

Leiaute Industrial: Estudo de Caso em Uma Empresa de Confeções

Industrial Layout: A Case Study in A Clothing Company

Francelli Ignácio Gonçalves Zart¹ - Universidade Federal Federal de Santa Maria - Dep. de Engenharia de Produção
Marcelo Battesini² - Universidade Federal Federal de Santa Maria - Dep. de Engenharia de Produção

RESUMO

Projetos de instalações de sistemas produtivos industriais podem ser entendidos como problemas de otimização multicritério, em função do grande número de variáveis de decisão envolvidas e dos múltiplos objetivos. Este artigo tem como objetivo identificar uma solução de um novo leiaute para uma indústria de confecção de roupas fitness de pequeno porte, arranjada por processos para a produção de grandes lotes. O estudo de caso único foi conduzido com base nas etapas propostas de um planejamento industrial. Entre os resultados obtidos estão a produção de uma solução verticalizada com maior flexibilidade no arranjo físico, melhor fluxo de materiais e comunicação entre pessoas, em relação a solução atual, que corresponde a uma ampliação de 1,9 vezes na capacidade de produção de calças lisas, de 15.680 pç/mês para 30.240 pç/mês, e a um incremento de eficiência no uso do espaço. Os resultados obtidos indicam não ser necessário a utilização de ferramentas matemáticas sofisticadas para a produção de soluções de leiaute adequadas, para a atuação de profissionais de Engenharia de Produção.

Palavras-chave: Leiaute. Sistema de produção. Planejamento industrial. Arranjo físico. Indústria de confecção.

Editor Responsável: Prof.
Dr. Hermes Moretti Ribeiro da
Silva

ABSTRACT

Projects of industrial production systems can be understood as multi-criteria optimization problems, due to the large number of decision variables involved and the multiple objectives. This article aims to identify a solution for a new layout in a small fitness clothing industry, arranged by processes for the production of large batches. This single case study was conducted based on the proposed steps of industrial planning. Among the results obtained were: the production of a vertical solution with greater flexibility in the physical arrangement; better materials flow; and improved communication between people, in relation to the current situation, which resulted in an increase of 1.9 times in the production capacity for smooth trousers, from 15,680 pieces/month to 30,240 pieces/month, as well as an increase in the efficiency of the use of space. The results indicate that it is not necessary to use sophisticated mathematical tools for the performance of professionals of Product Engineering for the production of adequate layout solutions.

Keywords: Layout. Production System. Systematic layout planning. Physical arrangement. Clothing industry.

1. Avenida Roraima, nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria – RS, CEP: 97105-900, francelli.zart@gmail.com;
2. marcelo-battesini@ufsm.br

ZART, F. I. G.; BATTESINI, M. Leiaute industrial: estudo de caso em uma empresa de confecções. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 14, n. 2, p. 238 - 260, 2019.

DOI: 10.15675/gepros.v14i2.2247

1. INTRODUÇÃO

Projetos de instalações de sistemas produtivos industriais são empreendimentos caros, complexos, custosos que tem impacto estratégico de longo prazo e envolvem a solução de um problema de otimização multicritério, em função do grande número de variáveis de decisão e dos múltiplos objetivos a serem alcançados (BATTESINI, 2016).

A sua adequada condução pode otimizar o desempenho, melhorar o fluxo de materiais, aumentar a flexibilidade, incrementar a eficiência, melhorar a utilização de equipamentos e do espaço, minimizar o custo de movimentação de materiais e o tempo total de produção, diminuir o tempo ocioso e o dano em materiais (GAITHER; FRAIZER, 2005; FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2007; KRAJEWSKI *et al.*, 2009; SLACK *et al.*, 2009; SULE, 2009; STEPHENS; MEYERS, 2010; OWENS, 2011; GROOVER, 2011), além de produzir vantagens há muito tempo descritas (MUTHER, 1978; LEE *et al.*, 1998), a exemplo da redução de riscos ocupacionais e o aumento da segurança, da moral e da satisfação dos trabalhadores.

O leiaute industrial é usualmente tratado na literatura sobre administração da produção (*operations management*) como sendo a definição arranjos otimizados para sistemas de manufatura organizados por processo, produto, células ou em posição fixa (DAVIS *et al.*, 2001; MEREDITH; SHAFER, 2002; GAITHER; FRAZIER, 2005; KRAJEWSKI *et al.*, 2009; SLACK *et al.*, 2009; GROOVER, 2011; ROSA, 2014), que podem ser caracterizados como projetos, ou leiautes, conceituais. Entendimento que enfatiza a identificação da melhor posição relativa para setores, máquinas ou estações de trabalho pela aplicação de métodos quantitativos, a exemplo de algoritmos, heurísticas e programação matemática (KULKARNI *et al.*, 2015).

Outra forma de abordar o problema de leiaute é como tratada pela literatura de projeto de instalações (MUTHER, 1978; MUTHER e WHEELER, 2000; LEE *et al.*, 1998; TEICHOLZ, 2001; BELLGRAN e SÄFSTEN, 2010; SCHENK *et al.*, 2010; TOMPKINS *et al.*, 2013, CHEN, 2012; FERNANDES *et al.*, 2012), com base em prévias sistematizações de conjuntos de etapas, ou passos, para o desenvolvimento do projeto do espaço, que se distinguem pelo grau de detalhamento, escopo e níveis de planejamento. Concepção que abarca e amplia a compreensão de leiaute como o desenvolvimento de um projeto conceitual,

ao considerar a ocupação do espaço em toda a sua complexidade e a inter-relação de um conjunto ampliado de fatores e limitantes, a exemplo de: acessos e fluxos intra e entre setores, métodos de movimentação de materiais, restrições legais, forma e verticalização dos espaços, características físicas e condições de manutenção dos produtos, aspectos de segurança e necessidades de serviços de suporte e aspectos humanos e ergonômicos.

Contexto que delimita o pano de fundo da questão motivadora deste artigo, relacionada a como o projeto conceitual de sistemas de manufatura pode ser integrado ao desenvolvimento do projeto de instalações do leiaute industrial de empresa de pequeno porte, utilizando conceitos determinísticos básicos de Engenharia de Produção e integrando elementos dos procedimentos propostos por Lee *et al.* (1998), Muther (1978) e Tompkins *et al.* (2013). O objetivo deste trabalho é identificar uma nova solução de leiaute para uma indústria de confecção de roupas fitness que satisfaça o acréscimo na demanda.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As instalações materializam o espaço no qual (onde) as atividades (o que) de sistemas produtivos se desenvolvem, condicionando (como) elas podem ocorrer, sendo o seu projeto uma atividade não trivial, da qual se espera obter condições ideais à produtividade e ao atendimento de condicionantes legais (BATTESINI, 2014). O leiaute é distribuição dos recursos de transformação e tem um impacto significativo na performance do sistema produtivo da empresa (HASAN *et al.*, 2012). Para Junior *et al.* (2012), o arranjo físico tem como objetivo adequar as instalações à produção, dentro do espaço disponível, com o intuito de harmonizar o sistema de produção e tornar o processo mais efetivo. O espaço a ser utilizado deve levar em consideração a segurança das pessoas, conforto, flexibilidade para rearranjar as operações e facilitar o processo de manufatura (GAITHER; FRAZIER, 2005).

