

## UMA PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO EM UMA INDÚSTRIA RECICLADORA DE RESÍDUOS HOSPITALARES

### A PROPOSAL FOR A PHYSICAL ARRANGEMENT IN A RECYCLING INDUSTRY OF HOSPITAL WASTE

### UNA PROPUESTA DE DISPOSICIÓN FÍSICA EN UNA INDUSTRIA DE RECICLAJE DE RESIDUOS DE HOSPITALES

Walter Roberto Hernández Vergara<sup>1</sup> ([waltervergara@ufgd.edu.br](mailto:waltervergara@ufgd.edu.br))  
Fabio Alves Barbosa<sup>2</sup> ([fabioalvesbarbosa@ufgd.edu.br](mailto:fabioalvesbarbosa@ufgd.edu.br))  
Juliana Suemi Yamanari<sup>3</sup> ([jusuemi@sc.usp.br](mailto:jusuemi@sc.usp.br))

<sup>1,2</sup>Universidade Federal da Grande Dourados/UFGD

<sup>3</sup>Universidade de São Paulo/USP

#### Resumo

O presente artigo apresenta um estudo de caso em uma usina de reciclagem de resíduos hospitalares (SanCristo) que, devido ao grande rigor da legislação que regula o destino dos Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde, tanto dos pequenos como dos grandes geradores, a empresa teve um aumento rápido e significativo em sua demanda, principalmente por ser a única que atende a região da Grande Dourados. Um novo *layout* foi proposto a partir de estudos considerando a capacidade atual da empresa, fluxos do processo produtivo, segurança do trabalhador e demanda da região. A metodologia utilizada baseou-se no SLP (*Systematic Layout Planning*) e viabilizou o estudo segundo a realidade atual da empresa. A presente pesquisa possibilitou identificar os recursos que limitam a melhoria da produtividade da empresa, capacidade ociosa de alguns postos de trabalho e gargalos. Por fim, o trabalho em questão proporcionou à SanCristo mais flexibilidade e alinhamento das atividades, descongestionando operações que estavam inicialmente comprometidas.

**Palavras-chave:** Arranjo físico, Metodologia SLP, *Layout* industrial.

#### Abstract

This article presents a case study in a medical waste recycling plant (SanCristo) that, because of the rigor of the law governing the destiny of Solid Waste Health Services, both the small and the large generators, the company had rapid and significant increase in demand, especially for being the only which serves the Grande Dourados region. A new layout has been proposed from studies considering the current capacity of the company, the production process flows, worker safety and demand in the region. The methodology used was based on the SLP (Systematic Layout Planning) and made possible the study according to the current reality of the company. This research allowed to identify the resources that limit the improved business productivity, idle capacity of some jobs and production bottlenecks. Finally, this study provided to SanCristo more flexibility and alignment of activities, decongesting operations that were initially committed.

**Keywords:** Physical arrangement, SLP methodology, Industrial layout.

#### Resumen

En este artículo se presenta un estudio de caso en una planta de reciclaje de residuos hospitalarios (SanCristo) que, por el rigor de la ley que rige el destino de los Residuos Sólidos de Servicios de Salud, tanto de los pequeños y de los grandes generadores, la empresa tuvo un incremento rápido y significativo de su demanda, sobre todo por ser el único que sirve la región de Grande Dourados. Una nueva disposición ha sido propuesta a partir de estudios teniendo en cuenta la capacidad actual de la empresa, los flujos de procesos de producción, la seguridad de los trabajadores y la demanda en la región. La metodología utilizada se basó en la SLP (Systematic Layout Planning) e hizo posible el estudio de acuerdo a la realidad actual de la empresa. Esta investigación nos ha permitido identificar los recursos limitados para mejorar la productividad de la empresa, la capacidad ociosa de algunos puestos de trabajo y los cuellos de botella. Finalmente, el estudio proporcionó a SanCristo más flexibilidad y la alineación de las actividades, descongestionando operaciones que fueron cometidos inicialmente.

**Palabras clave:** Disposición física, Metodología SLP, Diseño Industrial.

## 1 Introdução

O atual cenário competitivo entre as indústrias preconiza o aumento de eficiência em suas operações produtivas e em seus processos de gestão. Nos últimos anos, as organizações têm se preocupado em gerir de maneira adequada seus resíduos sólidos, redesenhando os processos produtivos, bem como readequando as condições dos resíduos contaminantes, principalmente em hospitais, clínicas, farmácias, serviços de saúde em geral, promovendo, dessa forma, consciência ambiental e ruptura de costumes obsoletos.

A preocupação com os riscos impostos à saúde pública e ao meio ambiente, por uma gestão inadequada dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde (RSSS) teve um aumento significativo nas últimas décadas devido ao conhecimento cada vez mais difundido dos prejuízos que os RSSS podem causar e também às políticas públicas que passaram a indicar o destino e a segregação adequados. Segundo Brasil (2013a), os RSSS, por serem tóxicos, podem ser letais devido ao alto potencial de transmissão de doenças.

