

MELHORIA DO ARRANJO FÍSICO DE UMA INDÚSTRIA DE CERÂMICA COMO FERRAMENTA PARA O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE

Rômulo de Arêa Leão Araújo Sobrinho (UFPI) romulo.leao@hotmail.com

Luis Henrique dos Santos Silva Sousa (UFPI) oluisnta@hotmail.com

Maria Clara Almendra Freitas Cortez (UFPI) mclaracortez@gmail.com

Resumo

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma proposta de melhoria do arranjo físico de uma indústria cerâmica, seguindo os conceitos da metodologia de Rozenfeld (2006): planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado. Utilizaram-se, ainda, conceitos de capacidade, objetivos de desempenho e estratégia e ambiente de produção. Como resultado da melhoria proposta, obteve-se um aumento de produtividade na ordem dos 43%. Concluiu-se, então, que a melhoria proposta, além de se adequar às prioridades da empresa (confiabilidade e qualidade) e ao seu ambiente de produção (Make-to-Stock), ainda traz resultados extremamente positivos, financeiramente.

Palavras-Chaves: Arranjo Físico; Projeto de Layout; Produtividade.

1. Introdução

O Projeto de Fábrica, segundo a ABEPRO (2015), pertence a Engenharia de Operações e Processos de Produção, uma das áreas temáticas da Engenharia de Produção e, juntamente com outras funções da Organização Industrial, é de fundamental importância para garantir a competitividade da empresa. Para manterem-se em níveis competitivos, as empresas não podem abrir mão de pelo menos dois fatores: produtividade e qualidade.

Para Olivério (1985, apud RIBEIRO et al, 2016), economia de espaço, redução da movimentação, material em processo, tempo de manufatura, custo indireto, melhoria na qualidade, aumento da satisfação do trabalhador e incremento e flexibilização da produção são alguns dos vários fatores que se relacionam direta ou indiretamente à produtividade de uma organização e pode ser diretamente afetadas pela otimização do arranjo físico.

Segundo Neumann e Fogliatto (2013), uma mudança não planejada do layout pode impactar diretamente na produtividade dos colaboradores, no aumento dos custos da produção e na eficiência da produção. Slack, Chambers e Jonhston (2009) ressaltam que um erro no arranjo físico pode levar a padrões de fluxos longos ou confusos, estoque de materiais operações inflexíveis e altos custos.

Pereira, Da Silva e Miranda (2015) conseguiram ganhos notáveis com a aplicação de ferramentas de Projeto de Fábrica e Layout no balanceamento da linha de produção de uma empresa de chicotes elétricos, alcançando uma redução de 33% no número de operadores, 30% na área ocupada pela linha de produção e 49% no aumento da produtividade (peças/homem x dia). Pereira et al (2015) conseguiu aplicar o Planejamento Sistemático do Layout, utilizando ferramentas como o Diagrama de Correlação e, após uma análise qualitativa dos resultados, obteve uma nota final de 124 pontos com o layout proposto, em detrimento da nota 86, obtida pelo layout original.

A Cerâmica Livramento é uma indústria de telhas e tijolos, localizada no Maranhão, em Timon. Fundada em 1978, a empresa tem como missão a produção de telhas e tijolos de qualidade, garantindo a confiabilidade e satisfação de seus clientes. Atualmente a cerâmica apresenta um gargalo na saída da estufa, onde existe uma distância de 90 metros até a entrada do forno, a etapa seguinte do processo de produção. Este deslocamento é realizado em cerca de 10 minutos.

Além disso, o carregamento das vagonetas de transporte é realizado de forma manual e, geralmente, também demora cerca de 10 minutos para ser finalizado, alcançando um tempo total de 20 minutos, para a operação. Devido a importância do tema, enfatizada pelos trabalhos acima citados, o objetivo geral deste trabalho é estudar o processo produtivo da Cerâmica Livramento, observando pontos como administração da produção, projeto do processo, planejamento e controle da capacidade, e por fim, arranjo físico, a fim de encontrar soluções para o aumento da produtividade da indústria.