Um leiaute inadequado pode reduzir o lucro da empresa ao ocasionar diversos problemas, a exemplo de estoque de materiais indesejados, custos de manuseio de materiais, tempo total de produção elevado, má utilização do espaço, peças e maquinário mal posicionados, erros durante as operações, ineficiente controle da qualidade e condições de trabalho desfavoráveis (SLACK *et al.*, 2009; CARLO *et al.*, 2013). Vilarinho e Guimarães (2003) afirmam que um planejamento equivocado implicará em futuras alterações no leiaute da planta, podendo ocorrer mudanças significativas e custos ainda mais elevados. Ramli e

Cheng (2014) sustentam que o planejamento eficiente do arranjo físico e a otimização do espaço pode eliminar os retrabalhos e reduzir os custos, o investimento em equipamentos e o tempo de produção, assim como (TURATI; FILHO, 2016) aumentar a produtividade.

O projeto de instalações demanda a produção de leiautes conceituais para os diferentes sistemas de manufaturas contidos em um dado sistema de produção, seja no balanceamento em linhas de montagem multi-modelo (GERHARDT *et al.*, 2007) ou no uso de modelos de programação matemática no posicionamento de recursos (TOMELINA; COLMENEROB, 2010), na consideração simultânea de múltiplos objetivos (Saraswat *et al.*, 2015), em edificações com múltiplos andares (AHMADI; JOKAR, 2016) e para otimizar o custo de movimentações de material dentro e entre células (GOLMOHAMMADI, 2016). Contexto no qual Kulkarni *et al.* (2015) identificaram o uso de programação matemática, algoritmos genéricos, algoritmo de colônia de formigas, meta heurísticas do arrefecimento simulado e da busca tabu, para otimizar transporte e manuseio, custo do espaço, carga-distância percorrida, rearranjo de equipamentos, fluxo em sequência e outras metas organizacionais.

Apesar da dominância de publicações relacionadas a projetos conceituais baseados em métodos matemáticos, Tompkins *et al.* (2013) definem o projeto de instalações como arte e ciência, que desafia a criatividade do projetista na produção de leiautes alternativos. Nesse sentido, Owens (2011), destaca o fato de não existir tecnologia que substitua o trabalho do projetista no projeto de leiaute de instalações, isso levou à implementação de ferramentas de análise em pacotes computacionais de auxílio ao desenho, sendo intuitivo e natural que, para serem úteis à indústria, ferramentas como o planejamento sistemático de leiaute e a análise sistemática da movimentação avancem de procedimentos manuais para automatizados.

A abordagem de planejamento de instalações propõe o uso de estruturas conceituais e procedimentos para o desenvolvimento do projeto de ocupação do espaço, envolvendo desde a identificação da estratégia da empresa e do site até o projeto do posto de trabalho.

O projeto de instalações pode ser distinguido em níveis de planejamento de espaço (LEE *et al.*, 1998) que, idealmente, deveriam ser conduzidos do nível mais geral para o mais particular: (i) *global*, que estuda a melhor localização do site no globo, país, estado região ou cidade, considerando fornecedores, clientes e demais unidades da empresa; (ii) *supra*, no qual é definida a quantidade, tamanho e localização das edificações no terreno, a infraestrutura necessária (água, eletricidade, gás, insumos, acessos, etc.), incluindo o espaço para eventuais ampliações; (iii) *macro*, que se refere a definição do fluxo de materiais e a posição de

sistemas de manufatura (setores, seções, células, linhas, departamentos, etc); (iv) *micro*, no qual são posicionados os equipamentos e mobiliários nos espaços, com ênfase no fluxo de materiais, comunicação do pessoal e trabalho em equipe; e (iv) *submicro* dedicado a planejar estações de trabalho para a eficiência, efetividade e segurança dos trabalhadores.

Independentemente do nível, o projetista deve buscar um conjunto de informações alinhadas com a estratégia da empresa que permita ampliar a sua compreensão sobre a instalação produtiva a ser projetada, de modo a evitar retrabalhos e o aumento no tempo de projeto, erros comuns no planejamento de espaço (BATTESINI, 2016).

Muther e Wheeler (2000) propõem a obtenção de cinco tipos de dados de entrada, antes de iniciar o projeto de instalações, que podem ser sistematizadas pelas letras PQRST: produtos (P), materiais ou serviços, permitem compreender o que (*what*) será produzido, ou distribuído, e porque (*why*) produzir; quantidade (Q), ou volumes de vendas e inventário, caracterizam o quanto (*how much*) de cada item será produzido ou distribuído; roteamento (R), roteiro ou processos necessários ao processamento, definem como (*how*) ocorrerá o processamento; serviços de suporte (S), estabelecem com qual (*with what*) suporte os processos serão desenvolvidos, em termos de administração, sistema de informação, manutenção, sanitários, alimentação, etc.; e tempo (T), permite compreender quando e por quanto tempo (*when e how long*) os itens serão processados em termos de tempos de ciclo, turnos de trabalho, quantidade de horas de operação e sazonalidade de demanda.

Já Tompkins *et al.* (2013) estruturam fases e etapas a serem seguidas para qualquer processo de planejamento de instalações, que são equivalentes àquelas de um projeto de engenharia, como indicado no Quadro 1, no qual: a fase I, propõe a explicitação dos objetivos da instalação (alinhados com a visão e missão da organização); a fase II está relacionada ao desenvolvimento do projeto; e a fase III está associada à implementação do projeto.

Quadro 1– Etapas do Projeto de Engenharia e do processo de Planejamento de Instalações

Fase	Projeto Engenharia	Processo de Planejamento de Instalações
I	Definir o Problema	(Re)Definir o objetivo da instalação
		Especificar atividades primárias e de suporte
II	Analisar o problema	Determinar inter-relações
		Determinar necessidades de espaço
	Gerar alternativas	Gerar planos de instalações alternativos
	Avaliar alternativas	Avaliar planos de instalações alternativos
	Selecionar alternativa de Projeto	Selecionar um plano de instalações

III	Implementar o Projeto	Implementar o plano
		Manter e adotar o plano das instalações
		Redefinir o objetivo da instalação

Fonte: Adaptado de Tompkins *et al.* (2013).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi conduzida entre os meses de março e dezembro de 2015 na empresa ABC, que conta com sete colaboradores e está estabelecida a mais de 20 anos na cidade fronteira de Santana do Livramento, no RS. A ABC pode ser caracterizada como uma típica empresa de pequeno porte do setor produtivo nacional, que atua em um ramo de confeccões, sendo especializada em roupas fitness e tendo como produtos mais vendidos as calças de ginástica. A produção arranjada por processos realiza grandes lotes de pedidos, atendendo a uma estratégia de vendas no atacado, com para clientes no Brasil, Uruguai e Argentina.