Nesse sentido, a Indústria de Inertização de Resíduos de Saúde do Brasil nasce por força de uma nova Política Nacional de Resíduos Sólidos que, depois de discutida há alguns anos pelas autoridades brasileiras, culminou com a lei, em agosto de 2010, que imputa responsabilidade sobre os geradores de resíduos e obriga todas as entidades geradoras, ou participantes da cadeia em que são gerados resíduos, a elaborarem e participarem de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Dessa forma, os geradores e participantes da cadeia são responsáveis pela disposição dos resíduos dentro de parâmetros estabelecidos regionalmente (BRASIL, 2013b).

Além disso, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) acrescentam que todo o resíduo sólido deve ser tratado por uma empresa especializada que tem como responsabilidade atender a demanda e processar os resíduos de maneira segura e adequada. Porém, por se tratar de um serviço particular, muitas vezes os geradores de resíduos optam pelo recolhimento gratuito realizado pela prefeitura dos municípios que, geralmente, não realizam o tratamento adequado (BRASIL, 2005).

No âmbito regional, em Dourados/MS, o destino dos resíduos sólidos de serviço de saúde pode ser considerado precário, uma vez que a cidade conta com apenas uma empresa que faz a coleta de maneira adequada, inertizando os resíduos e os depositando em aterros. Os mesmos, em sua grande maioria, são coletados de maneira imprópria e expostos sem qualquer tratamento, comprometendo o solo e a saúde da população do município mencionado.

Nesse contexto, o estudo do arranjo físico de uma usina de inertização de Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde (RSSS) é fundamental, já que as disposições das máquinas e equipamentos utilizados para o tratamento dos resíduos estão diretamente relacionadas à segurança dos funcionários que realizam o manejo desses materiais e estão expostos frequentemente ao alto grau de contaminação.

A usina recicladora de resíduos hospitalares do município de Dourados foi planejada para atender aproximadamente uma tonelada por dia, diante de uma realidade em relação às

obrigações dos geradores de resíduos totalmente diferentes há dois anos. Desde 2013, a empresa passou a atender aproximadamente 1,8 toneladas/dia. Esse rápido incremento no processo de produção (aproximadamente 80%) fundamenta a necessidade de adaptação da planta industrial.

A organização de um processo produtivo pode conduzir a um aumento na produtividade da empresa e está relacionado ao atendimento aos prazos de entrega impostos que pode ser considerado um fator determinante de competitividade. Assim, a produtividade que é a relação entre os resultados da produção e os recursos produtivos a ela aplicados pode ser medida em dois níveis: operacional (aumento da capacidade produtiva dos recursos envolvidos em um conjunto de operações – conceito taylorista) e empresarial (relação entre os custos consumidos reais e o trabalho realizado na cadeia produtiva desde os fornecedores até os clientes, ou seja, cálculo da receita líquida, dos custos e das despesas totais denominadas como taxa de valor agregado - taxa que mede o desempenho realmente obtido com o que foi gasto) (FOSTER-McGREGOR e STEHRER, 2013; KOOPMAN; WANG; WEI, 2014).

Nesse contexto, destacam-se alguns fatores que influenciam a baixa produtividade da empresa como a ineficiência do processo produtivo e a incorreta disposição de máquinas e equipamentos que podem implicar em aumento de tempos inativos (espera) no âmbito da mão de obra, máquinas ou materiais.

Assim, o objetivo que norteia o presente trabalho é a necessidade de readequação do arranjo físico das instalações da empresa, com base nos princípios e ferramentas do planejamento do *layout* industrial. Já os objetivos específicos incluem uma ampla revisão da literatura, estudo e identificação das etapas da metodologia no planejamento de *layout* (SLP - *Systematic Layout Planning*) e a análise das possibilidades de melhoria. Assim, os fluxos do processo devem ser redefinidos para permitirem que o ambiente de trabalho seja capaz de atender o aumento de demanda e reduzirem custos de movimentação de materiais e mão de obra desnecessários que não agregam valor. O forno inertizador deve ser gerenciado de forma a promover a manutenção e o controle das funções e componentes dos ecossistemas, conduzindo à sustentabilidade ambiental.

## **2 Revisão da literatura**

Um sistema de manufatura deve ter como principal objetivo a maximização da produtividade que depende da complexidade do produto a produzir, qualidade das matérias-primas, complexidade do sistema de produção e disposição dos postos de trabalho que constituem o sistema de produção. Ainda, um sistema de fabricação envolve tanto parâmetros que são determinados no projeto de produto e são imutáveis como inúmeras variáveis que podem ser ajustadas ou melhoradas. O desafio do presente trabalho consiste em determinar a melhor disposição física dos fatores de produção que tem um grande impacto no desempenho do sistema, ou seja, trata-se de um problema de *layout* industrial.

Nesse contexto, Matos, Mariano e Almeida (2010) comentam que uma disposição eficiente do arranjo físico permite que os diferentes fatores complexos que integram uma organização produtiva sejam engrenados formando um sistema integrado que deve atingir os objetivos da empresa, por exemplo, o atendimento à demanda e a redução de desperdícios. Para Abraham e Sasikumar (2013), Tao et al. (2012) e Yahya e Saka (2014), as novas tendências apontam que o *layout* pode ser definido como um problema cujo objetivo consiste em melhorar a eficiência da disposição dos fatores de produção, considerando todas as interações possíveis entre esses fatores e os sistemas de manuseio de materiais.