2. Formatação geral

2.1 Capacidade

Slack, Chambers e Jonhston (2009) defendem que a capacidade de uma operação é o máximo nível de atividade que o processo pode realizar sob condições normais de operação. Dessa forma, na Cerâmica Livramento, a capacidade produtiva pode ser medida de acordo com o volume produzido em determinado período de tempo, sob condições normais de produção.

A capacidade de produção é em geral afetada por algumas restrições: as instalações; a composição dos produtos ou serviços; fatores humanos; fatores operacionais e fatores externos, ligados aos padrões de qualidade exigidos pelos clientes, legislações existentes, sazonalidade, concorrência, entre outros.

2.2 Objetivos de Desempenho

Vantagem competitiva em manufatura, segundo Slack (1993), é ter níveis de desempenho acima da média em qualidade, custo, velocidade, flexibilidade e confiabilidade.

Para Skinner (2007), um sistema de produção dificilmente conseguirá desenvolver igualmente bem todos esses objetivos. O autor comenta ainda que, geralmente, as empresas tendem a perseguir como alvos os objetivos custo (a fim de torná-los os menores possíveis) e velocidade/confiabilidade (a fim de alcançar a maior produtividade) e, sendo assim, surgem os trade-offs, onde as empresas devem decidir quais os objetivos de desempenho deverão ser focados.

2.3 Arranjo Físico

Corrêa e Corrêa (2012) mencionam que arranjo físico é também conhecido como layout, na língua inglesa, e é a adequação dos recursos de transformação que ocupam espaço dentro de uma organização. Tal adequação resulta em mudanças de procedimentos ou fluxos, para que alinhe o arranjo ideal com as prioridades competitivas da organização, ou objetivos de desempenho.

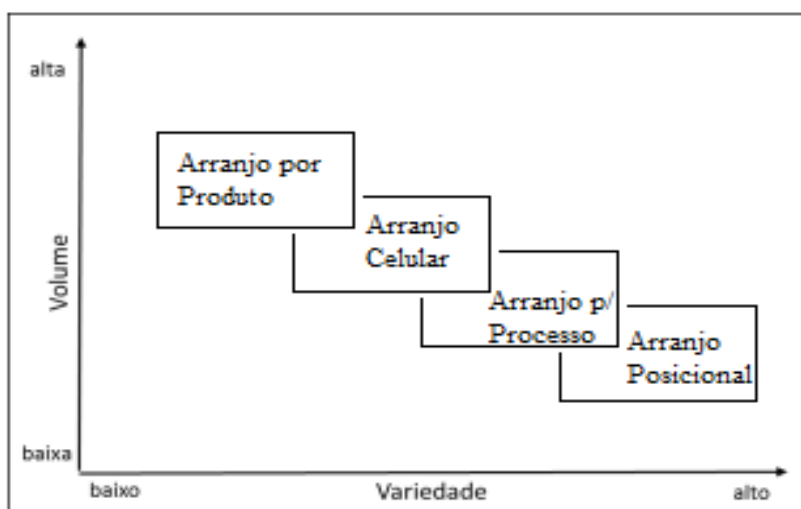
Neumann e Fogliatto (2013) dizem que tais ambientes devem buscar a otimização do espaço, seja com trabalhadores, máquinas e equipamentos e materiais, pois são de extrema importância. Gurgel (2003)

define arranjo físico como arte ou ciência de transformar elementos complexos e inter-relacionados da manufatura em uma estrutura capaz de atingir os objetivos da empresa, balanceando custos e receitas.

Um arranjo físico adequado pode proporcionar à organização, maior economia e maior produtividade por meio da racionalização dos fluxos de fabricação, pela otimização das condições de trabalho dos colaboradores, pela redução de custos de manuseio e transporte de materiais e, ainda, pela minimização dos investimentos em equipamentos (CURY, 2007).

A relação volume x variedade é fundamental para definir o tipo de processo e arranjo físico. Observam-se na Figura 1, os tipos de arranjo físico e seu posicionamento segundo a relação:

Figura 1 – Tipos de arranjos produtivos



Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Jonhston (2009)

Para os autores supracitados, no arranjo físico posicional, o recurso não se move ou tem mobilidade bastante reduzida e os agentes transformadores se movem conforme necessário. Já no arranjo físico por processo, os recursos se movimentam entre os processos, de acordo com o roteiro.