Este artigo tem abordagem quali-quantitativa e objetivo analítico (MIGUEL, 2007; GIL, 2010), adota o levantamento de campo como fonte de pesquisa e a observação direta e a pesquisa de levantamento como procedimento de coleta (SANTOS, 2007). Os dados coletados foram consolidados e analisados em planilhas eletrônicas. O estudo de caso único investigado se caracteriza como um fenômeno contemporâneo no contexto real de vida (YIN, 2010), sendo assumido como modelo teórico, que define lógica de análise e os critérios para interpretar as constatações, a integração de três métodos clássicos sobre projeto de instalações. A pesquisa e a construção textual apresentada na seção Resultados e Discussão, foram encadeadas conforme as etapas do processo de planejamento de instalações propostas por Tompkins *et al.* (2013), ver Quadro 1 (Fases I e II), que foram aplicadas aos níveis supra, macro e micro de planejamento de espaço descritos por Lee *et al.* (1998), com base nos cinco tipos de informações (PQRST) para o desenvolvimento de qualquer leiaute caracterizados por Muther (1978).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, foi definido o objetivo da instalação da empresa ABC, que se refere a melhoria nos fluxos do processo e o aumento da capacidade produtiva da empresa, de modo a satisfazer um acréscimo na demanda. A falta de espaço para processamento no arranjo

produtivo atual pode ser observada na forma de perspectiva produzida no SketchUp make®, ver Figura 1, da qual algumas paredes foram removidas para permitir a visualização interna.

Figura 1– Perspectiva do processo atual da empresa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Como indicado, a produção dos lotes inicia na mesa de corte dos tecidos (esquerda), que são armazenados na sala de acabamentos (alto), anexo à sala administrativa, e a saída de produtos localizada à direita. Como a demanda atual supera a capacidade produtiva e o terreno onde a empresa está localizada não apresenta condições de ampliação, a opção dos gestores foi pelo projeto de uma nova planta industrial a ser desenvolvido para um terreno típico com dimensões de 12m de frente por 30m de profundidade. Dessa forma, a solução a ser identificada deve respeitar as características de processamento atuais, utilizar as máquinas disponíveis, proporcionar o aumento de pelo menos 100% na capacidade atual e possuir na parte frontal do terreno área para o estacionamento de veículos leves e acesso de materiais e produtos.

4.1 Coleta de dados

As *atividades primárias e de suporte* que serviram como dados de entrada foram identificadas com base nos cinco tipos de informações (PQRST). A empresa confecciona diferentes produtos (P) da linha *fitness*, sendo que, do total de itens produzidos, as maiores quantidades são de calças de ginástica lisas e com acabamento, de diferentes tamanhos.

As calças de ginástica foram adotadas como referência para o desenvolvimento das demais etapas deste estudo, em função da sua dominância no mix e das etapas de processamento serem similares àquelas dos demais produtos. A empresa produz uma quantidade (Q) mensal entre 8.000 e 10.000 unidades de calças de ginástica. As calças lisas representam 80% do total de unidades e têm um tempo de fabricação menor, enquanto que as calças com acabamentos representam 20% e envolvem um tempo maior. Os produtos confeccionados utilizam diferentes tipos de insumos com quantidades mensais aproximadas de: 9000 peças (2.500kg) de cotton (algodão com lycra); 900 peças (250kg) de suplex (poliamida com lycra); 700 peças (200kg) de jakar (poliamida com lycra); 70 un linhas de algodão; 60 cones linhas de poliéster; 10 un de Elástico; 15.600 un de etiquetas; e 3.000 un de tachinhas.

A confecção de calças de ginástica é toda realizada manualmente e exige a presença de algum colaborador a cada etapa. O roteiro (R) de fabricação foi sistematizado como segue: (i) Recepção e Armazenagem de insumos; (ii) Corte; (iii) Confeccão das peças [Costura > Etiquetagem > Controle de qualidade (retirar excessos e checar imperfeições/defeitos) > Acabamento (colocar bolsos, tachinhas, etc.)]; (iv) Dobra; (v) Estoque e Expedição. Com base nesse roteamento, foi possível estimar para o processo atual a distância percorrida de 21,55m por um lote típico, de 280 calças de ginástica lisa, sendo que todas as movimentações entre as etapas são realizadas manualmente e em quantidades de itens inferiores ao tamanho do lote.

O levantamento *in loco* permitiu identificar as máquinas e estações de trabalho utilizadas/disponíveis e suas quantidades e funções [1 Corte (corta tecido baseada em moldes); 6 Overlock (costura peças); 4 Galoneira (faz a barra da calça); 1 Prensa de etiquetagem (coloca a marca); 2 Reta (costura bolsos); 1 Botoneira (coloca botões)], assim como os utensílios e ferramentas especializadas utilizadas durante a produção, a exemplo de tesoura, régua, agulhas, marcador de moldes, ferramentas de conserto, pinça, entre outras. É importante destacar que na configuração atual do processo, por opção gerencial e por falta de

GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 14, n° 2, p. 238 - 260, 2019.

espaço, a empresa possui, mas não utiliza, duas máquinas do tipo Overlock e duas máquinas do tipo Galoneira.

Os serviços de suporte (S) ao processamento a serem previstos são: área administrativa, local específico para exposição dos produtos, local para armazenagem/estocagem, cozinha, sanitários para ambos os sexos adequados às normas de segurança.

Em relação ao tempo (T) foi verificado que a empresa ABC opera em uma jornada de 42 horas de trabalho por semana (segunda-feira a sábado, das 13h às 19h30min), respeitando os intervalos previstos na legislação trabalhista. Não há sazonalidade mensal significativa. Baseado na observação direta e em filmagens, foram também realizadas crono análises que envolveram a avaliação do ritmo e carga de trabalho homem-máquina, o cálculo do tempo padrão, o método de trabalho mais eficiente a sua padronização. Com isso foram estabelecidos os tempos padrão de cada ciclo de processamento e dos fluxos de materiais, de modo a subsidiar a análise de capacidade e o balanceamento do processo produtivo a ser desenvolvido.