Assim, Wiyaratn, Watanapa e Kajondecha (2013) otimizaram o *layout* em uma fábrica de conservas de peixe, baseado no relacionamento de atividades de fluxo de material, fundamentando-se na metodologia SLP e no fluxo de cargas de trabalhos realizados. Relataram que o fluxo de atividades do processo foi reorganizado e os gargalos, eliminados. A otimização de um *layout* pode ser de grande importância para uma produção eficiente desde que ela trate o conjunto das estações de trabalho como uma unidade sistêmica e faça com que a instalação apresente altos índices de eficiência e produtividade. Ainda, a organização da planta proposta deve possibilitar a redução/eliminação das perdas existentes no processo produtivo, por exemplo, a quantidade de horas-homem na realização de operações produtivas, o lead time do processo de produção, bem como a quantidade de inventários entre os diferentes processos, entre outros.

Patil e Kuber (2014), por sua vez, estudaram o *layout* de uma fábrica de automóveis devido à complexidade das operações existentes e desequilíbrio econômico do fluxo de material na linha de montagem. O objetivo da pesquisa nesse caso foi melhorar a produtividade dos processos, baseando-se também na abordagem SLP.

Para De Carlo et al. (2013), as modificações de um *layout* industrial devem conduzir a minimização do movimento total de material interdepartamental em uma organização produtiva, reduzindo o tempo de ciclo do processo sem prejuízos na produção. Nesse sentido, vale ressaltar que muitas propostas de alteração de *layout* representam um gasto elevado para sua implementação, além da dificuldade inerente, uma vez que demandam mudanças na filosofia de trabalho de toda a organização.

Finalmente, o crescente número de novas empresas com tamanhos, tecnologias e processos distintos impulsiona a realização de pesquisas que definem arranjos físicos adequados para cada empresa especificamente. Na literatura, podem ser encontrados diversos tipos de arranjos físicos, cada um com suas vantagens, aplicações e restrições. De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), a grande maioria é derivada de quatro tipos básicos ou é uma combinação deles: posicional, por processo, celular, por produto e mistos, descritos a seguir:

- O arranjo físico posicional se caracteriza pela não movimentação dos recursos transformados entre os recursos transformadores, pois quem sofre o processamento fica estacionário;

- O arranjo físico funcional recebe esse nome, pois se adapta às necessidades das funções desempenhadas pelos recursos transformadores do processo;
- O arranjo físico celular é caracterizado pelos recursos transformados, entrando na operação, sendo pré-selecionados para movimentarem uma célula em que todos os recursos transformadores se encontram para necessidades dos processos;
- O arranjo físico por produto consiste em localizar os recursos produtivos transformadores, definidos pela sequência de fabricação com fluxo bem estabelecido e facilidade de acompanhamento da produção, não havendo possibilidades de mudança no sistema;
- O arranjo físico misto combina elementos de todos os tipos básicos de arranjo ou pelo menos de alguns.

### 2.1 Planejamento Sistemático de Layout

Um projeto de *layout* industrial consiste no arranjo de um espaço de trabalho e seu planejamento se constitui em um sistema logístico importante e vital na melhoria da eficiência e produtividade da organização. O projeto deve se preocupar com a distribuição e disposição física dos recursos que determinam os fluxos adequados dentre os diferentes tipos de arranjos (MATOS; MARIANO; ALMEIDA, 2010; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

A metodologia SLP é utilizada para organizar o ambiente de trabalho em um sistema de manufatura, por meio de procedimentos baseados na identificação, classificação e visualização dos elementos envolvidos no planejamento do *layout*. O resultado da aplicação deve permitir uma circulação efetiva do fluxo de material no processamento do produto ao custo mais baixo e com a menor quantidade de manipulação de material.

Segundo Matussek (2012), um projeto de disposição de planta deve começar pelo aspecto global e chegar até os postos de trabalho. Por isso, as questões estratégicas são prioritárias no projeto. Entre os principais fatores/recursos que devem ser considerados na tomada de decisão estão: materiais e insumos, *mix* de produtos, processos de fabricação, segurança entre outros.

Já em relação ao planejamento de um arranjo físico de forma mais estrutural, Tompkins et al. (2010) afirmam que, em 1978, Muther desenvolveu a metodologia SLP (*Systematic Layout Planning*), cujo objetivo principal concentrava-se na melhoria da disposição dos fatores de produção em projetos de instalações produtivas. A aplicação da metodologia demanda a execução das seguintes fases:

- Fase I: Localização – determinação da área em que será instalado o novo *layout*;
- Fase II: Arranjo físico geral – determinação da organização de todas as áreas, definindo fluxos e inter-relações, resultando, assim, no chamado arranjo *block layout* (arranjo de blocos);
- Fase III: Arranjo físico detalhado – estabelecimento do local onde serão instalados os equipamentos, maquinários e toda a infraestrutura destinada à produção;
- Fase IV: Implantação – execução de todo o planejamento realizado anteriormente.

As fases são interdependentes, devem ser sistematicamente respeitadas e o escopo do projeto necessita, no máximo, de duas fases, principalmente nos casos de reestruturações de arranjos já existentes em que há a necessidade de melhorias mais específicas.

