, PPGEP, Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.
- Erlang,** Arena 2013, ([www.erlang.com.br/arena.asp](http://www.erlang.com.br/arena.asp), 04, 2013).
- Farias, Adalberto Cajueiro de.** *Ferramentas CASE: Suporte, Adoção e Integração*. Monografia de Engenharia de Software, Universidade Federal de Pernambuco, 2001.
- Meirelles, A. F., Meirelles, L. A., Barbastefano, R. G., Flexa, R. C.,** *Simulação e Layout - Um Estudo de Caso*. ENEGEP, Salvador, BA, Brasil, 2009.
- Muther, R,** *Systematic Layout Planning*, Cahners Books, Boston, 1973.
- Muther, R; Wheeler, J.D,** *Planejamento sistemático e simplificado de layout*. IMAM, São Paulo 2000.
- SEBRAE – Serviço de Apoio as Micro e Pequenas Empresas do Espírito Santo.** Série Perfil de Projetos Produtos Beneficiados de Mármore e Granito, Vitória, 1999.
- Silva, C. E. Da,** *Implantação de um programa “5S”*. XXIII - ENEGEP in Anais...ABEPRO, Ouro Preto, 2003 ([www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003\\_TR0201\\_0471.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0201_0471.pdf), 04, 2013).
- Souto, M. S. M. L,** *Apostila de Engenharia de métodos*. Curso de especialização em Engenharia de Produção, Universidade Federal de João Pessoa, 2002. (<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/48283/1/engenharia%20M%C3%A9todos.pdf>, 04, 2013).
- Vergara, S.** *Projetos e relatórios de Pesquisa em Administração*, Ed. Atlas, São Paulo, 2007.
- Yang, T.; Su, C.; Hsu.** (2000), *Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities*. International Journal of Operations & Production Management, v. 20, n. 11, p. 1359-1371.