4.2 Projeto conceitual do processo

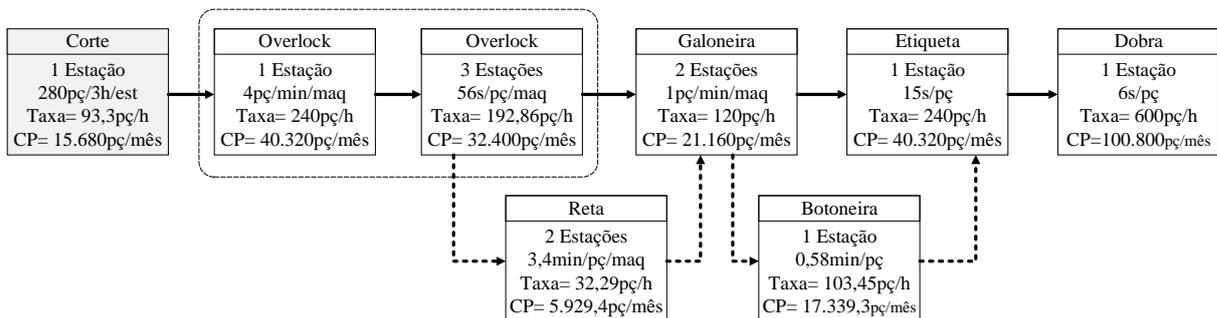
Uma importante etapa no projeto de instalações é a definição do projeto conceitual para o processo (LEE, 1998; SULE, 2009; BATTESINI, 2016), envolvendo a apreciação crítica de um conjunto de dados obtidos e o conhecimento sobre as distintas formas de arranjo produtivos existentes para a produção de alternativas viáveis de leiaute. Nessa etapa, é essencial para que o projetista conceba arranjos conceituais viáveis que ele conheça as possíveis formas de leiaute (DAVIS. *et al.*, 2001; MEREDITH; SHAFER, 2002; SLACK *et al.*, 2009), compreenda a relação entre a estratégia da empresa e a variedade e quantidade a ser produzida, bem como domine conceitos de Engenharia de Produção para compatibilizar a capacidade à demanda (GAITHER; FRAZIER, (2005); KRAJEWSKI *et al.*, 2009; GROOVER, 2011).

Os dados obtidos nas etapas anteriores subsidiaram a condução de uma análise conceitual determinística do processo para três situações (atual, alternativa 1 e alternativa 2), tanto para as calças de ginástica lisa como para as calças com acabamento. Para cada etapa de

processamento foram estimados a capacidade (CP, em unidades por mês) e a taxa de produção (taxa, em unidades por hora), considerando 8h diárias e 21 dias/mês.

No arranjo conceitual do processo atualmente utilizado pela empresa ABC, apresentado na Figura 2, o fluxo predominante de calças lisas (processo principal) é indicado em sua parte superior e o fluxo das calças com acabamento (processo secundário, linhas tracejadas) em sua parte inferior. No fluxo principal o trabalho realizado pelas máquinas Overlock pode ser distinguido em diferentes tipos de costura, sendo conveniente utilizar uma delas para realizar a junção primária das peças enquanto que as demais realizam, identicamente, o restante do trabalho em cada unidade. No fluxo secundário, as máquinas atendem a necessidade, apesar de as CP das máquinas serem menores por serem demandadas em uma fração menor de itens.

Figura 2– Arranjo conceitual do processo para a situação atual



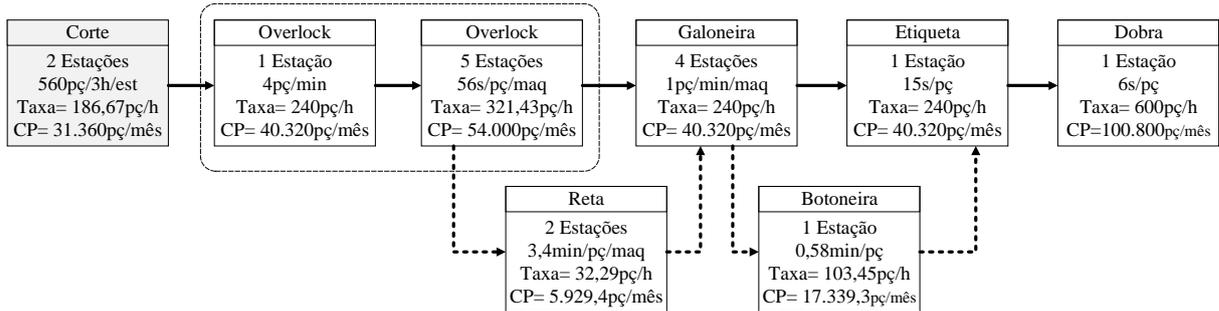
Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se na situação atual que a operação de corte possui a menor capacidade (15.680 pc/mês) em relação as demais, indicando que o processo está desbalanceado e limitado por esta operação (gargalo). Constatação que explica o fato da empresa possuir e não estar utilizando quatro máquinas (duas Overlock e duas Galoneira), sinalizando uma possibilidade de otimização que deve direcionar a análise conceitual das alternativas a serem propostas.

A seguir foi investigada a alternativa 1, na qual foi mantido o fluxo de calças lisas e com acabamento e considerada a possibilidade de inserção de uma segunda estação de trabalho para o corte e considerado o uso de todas as máquinas que a empresa ABC possui, incluindo as quatro máquinas que não estão sendo utilizadas, com o intuito de elevar a capacidade produtiva da empresa, como pode ser observado na Figura 3. Nesse arranjo,

mesmo com a sua duplicação do corte ele continua sendo o gargalo do processo, que tem sua capacidade limitada a 31.360 pç/mês, quantidade que representa um aumento de 200% em relação à capacidade atual.

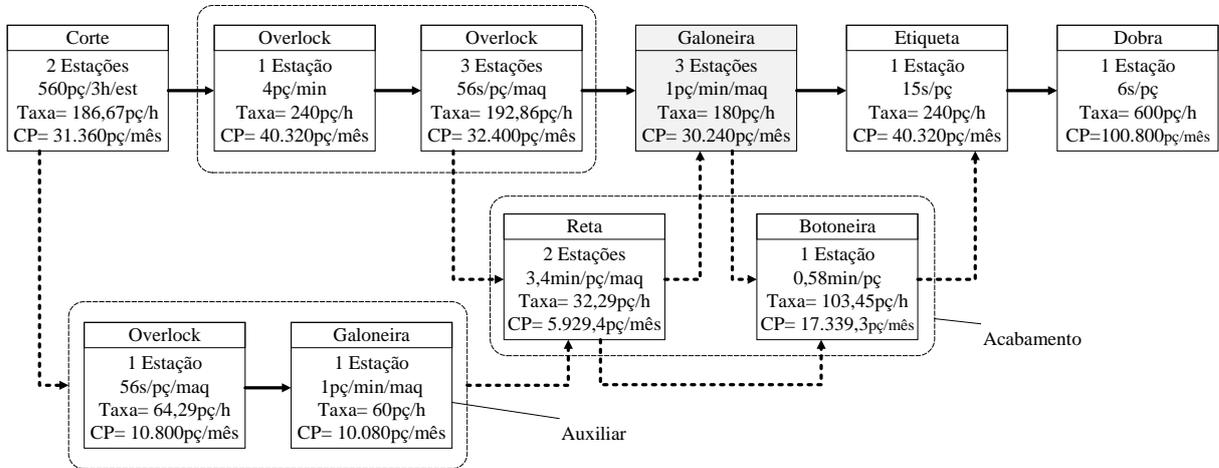
Figura 3– Arranjo conceitual do processo para a alternativa 1



Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerando que o processo de definição de um novo leiaute estabelece um momento propício para a reflexão sobre a possibilidade de identificar novas formas de organizar o processamento (LEE *et al.*, 1998), para a alternativa 2 também foram utilizadas todas as máquinas, porém com o arranjo indicado na Figura 4: alocação de apenas três máquinas Overlock para o processo de calças lisas (principal); foi proposta uma célula auxiliar composta por uma máquina do tipo Overlock e uma Galoneira, que é capaz de atender simultaneamente ao processo principal pedidos de outros produtos; e foi criada uma célula acabamento para agrupar máquinas que realizam estas operações (do tipo Reta e Botoneira). Uma das máquinas Overlock não foi utilizada e as células adicionadas estão destacadas em retângulos.