### 3 Metodologia

O método escolhido para executar o planejamento do *layout* no presente estudo de caso foi o SLP (*Systematic Layout Planning*) proposto por Muther (1978), pelas seguintes características: o planejamento é executado de forma sistêmica, isto é, todas as etapas têm características próprias e são bem definidas. O planejamento considera aspectos quantitativos e qualitativos do projeto e não demanda grandes esforços de processamento de dados como os algoritmos computacionais, que se tornam complexos quando há grande quantidade de postos de trabalho.

Para a realização do trabalho em questão, utilizou-se a fase II da metodologia SLP, que consiste na determinação e organização de todas as áreas, com definição de fluxos e inter-relações, resultando assim no chamado arranjo *block layout* (arranjo de blocos). Já a coleta de dados foi realizada no chão de fábrica e serviu para estudar, analisar e identificar as melhorias no arranjo físico atual da usina de inertização de resíduos sólidos de saúde.

Ainda, os dois primeiros passos da fase II foram utilizados para identificar as atividades necessárias, classificando as relações e determinando as quantidades e os espaços necessários para cada uma delas. A terceira e quarta etapas da supramencionada fase foram usadas para a coleta de informações pertinentes para a elaboração dos diagramas para que algumas soluções alternativas pudessem ser determinadas. O quinto passo serviu para avaliar os *layouts* alternativos considerados mais viáveis. Finalmente, na sexta etapa, determinou-se o *layout* mais adequado indicando todos os equipamentos e instalações nos locais apropriados, concluindo dessa forma o método SLP (TOMPKINS, et al. 2010).

Segundo Tompkins et al. (2010), o sistema de planejamento de *layout* de Muther (SLP) é uma das técnicas mais práticas para organizar e redistribuir os elementos de um sistema de fabricação. A metodologia envolve dez passos, mostrados a seguir:

1. O fluxo de materiais.
2. Relacionamento entre as atividades.
3. Diagrama de relacionamento.
4. Requerimento de espaço.
5. Espaço disponível.
6. Diagrama de relacionamento de espaço.
7. Análise de sensibilidade ou modificação das considerações iniciais.
8. Limitações práticas.
9. Desenvolvimento de alternativas de *layout*.
10. Avaliação e flexibilidade do sistema.

Na presente pesquisa, utilizou-se três ferramentas adequadas para a aplicação da metodologia SLP de Muther (1978), que são: gráfico de relacionamentos, gráfico do fluxo de processo e diagrama de fluxo do processo. A seguir estão descritos os procedimentos adotados.

- Dados de entrada: variáveis que devem ser respeitadas e pensadas antes do início da análise do arranjo físico;
- Fluxo de materiais: elemento principal para o projeto que permite identificar fluxos, área, sequência de operações, velocidade e deslocamentos;
- Inter-relação de atividades: identificação das necessidades de proximidades entre os postos de trabalho, tendo o diagrama de relações como sua principal ferramenta, utilizando uma escala de (A) para prioridade de proximidade, (E) especialmente importante, (I) para importante, (O) para proximidade normal, (U) sem importância e (X) para proximidade não desejada;
- Diagrama de inter-relações: utilizado para o mapeamento dos fluxos dos materiais e as principais ligações que os postos de trabalho terão. As ligações são feitas por meio de linha, sendo que a quantidade de linhas é diretamente relacionada à importância de um posto para o outro, utilizando a escala já definida na etapa anterior: (A) ligação de quatro linhas, (E) três linhas, (I) duas linhas, (O) uma linha e (X) uma linha ziguezague;
- Espaço necessário: determina o espaço a ser utilizado para o maquinário e equipamentos;
- Espaço disponível: considera o espaço que poderá, no futuro, ser utilizado para o maquinário e equipamentos;
- Diagrama de inter-relações de espaços: apresenta um arranjo físico prévio, levando em consideração que já houve balanceamento de espaços;
- Considerações de mudanças: fase importante pois, dá ao projetista a oportunidade de avaliar necessidades e métodos de movimentação dentro de cada setor;
- Limitações práticas: custos, viabilidade, segurança, entre outras limitações que devem ser consideradas;
- Avaliação de alternativas: na avaliação final, além do bom senso para a escolha, deve-se ponderar pontos fundamentais entre limitações e benefícios.

## **4 Resultados e discussões**

### **4.1 Identificar o envolvimento das atividades**

A etapa de identificação do envolvimento das atividades consistiu em analisar a situação atual da empresa para identificar as atividades envolvidas e os principais problemas, possibilitando o desenvolvimento de soluções alternativas. Nessa etapa foram realizadas entrevistas informais com os colaboradores da empresa. Ainda, o *layout* inicial da fábrica foi representado utilizando o programa AutoCAD com base nos dados primários coletados da fábrica (Figura 1).



Fonte: Autores.

O diagrama exibido na Figura 2 exibe nove setores elencados no processo e estabelece o relacionamento deles pela proximidade e objetivo. Esse primeiro passo da metodologia é fundamental porque direciona todos os aspectos que são considerados para a elaboração do *layout* que atenda às necessidades reais da usina. A representação do supracitado diagrama foi realizada com base em informações e dados levantados pela empresa objeto de pesquisa e serve de base para a análise do fluxo de materiais.

#### 4.2 Identificar as necessidades para o fluxo

Para identificar as necessidades específicas do arranjo físico foi necessário observar as rotinas de trabalho, realizar cronometragens e promover entrevistas informais. O diagrama de relações feito no primeiro passo da metodologia também foi essencial para a elaboração da folha das áreas e características das atividades, presentes no Quadro 1.

**Quadro 1 – Folha das áreas da SanCristo**

**Importância Relativa das Características**  
A - Absolutamente Necessário  
E - Especialmente Necessário  
I - Importante  
O - Proximidade Normal

Atividade			Características Físicas Necessárias						Anotar os requisitos Necessários para a forma ou configuração e consequentemente as razões
Nº	NOME	Área	Água e Drenos	Vapor	Ar Comprimido	Perigo de Incêndio	Ventilação Especial	Eletrificação Especial	
1	Descar. De Resíduos	31,5m <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	
2	Pesagem	—	—	—	—	—	—	—	a
3	Higienização	18,5m <sup>2</sup>	A	—	—	—	E	—	
4	EPI's	—	—	—	—	—	I	—	b
5	Câmara Fria	22m <sup>2</sup>	—	—	—	—	A	A	
6	Sala Pré-Operação	37m <sup>2</sup>	—	—	—	—	A	—	
7	W.C	—	A	—	—	—	—	—	c
8	Forno Inertizador	161m <sup>2</sup>	—	—	A	A	A	A	
9	Carreg. Resíduo Tratado	—	—	—	—	—	A	—	
		270							

Referências e a: Pesagem no mesmo local do descarregamento  
Observações b: Os Equipamentos de Proteção Individual ficam juntos a sala de higienização  
c: Na planta atual o banheiro fica fora do arranjo físico

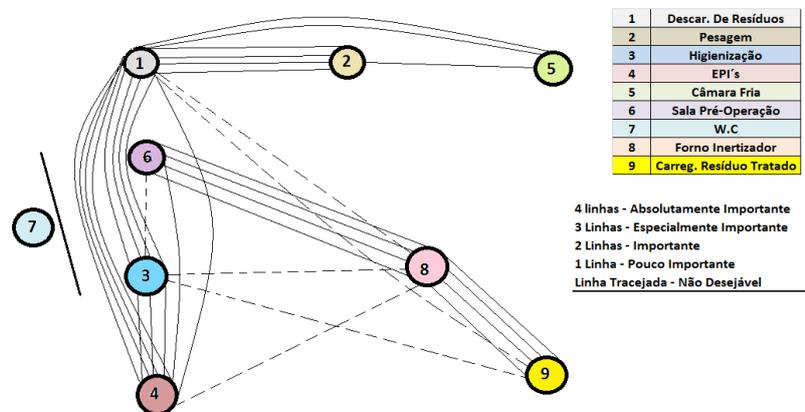
Fonte: Autores.

A determinação do espaço disponível é necessária e é obtida através do levantamento das dimensões de cada componente de produção (máquinas e equipamentos) utilizado por meio de instrumentos de medição adequados. O Quadro 1 mostra as áreas mínimas necessárias para o novo arranjo físico, bem como os níveis de importância nas características físicas necessárias de cada atividade.

#### 4.3 Relacionar as atividades graficamente

O esboço gráfico do arranjo físico atual (Figura 3) foi construído a partir da definição das unidades de produção e de suas afinidades, utilizando-se conjuntamente o diagrama de relações

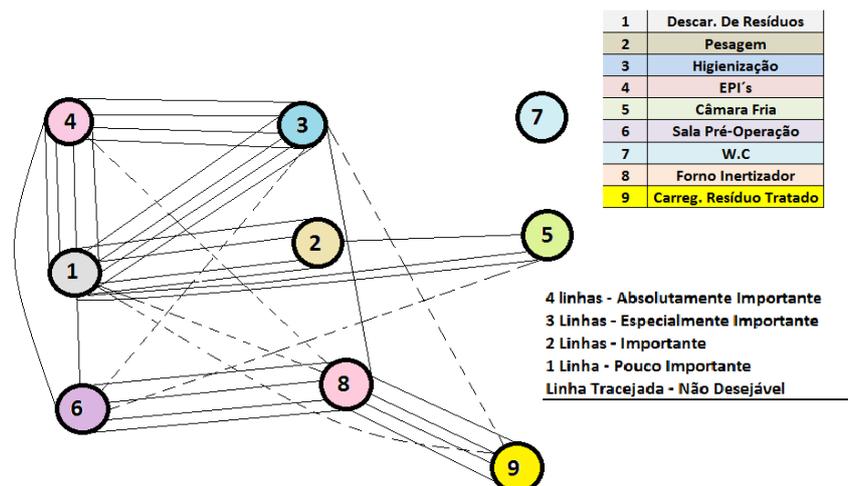
(Figura 2) e a folha das áreas (Quadro 1). O objetivo do esboço é reduzir as distâncias e os cruzamentos entre as atividades nas quais existe uma alta afinidade.



**Figura 3 – Esboço gráfico atual SanCristo**  
Fonte: Autores.

A Figura 3 mostra algumas atividades que necessitam de maior proximidade como, por exemplo, os círculos 3 (Higienização) e 4 (EPI'S), que estão distantes do círculo 1 (Descarregamento de Resíduos) e apresentam um nível de Absoluta Importância representada por quatro linhas contínuas.