Figura 4– Arranjo conceitual do processo para a alternativa 2



Fonte: Elaborado pelos autores.

Nesse arranjo, o processo ficou mais equilibrado entre as máquinas, porém a capacidade do processo principal foi reduzida para 30.240 pç/mês devido ao gargalo nas máquinas do tipo Galoneira, mesmo assim, houve aumento de 192,9% na capacidade, em relação à capacidade atual. Apesar disso, o processo ficou mais flexível a variações no mix de produção e, caso seja adicionada mais uma estação de corte, o sistema de manufatura como um todo terá sua capacidade total aumentada para 40.320 pç/mês (30.240 pç/mês + 10.080 pç/mês), em função da capacidade adicional de promovida pela inserção da célula auxiliar.

Em ambas as alternativas analisadas foi alcançado o objetivo de ampliar em 100% a capacidade da instalação e o sistema produtivo é limitado por gargalos (corte ou galoneiras). Apesar disso, foi adotada a alternativa 2 em função de sua flexibilidade a variações no mix de produção e à ampliação de capacidade, pela inclusão de mais uma estação de corte. Vale destacar que com isso a empresa passará a utilizar uma organização do processo mais complexa do que a atual, com a adoção simultânea de um leiaute de processo e celular. Com base nesse arranjo conceitual e com os serviços de suporte identificados, foram definidas as Unidades de Planejamento de Espaço (UPE) a serem utilizadas no projeto da nova planta industrial.

4.3 Planejamento do Espaço da nova planta industrial

A definição das UPEs a serem utilizadas no projeto de espaço da nova planta industrial e a *identificação das suas inter-relações*, foram estabelecidas em conjunto com o diretor da empresa. Uma vez listadas, foi utilizada uma carta de relacionamento para evidenciar o grau de importância dos relacionamentos entre as UPEs e na razão dessa proximidade, ver Quadro 2.

Para o grau de importância foram utilizadas as letras A, E, I, O, U e X (LEE *et al.*, 1998; MUTHER; WHEELER, 2000; TOMPKINS *et al.*, 2013), sendo: A, absolutamente importante; E, extremamente importante; I, importante; O, ordinário; U, não necessário; e X, afastar. Para as razões de proximidade foram utilizados números entre 1 e 5, sendo: 1, fluxo de materiais; 2, manutenção; 3, ruído; 4, comunicação; 5, fluxo de pessoas.

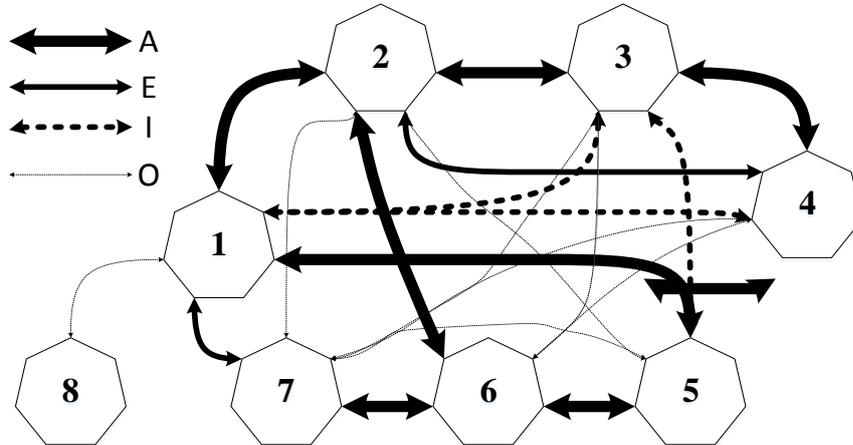
Quadro 2– Carta de relacionamentos entre Unidades de Planejamento de Espaço

	UPE's	2	3	4	5	6	7	8
1	Armazenagem/Estoque	A (1,4)	I (1)	I (1)	A (1, 4)	I (1)	E (1,4)	O (5)
2	Corte	-	A (1, 4)	E (1,4)	O (5)	A (1, 4)	O (5)	U
3	Overlock	-	-	A (1, 4)	I (1)	O (5)	O (5)	U
4	Galoneira	-	-	-	A (1, 4)	O (5)	O (5)	U
5	Etiqueta/Dobra	-	-	-	-	A (1)	O (5)	U
6	Célula auxiliar	-	-	-	-	-	A (1, 4)	U
7	Acabamento	-	-	-	-	-	-	U
8	Administração/Refeições/Banheiro	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

Esses relacionamentos estão representados em um Diagrama de Relacionamentos, ver Figura 5, ferramenta que auxilia a compreender graficamente as relações entre as UPEs. Observe que as setas de relacionamentos de mesma importância devem ter comprimentos similares que aumentam conforme a intensidade dos relacionamentos é reduzida, porém os relacionamentos entre as UPEs 4 e 5 e entre 1 e 5 são muito distintos, indicando que a solução de leiaute a ser produzida dificilmente conseguirá contemplar ambos simultaneamente.

Figura 5– Diagrama de Relacionamentos entre Unidades de Planejamento de Espaço



Fonte: Elaborado pelos autores.

As *necessidades de espaço* foram estabelecidas com base nas dimensões dos espaços atualmente ocupados pela empresa ABC, na organização do processo identificada na alternativa 2 do projeto conceitual, nas exigências legais, assim como na expectativa de aumento da sua capacidade produtiva, de modo a atender ao objetivo deste estudo.

A seguir, conjuntamente com o diretor da empresa ABC, foi realizada a estimativa das áreas para a alternativa 2 com base nos espaços atualmente ocupados por cálculo elementar, transformação e proporção, como proposto por Lee, *et al.* (1998). Procedimento que resultou na sistematização dos espaços apresentada no Quadro 3, que indica que atualmente é utilizado um total de 155,66m² e, também, a necessidade do espaço mínimo total para a situação nova de 183,56m². Assim, a área total necessária é superior àquela da planta atual, na qual os setores apresentam uma área relativamente pequena.

Quadro 3– Espaços ocupado e mínimo necessário para as situações atual e nova

Sector na Situação Atual	Área (m ²)	UPE na Situação Nova	Área (m ²)
Almoxarifado/Recebimento/Expedição	41,98	1 - Almoxarifado/Estoque	46,00
Corte	19,60	2 - Corte	50,00
Produção	38,00	3 - Overlock	11,00
		4 - Galoneira	9,00
		5 - Etiqueta/Dobra	20,00
		6 - Célula auxiliar	9,00
		7 - Acabamento	9,00
Administração/Banheiro	11,62	8 - Administração/Banheiro	42,00

Fonte: Elaborado pelos autores

Uma limitação de ordem prática estabelecida pela empresa foi o desenvolvimento do projeto em um terreno com dimensões de 12mx30m, o que facilitará o processo de compra do terreno, bem como que fosse reservada na área frontal do terreno vagas para estacionamento, carga e descarga, restando para ser utilizado como área edificável 12mx24m (288m²).

É importante observar que até a presente etapa ainda não há um leiaute definido, restando muitas atividades a serem desenvolvidas, mesmo que o arranjo conceitual já tenha sido concebido e que tenham sido caracterizados os quatro elementos básicos do planejamento de espaço (atividades, relacionamentos, espaços e restrições) necessários ao desenvolvimento de qualquer projeto de instalações (BATTESINI, 2016). Motivo pelo qual, como destacado por Tompkins *et al.* (2013) e Owens (2011), o projeto de instalações é fortemente dependente da experiência e expertise do projetista para a proposição de soluções de ocupação de espaço.

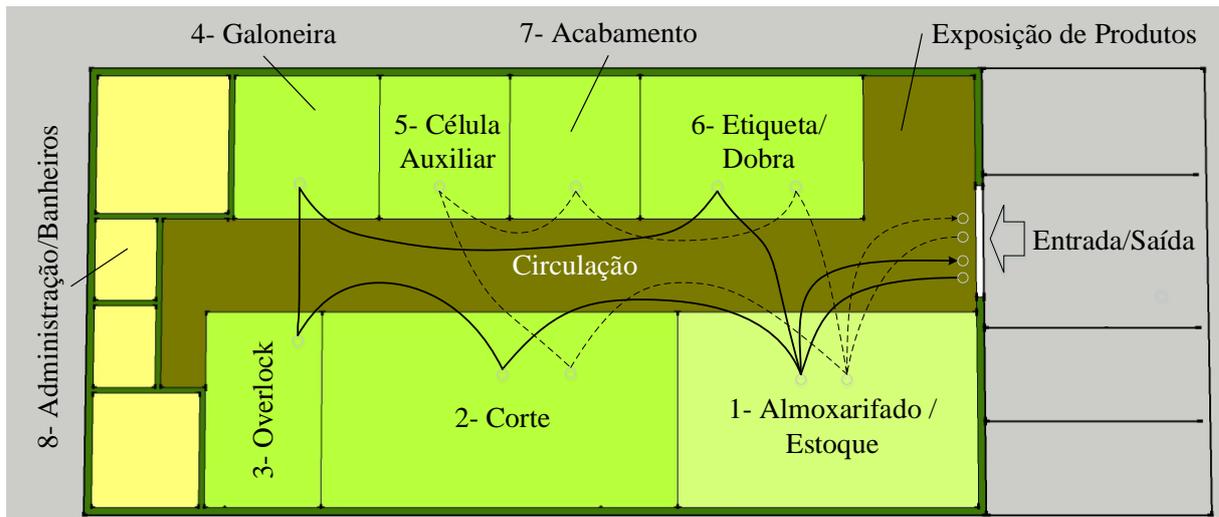
Nessa fase é preciso transformar áreas em espaços geométricos definidos que, por sua vez, devem ser concatenados entre si e compatibilizados com a edificação que irão ocupar e com os sistemas de movimentação de materiais. Contexto que caracteriza a necessidade de integração entre a concepção conceitual para os processos e a produção de soluções de ocupação de espaço, o que está diretamente relacionado à questão motivadora deste artigo.

Durante a etapa de produção de *planos de instalações alternativos* é atribuída forma e dimensões às UPEs, expandindo a análise conceitual desenvolvida anteriormente, sendo esta uma etapa pouco explorada no ensino e em textos de Engenharia de Produção, o que talvez possa ser explicado pela necessidade de formação em desenho técnico e de domínio de softwares de desenho assistido por computador.

Foram geradas duas soluções de ocupação de espaço (térrea e solução verticalizada) com o auxílio do software *SketchUp make*®, considerando a possibilidade de ocupação de toda a área edificável do terreno e as necessidades de espaços para circulações entre as UPEs e para paredes. Assim como, respeitando o arranjo conceitual adotado (Figura 4), as inter-relações entre as UPEs (Figura 5) e as áreas mínimas necessárias (Quadro 4). Em ambas as soluções, os setores e células foram organizados espacialmente em forma de U, de modo a facilitar o controle das operações, a aumentar a flexibilidade do processo e a diminuir o transporte de material.

Na solução térrea, a área ocupada excedeu em 104,44m² a área mínima prevista, sendo que desta, 66,5m² são de circulações e 17 m² de paredes, ver Figura 6, na qual o fluxo predominante dos produtos calça lisa (80% do total de produtos) é indicado em linha cheia e o das calças com acabamento em linha tracejada.

Figura 6– Leiaute da solução térrea



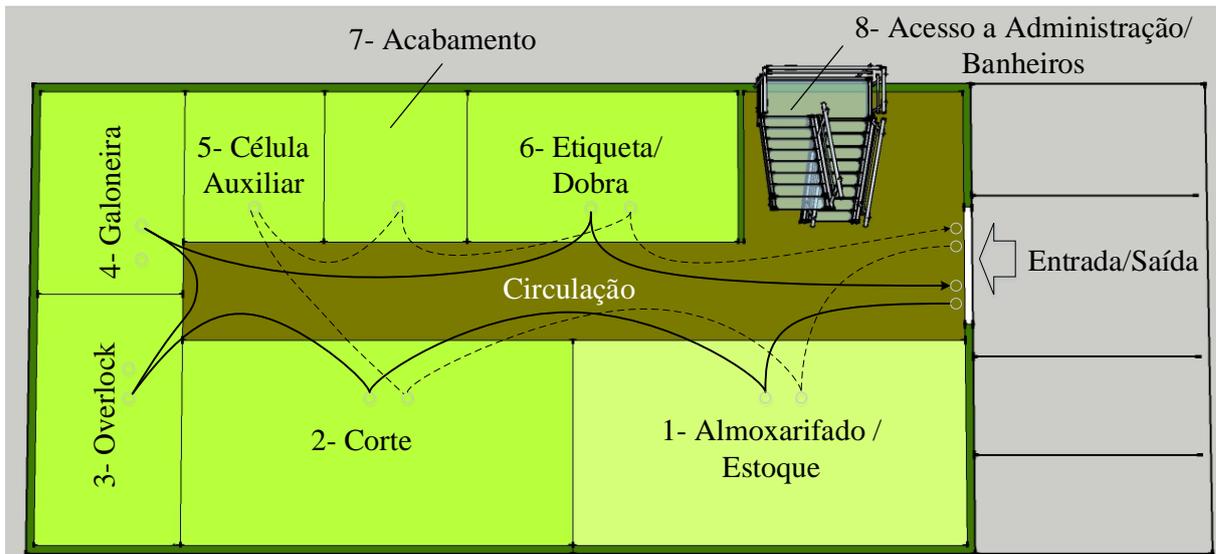
Fonte: Elaborado pelos autores.