Diante desse esboço fica evidente a necessidade de mudanças no arranjo físico, pois um aumento de fluxo dificultaria as operações da empresa, inclusive colocaria em risco a segurança do trabalhador. Assim, a Figura 4 apresenta uma proposta de arranjo físico com proximidades mais coerentes segundo as necessidades das atividades.



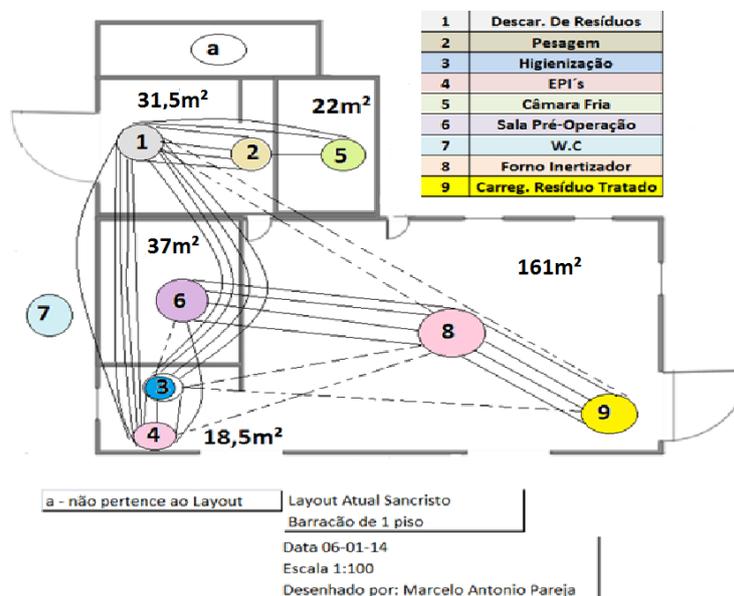
**Figura 4 – Esboço gráfico proposto SanCristo**  
Fonte: Autores.

O resultado da reorganização alterou a disposição de algumas unidades de produção visando a redução dos cruzamentos e assim foram minimizadas as perdas decorrentes. Algumas unidades não foram alteradas devido ao baixo grau de afinidade.

#### 4.4 Desenhar o esboço necessário para cada atividade

A determinação do espaço de cada fator de produção é fundamental no projeto do *layout*. No estudo, os corredores no *layout* foram observados de forma criteriosa, uma vez que os mesmos estão ligados às áreas comuns e precisam de espaços consideráveis a fim de evitar congestionamentos. No cálculo não foi considerada a dimensão vertical devido à constatação de não movimentação de material na mesma.

Segundo Matos, Mariano e Almeida (2010), existem vários métodos para o cálculo de espaço. No presente estudo, utilizou-se o mais básico, em que cada unidade de produção é medida e, ao final, suas dimensões são somadas às dimensões de corredores e espaços para movimentações, obtendo-se, desta forma, o espaço total necessário. A Figura 5 mostra o resultado da aplicação do referido cálculo.



**Figura 5** – *Layout* atual em relação aos espaços.  
Fonte: Autores.

O mesmo procedimento foi utilizado para elaborar o *layout* proposto representado na Figura 6.

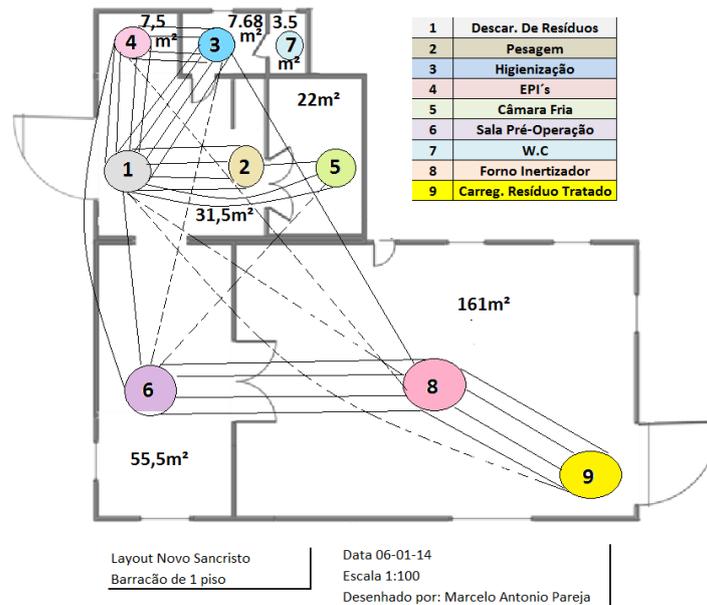


Figura 6 – Layout proposto em relação aos espaços.  
Fonte: Autores.

#### 4.5 Identificar o melhor arranjo físico

Posteriormente à realização das etapas iniciais da metodologia, analisou-se a adequação do novo layout proposto (se atende às necessidades das atividades do processo), permitindo definir a implementação ou não do mesmo. Para realizar uma análise mais precisa, utilizou-se a folha de avaliação das alternativas, que consiste em estabelecer os fatores mais relevantes do layout e atribuir valores, tornando, assim, uma escolha mensurável como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Folha de avaliação das alternativas SanCristo.

**AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS**

**Fábrica/Indústria: SanCristo - Saúde e Ambiente LTDA.** Projeto: Novo Layout

Classificação das Alternativas

a - Layout Atual  
b - Layout Proposto

Peso Atribuído/Classificado/Calculado por: Marcelo Antonio Pareja

FATOR/CONSIDERAÇÃO	PESO	a	b
1 Utilização de Equipamentos	8	A/32	O/8
2 Eficiência de Movimentação	9	A/36	E/27
3 Eficiência de Utilização de Espaços	9	E/27	I/18
4 Vínculo dos Serviços de Suporte	6	I/12	I/12
5 Adaptabilidade e Versatilidade	7	E/21	I/14
6 Facilidade de Controle e Supervisão	10	E/30	I/20
7 Aparência	3	E/9	O/3
8 Uso das Condições naturais	2	I/4	I/4
9 Adapta-se com a estrutura organizacional da empresa	5	E/15	O/5
TOTAIS		186	111

obs: A = Quase perfeito (4), B = Especialmente Bom (3),  
I = Resultados Importantes (2), O = Resultados Normais (1),  
U = Resultados sem Importância (0).

Fonte: Autores.

A folha de avaliação serviu para avaliar o projeto antigo e o proposto. O resultado da análise do layout proposto em relação ao layout atual da empresa foi de 75 pontos de diferença. Assim é possível afirmar que o layout proposto proporcionará à usina SanCristo melhores

condições de trabalho, otimizando o seu fluxo, reduzindo os gargalos e oferecendo mais segurança ao trabalhador.

#### 4.6 Detalhar o plano de Layout selecionado

Normalmente, um projeto de *layout* está ligado à movimentação de materiais. Na empresa, o sistema de movimentação de materiais não é um fator decisivo na escolha de um *layout*, tendo em vista que os materiais percorrem distâncias pequenas, além de serem consideravelmente leves. A maioria das movimentações acontece de forma manual ou por meio de veículos manuais, eliminando a necessidade de utilizar sistemas complexos e caros.

Dessa forma, propôs-se um projeto de arranjo físico levando em consideração as características das atividades dos processos, desde o posto de trabalho do operador até a última atividade do processo, bem como outras características pertinentes, visando a melhoria do processo produtivo e a eliminação de desperdícios. A referida proposta do projeto do *layout* está representada na Figura 7.

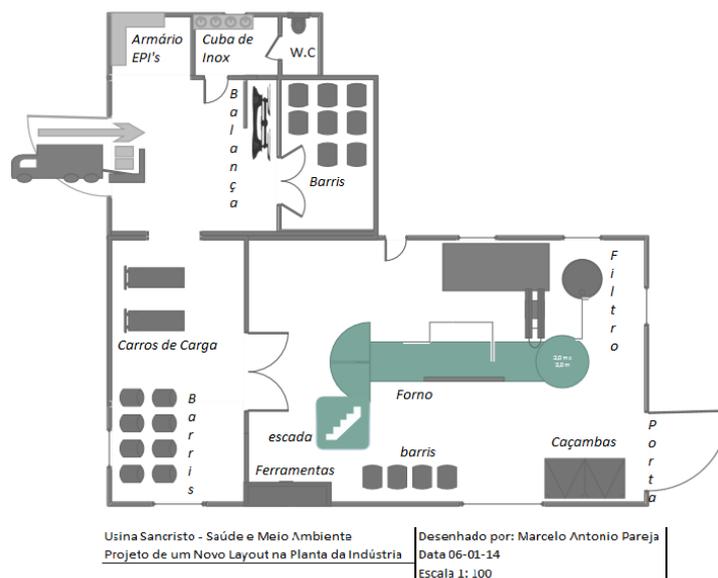


Figura 7 – Layout proposto detalhado SanCristo.  
Fonte: Autores.

## 5 Considerações finais

O problema de distribuição de planta e fluxo de processo pode ser resolvido em toda a sua extensão, apresentando inúmeras vantagens na movimentação de materiais, espaço disponível para a circulação efetiva de processos e armazenamento, por exemplo. O arranjo adequado dos processos, além de reduzir complicações relacionadas ao manuseio de materiais, também pode inferir na diminuição de tempos de ciclos, garantindo o atendimento mais eficiente da demanda.

Vale ressaltar que a empresa em estudo possuía, inicialmente, um arranjo físico inadequado, passível de melhorias, já que os espaços desordenados geravam perdas como o

tempo gasto nos transportes dos materiais, formação de filas nas atividades do processo, além de expor pontos de riscos de acidentes, falta de espaço para armazenamento e grande quantidade de materiais em estoque. O objetivo geral do presente estudo de caso foi analisar o arranjo físico atual da usina de inertização de resíduo hospitalar e adequá-lo em função do aumento da demanda de tal forma que os índices de produtividade fossem melhorados. O estudo foi realizado por meio de pesquisas bibliográficas, entrevistas informais e utilização da metodologia SLP.

A aplicação da metodologia SLP teve início com o levantamento das características básicas das atividades do processo fabril como a movimentação dos materiais no seu processamento e a identificação do sequenciamento das áreas ocupadas, permitindo determinar a futura e mais adequada disposição da planta fabril. Entre os resultados obtidos, pode-se mencionar a identificação das operações que mais estavam impactando na produtividade do sistema de produção, a determinação dos espaços necessários para a alocação das máquinas e equipamentos.