O lançamento das UPEs para a ocupação do espaço privilegiou o posicionamento de uma circulação central para a movimentação de materiais em carros manuais. A UPE Administração/Banheiro foi posicionada ao fundo, apesar da área de exposição de produtos estar próxima a parte frontal, a UPE Almojarifado/Estoque foi alocada junto ao acesso, enquanto que as demais UPEs de produção foram dispostas de modo a permitir que os produtos retornassem ao estoque naturalmente, ao cumprir as etapas de processamento. A seguir, com o auxílio da carta de-para, foi calculada a distância média ponderada de 57,07m percorrida por lotes típicos, calculada com base nas frações do mix das distâncias percorridas por lotes típicos de calça lisas (60,19m) e com acabamento (44,59m).

Na solução verticalizada a área ocupada excedeu em 176,44m² a área mínima necessária, sendo que desta 80m² são devido a circulações e 28 m² a paredes conforme a Figura 7, na qual o fluxo predominante dos produtos calça lisa (80% do total de produtos) é indicado em linha cheia e o das calças com acabamento em linha tracejada. Assim como na solução térrea, a alocação das UPEs privilegiou o posicionamento de uma circulação central

para a movimentação de materiais em carros manuais, porém a UPE Administração/Banheiro foi posicionada em um segundo pavimento com 72m² (6mx12m), acessado pela escada indicada.

Figura 7– Leiaute da solução verticalizada



Fonte: Elaborado pelos autores.

A solução verticalizada permitiu uma melhor disposição das UPEs de produção, uma maior comunicação entre setores e que os fluxos de produtos naturalmente retornassem ao estoque conforme são executadas as etapas de processamento. Para esse leiaute também foi calculada, com o auxílio da carta de-para, a distância média ponderada de 58,44m percorrida por lotes típicos, com base nas frações do mix das distâncias percorridas por lotes típicos de calças lisas (58,39m) e com acabamento (58,63m). Nessa alternativa, as UPEs de produção tiveram um ligeiro acréscimo na área total da empresa o que proporcionou ampliar seletivamente algumas UPEs a exemplo da Administração/Banheiro e, especialmente, no corte, cujas dimensões nesta solução permitem a inserção de uma terceira estação, o que habilita um futuro aumento de produção, sem alteração no espaço físico.

Para avaliar os planos de instalações alternativos a melhor solução foi formalizada em uma comparação ponderada de pesos com o intuito de escolher a solução que se adequa as necessidades da empresa. O Quadro 4 apresenta os critérios considerados para a comparação

entre as alternativas e seus pesos relativos, as notas atribuídas de forma conjunta com o responsável pela empresa, bem como as avaliações finais de cada solução.

Quadro 4– Critérios de comparação ponderada de pesos entre as alternativas

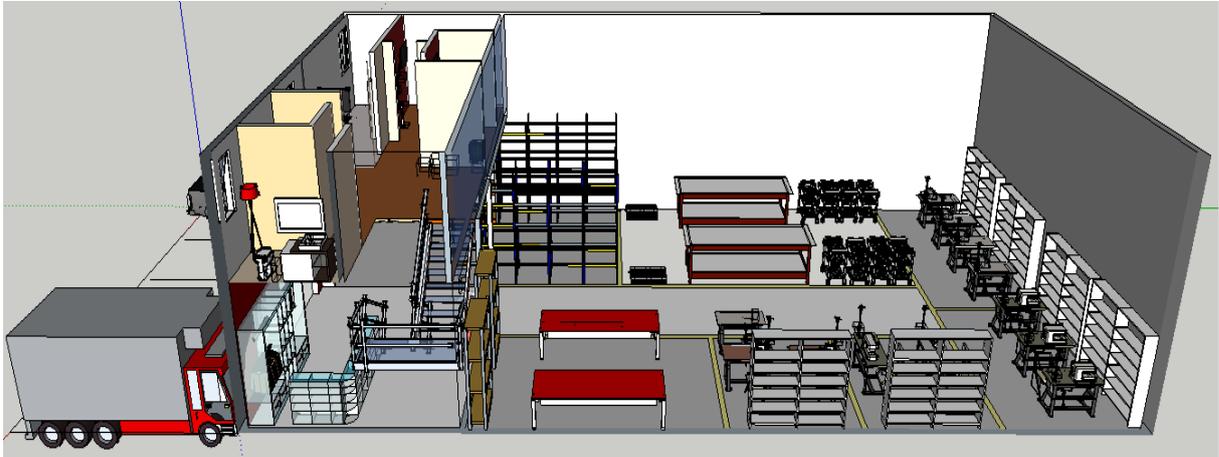
CRITÉRIOS	Peso	Térreo		Verticalizada	
		Nota	Avaliação	Nota	Avaliação
Distância percorrida e fluxo de materiais	0,3	9	2,7	6	1,8
Comunicação entre setores	0,1	9	0,9	9	0,9
Ocupação do espaço	0,15	6	0,9	9	1,35
Setorização	0,15	6	0,9	9	1,35
Fluxo de pessoas	0,1	9	0,9	9	0,9
Capacidade de expansão do gargalo	0,2	6	1,2	9	1,8
	Totais		7,5		8,1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, na etapa selecionar um plano de instalações, foi adotada a solução verticalizada com a maior avaliação (8,1), apesar de esta implicar em um maior custo de execução da obra. Nessa solução, a área total é de 360m² (288m² no térreo e 72m² no segundo pavimento), a capacidade do processo principal é de 30.240 pç/mês (calças lisas), podendo facilmente ser ampliada para 40.320 pç/mês pela adição de mais uma mesa de corte cujo espaço já foi previsto, e a distância média ponderada percorrida pelos lotes é de 58,44m.

Quando é comparada a situação atual (área total é de 155,66m² e CP=15.680 pç/mês do processo principal) com 100,7pç/m²/mês com a solução adotada verifica-se que o aumento na área construída foi compensado com o aumento da capacidade produtiva com 112 peças/m²/mês (40.320 peças/mês/ 360 m²), que corresponde a um aumento de 11,2%. Resultados que atingem os objetivos definidos para a instalação e contemplam as restrições estabelecidas. A solução selecionada é apresentada na Figura 8 na forma de uma perspectiva produzida no SketchUp make®, da qual algumas paredes foram removidas para permitir a visualização interna.

Figura 8– Perspectiva da solução de leiaute adotada



Fonte: Elaborado pelos autores.

A simplicidade da solução obtida foi sustentada por um consistente conhecimento do processo e pela otimização produzida na etapa de projeto conceitual do processo, o que corrobora a afirmação de Battesini (2016), para quem o adequado leiaute de um sistema produtivo expressa um arranjo otimizado e simples para as instalações, equipamentos, máquinas, pessoas, movimentação de materiais e serviços de suporte e atende, simultaneamente, de forma elegante, ao conjunto de restrições legais.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como tema o projeto e leiaute de instalações de sistemas produtivos industriais e o objetivo de identificar uma nova solução de um novo leiaute para a indústria ABC de confecção de roupas fitness. A solução identificada apresenta como principais características, em relação à situação atual, a verticalização, uma maior flexibilidade no arranjo físico e uma melhora no fluxo de materiais, na comunicação e entre pessoas e na setorização dos processos e estes e as áreas administrativas. Características que sustentam uma ampliação de 1,9 vezes a capacidade de produção de calças lisas, que passou de 15.680 pç/mês para 30.240 pç/mês, e um aumento de eficiência no uso do espaço que de 100,7 peças/m²/mês pode facilmente atingir 112 peças/m²/mês, representando um aumento de 11,2%.

Os resultados obtidos demonstram a viabilidade da utilização integrada de conceitos propostos por autores clássicos de projeto de instalações, bem como ser possível identificar soluções de leiaute industrial adequadas sem recorrer a técnicas matemáticas sofisticadas, especialmente em empresas de pequeno e médio porte. O uso de representações tridimensionais para as soluções de leiaute ilustram ganhos na visualização e uma ampliação sobre o entendimento do termo leiaute. Constatação que indica a necessidade de ampliar a discussão sobre como obter e utilizar o produto final de projetos conceituais de sistemas de manufatura no projeto de instalações, questão que é pouco explorada na literatura e que tem potencial de ampliação da área de atuação de profissionais de Engenharia de Produção.

Referências

- AHMADI, A.; JOKAR, M. R. A. An efficient multiple-stage mathematical programming method for advanced single and multi-floor facility layout problems. **Applied Mathematical Modelling**, v. 40, p. 5605–5620, 2016.
- BATTESINI, M. Modelo conceitual para projetos de instalações produtivas sujeitas à Vigilância Sanitária. **Visa em Debate**, v. 2, n. 3, p. 94-102, 2014.
- BATTESINI, M. **Projeto e Leiaute de Instalações Produtivas**. Curitiba: InterSaberes, 2016.
- BELLGRAN, M.; SÄFSTEN, K. **Production Development: Design and Operation of Production Systems**. London: Springer-Verlag, 2010.
- CARLO, F. D.; ARLEO, M. A.; BORGIA, O.; TUCCI, M. Layout Design for a Low Capacity Manufacturing Line: A Case Study. **International Journal of Engineering Business Management**, p. 118-127, 2013.
- CHEN, D. **Information Management for Factory Planning and Design**. Tese. 180f. 2012. (Doutorado em Engenharia de Produção) - KTH Royal Institute of Technology, Sweden, Stockholm, 2012.
- DAVIS, M.M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- FERNANDES, F.C.F.; GRACIA, E.; DA SILVA, F. M.; GODINHO FILHO, M. Proposta de um método para atingir a manufatura responsiva na indústria de calçados: implantação e avaliação por meio de uma pesquisa-ação. **Gestão e Produção**, v. 19, n. 3, p. 509-529, 2012.
- FITZSIMMONS, J.A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Thomson Learning, 2005.
- GERHARDT, M.P.; FOGLIATTO, F. S.; CORTIMIGLIA, M. N. Metodologia para o balanceamento de linhas de montagem multi-modelo em ambientes de customização em massa. **Gestão e Produção**, v. 14, n. 2, p. 267-279, 2007.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GOLMOHAMMADI, A.-M. BANI-ASADI, H.; ESMAEELI, H.; HADIAN, H.; BAGHERI, F. Facility layout for cellular manufacturing system under dynamic conditions. **Decision Science Letters**, v. 5, p. 407–416, 2016.
- GROOVER, M. P. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura**. 3 ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2011.
- HASAN, M.A.; SARKIS, J; SHANKAR, R. Agility and production flow layouts: An analytical decision analysis. **Computer and Industrial Engineering**, v. 62, p. 898-907, 2012.
- JUNIOR, J.A.S; DO CARMO, B. B. T.; SANTIAGO, K. G.; ALBERTIN, M. R. Identificação do layout adequado em uma empresa de tecnologia eletrônica. **Revista Eletrônica Sistemas e Gestão**, v. 7, p. 1-22, 2012
- KRAJEWSKI, L.J.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Prentice-Hall, 2009.

- KULKARNI, M.H.; BHATWADEKAR, S. G. THAKUR, H. M. A Literature Review of Facility Planning and Plant Layouts. **International Journal of Engineering Sciences e Research Technology**, v. 3, p. 35-42, 2015.
- LEE, Q.; AMUNDSEN, A.; NELSON, W.; TUTTLE, H. **Projeto de Instalações e do Local de Trabalho**. São Paulo: IMAM, 1998.
- MEREDITH, J.R.; SHAFER, S.M. **Administração da Produção para MBAs**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- MIGUEL, P.A.C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.
- MUTHER, R. **Planejamento do Layout: Sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.
- MUTHER, R.; WHEELER, J. D. **Planejamento Sistemático e Simplificado de Layout**. São Paulo: IMAM, 2000.
- RAMLI, R.; CHENG, K. M. A. Combined Approach of Simulation and Analytic Hierarchy Process in Assessing Production Facility Layouts. **AIP Publishing**, v. 1605, p. 1092-1097, 2014.
- ROSA, G. P.; CRACO, T.; DOS REIS, Z. C.; NODARI, C. H. A reorganização do layout como estratégia de otimização da produção. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 10, n. 2, p. 139-154, 2014.
- SANTOS, A. R. **Metodologia Científica: a construção do conhecimento**. 7 ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007.
- SARASWAT, A.; VENKATADRI, U.; CASTILLO, I. A framework for multi-objective facility layout design. **Computers e Industrial Engineering**, v. 90, p. 167-176, 2015.
- SCHENK, M.; WIRTH, S.; MÜLLER, E. **Factory Planning Manual: Situation-Driven Production Facility Planning**. Heidelberg: Springer, 2010.
- SLACK, N.; JOHNSTON, R.; CHAMBERS, S. **Administração da Produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- STEPHENS, M. P.; MEYERS, F. E. **Manufacturing Facilities Design e Material Handling**. Boston: Pearson Prentice Hall, 2010.
- SULE, D.R. **Manufacturing Facilities: Location, Planning, and Design**. 3 ed. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- TEICHOLZ, E. **Facility Design and Management Handbook**. New York: MacGraw-Hill, 2001.
- TOMELINA, M.; COLMENEROB, J.C. Método para definição de layout em sistemas job-shop baseado em dados históricos. **Produção**, v. 20, n. 2, p. 274-289, 2010.
- TOMPKINS, J.A.; WHITE, J. A.; BOZER, Y. A.; TANCHOCO, J. M. A. **Planejamento de Instalações**. 4 ed. Rio Janeiro: LTC, 2013.
- TURATI, S.A.; FILHO, E. M. Reorganização do arranjo físico da caldeiraria de uma empresa do setor metalomecânico por meio do método de Planejamento Sistemático de Layout – SLP. **GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 12, n. 2, p. 39-51, 2016.

VILARINHO, P.M.; GUIMARÃES, R.C.A Facility Layout Design Support System. **Associação Portuguesa de Investigação Operacional**, v. 23, p. 145-161, 2003.

YIN, R.K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. Porto Alegre, Bookman, 2010.