Ainda, o uso do fluxograma foi uma ferramenta de grande utilidade na concepção do novo arranjo físico. A partir de sua aplicação, analisou-se o conjunto de atividades envolvidas na localização dos setores de fabricação, linhas de produção, centros de trabalho, máquinas, funções auxiliares (ferramentaria, manutenção, entre outras) e na definição de rotas e meios de movimentação apropriados. Vale ressaltar que os modernos *layouts* são baseados no princípio de fluxo e a maior preocupação deles é fazer com que os materiais ou processos passem pelas atividades ou operadores sem interrupções e retrocessos.

O projeto proposto considerou as movimentações de chegada e controle dos resíduos, já que o forno inertizador não pode ser deslocado devido ao tamanho e à própria construção que foi preparada para receber tal carga. Na avaliação, o setor de forno foi analisado cuidadosamente, determinando que os colaboradores devem ser protegidos dos riscos do local, pois se trata de resíduos gerados por clínicas, farmácias e hospitais com alto grau de contaminação. Também, no novo *layout* foram contemplados os fatores de segurança e bem-estar dos colaboradores, sendo deslocados os setores de higienização, equipamentos de segurança e construção de um banheiro.

O principal benefício conseguido pela empresa foi o aumento de sua produtividade, isto é, o novo *layout* permitiu que os fatores de produção da empresa aumentassem seu rendimento em 67%. Também a distância percorrida pelos insumos foi reduzida em 33%, permitindo a diminuição do acúmulo de matéria-prima em certos setores e, como consequência, o tempo de ciclo do processo. Ainda, os espaços físicos foram mais bem utilizados, reduzindo congestionamentos nos postos de trabalhos e perda de tempo com o manuseio de materiais, aumentando a eficiência em 50%. Por fim, a proposta de um novo *layout* permitiu uma orientação mais assertiva no desenvolvimento das atividades, beneficiou o relacionamento entre as equipes

de trabalho, incrementou o desempenho dos colaboradores e proporcionou melhores condições de trabalho.

Finalmente, como recomendações para futuros trabalhos, sugere-se a elaboração de um modelo de planejamento de *layout* que considere outros critérios decisivos na avaliação do projeto como, por exemplo, o custo dos componentes que afetam direta e indiretamente o custo de fabricação e o atendimento da demanda. Além disso, a pesquisa poderia ser ampliada a partir da utilização de conceitos e técnicas da engenharia econômica na avaliação, como a taxa de retorno de investimentos e o período de recuperação do capital considerando os investimentos realizados para a nova disposição da planta.

## Referências

ABRAHAM, G. E.; SASIKUMAR, R. Layout planning or sustainable development. **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology**, v.2, n.1, p. 655-665, 2013.

BRASIL, 2013a. **Gestão dos Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/sobre/meio-ambiente/gestao-do-lixo>. Acesso mar. de 2013.

BRASIL, 2013b. (MMA) - **Ministério do Meio Ambiente, 2013**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos> . Acesso em Março de 2015.

BRASIL. Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005, **CONAMA**. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35805.pdf>. Acesso em Março de 2015.

DE CARLO, F.; AELEO, M. A.; BORGIA, O.; TUCCI, M. Layout design for a low capacity manufacturing line: a case study. **International Journal of Engineering Business Management Special Issue on Innovations in Fashion Industry**. v. 5, 2013.

FOSTER-McGREGOR, N., STEHRER, R., Value Added Content of Trade: A Comprehensive Approach. **Economics Letters**, v.120, p.354 – 357, 2013.

KOOPMAN, R., WANG, Z., WEI, S.J., Tracing Value-Added and Double Counting in Gross Exports. **American Economic Review**, v.104, n.2, P.459-494, 2014.

MATOS, A. P.; MARIANO, A.; ALMEIDA, B. **Layout: gestão das operações**. São Paulo: Bookman, 2010.

MATUSEK, M. **Layout planning: a case study on engineering to order company**. Jeseník, Republica de Checoslováquia, União Europeia: Carpathian Logistic Congress – CLC, p.7–9, 2012.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.

PATIL, S. B.; KUBER, S. S. Productivity improvement in plant by using systematic layout planning (SLP) - A case study of medium scale. **IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology**. v. 3, n. 4, p. 770-775, 2014.

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

TAO, J.; WANG, P.; QIAO, H.; TANG, Z. Facility Layouts Based on Intelligent Optimization Approaches, In Proc. of **IEEE fifth International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI)**, p.502-508. 2012.

TOMPKINS J. A.; WHITE J. A.; BOZER Y. A.; TANCHOCO, J. M. A. **Facilities Planning**. 4 ed. United States: John Wiley & Sons Inc., 2010.

WIYARATN, W.; WATANAPA, A.; KAJONDECHA, P. Improvement plant layout based on systematic layout planning. **IACSIT International Journal of Engineering and Technology**. v. 5, n. 1, p. 76-79, 2013.

YAHYA, M.; SAKA, M. P. Construction site layout planning using multiobjective artificial bee colony algorithm with Levy flights. **Automation in Construction**, v. 38, p. 14-29, 2014.

**Recebido em 06/10/2015**

**Aceito em 08/03/2016**