3. Procedimentos Metodológicos

Segundo Gil (2008), é possível classificar as pesquisas científicas, quanto aos seus objetivos, em: exploratórias, descritivas e explicativas. Ainda segundo o autor, a pesquisa exploratória tem como finalidade, tornar o problema mais explícito. A descritiva é simplesmente, descrever e registrar os fatos observados, enquanto a explicativa, é exatamente buscar uma explicação para os fatos descritos.

Este trabalho consiste em um estudo de caso de caráter descritivo, pois é realizada a descrição do processo produtivo da empresa. Entretanto, descreve-se tal processo para explicar como as atividades se relacionam e identificar pontos de melhoria. Por fim, pretende-se explorar tais pontos e sugerir uma mudança de layout.

Para atingir os objetivos apresentados, recorreu-se à pesquisa de campo, que Gil (2008) defende como sendo a procura pelo aprofundamento de uma realidade específica, por meio de observação direta e

entrevistas, de onde tiram-se explicação e interpretações sobre tal realidade. Desta forma, coletaram-se informações por meio da observação do processo produtivo e entrevista com os responsáveis pelo mesmo. Realizou-se ainda uma pesquisa documental, que segundo o autor supracitado, diferencia-se da pesquisa bibliográfica na natureza das fontes, sendo estas, materiais que ainda não receberam tratamento analítico ou que podem receber outras interpretações, como os relatórios obtidos pelos autores, diretamente da empresa.

A observação foi realizada nos meses de outubro e novembro de 2016, a fim de visualizar e entender como a empresa processa sua matéria-prima, a argila, durante a fabricação de tijolos, durante os processos de estocagem, processamento, corte, secagem e queima, por exemplo. Desta forma, foi possível conhecer e identificar seu funcionamento e seus aspectos operacionais e administrativos.

Consideram-se os dados coletados como quali-quantitativos, pois, além de aspectos organizacionais obtidos por meio de entrevistas, coletou-se dados sobre produtividade, custos e despesas do processo, horas trabalhadas e volume de produção, além das medidas da planta baixa da indústria.

Respeitou-se ainda, a metodologia proposta por Rozenfeld (2006 apud NEUMANN, 2015, p.293-294), durante o Planejamento do Projeto, onde adaptou-se o modelo de referência apresentado no trabalho supracitado às necessidades do projeto aqui desenvolvido, o Projeto Informacional, onde levantou-se, por duas etapas, as informações necessárias para a realização do projeto fabril, o Projeto Conceitual, onde lidou-se com as alternativas do projeto e definiu-se de acordo com as especificações do Projeto Informacional e, por fim, o Projeto Detalhado, apresentado nos resultados deste, com o objetivo de detalhar e otimizar a alternativa selecionada.

4. Resultados e Discussão

4.1 Características Gerais

A Cerâmica Livramento é uma indústria de pequeno porte de cerâmica vermelha, produtora de telhas e tijolos, localizada em Timon, Maranhão. A Cerâmica nasceu em 1978, em Teresina, como uma pequena fábrica, e somente em 1985, foi criada a filial em Timon, local em que funciona atualmente.

Seguindo o raciocínio proposto por Slack, Chambers e Jonhston (2009) na identificação dos objetivos de desempenho, observou-se na empresa, com base na sua missão e visão e com base em seu ambiente de produção (Make-to-Stock), que os indicadores mais priorizados pela empresa são qualidade e confiabilidade, o que significa que a empresa pretende sempre atender bem seu cliente, não deixar nunca faltar o produto, sendo este, da melhor qualidade possível.

Já como Estratégia de Produção, a empresa utiliza-se da Bottom-Up, que, segundo Slack et al. (2009), é quando a estratégia é gradualmente moldada com o tempo e baseada na experiência real de vida, na experiência adquirida pelo nível operacional ao longo do tempo, ao invés de posicionamentos teóricos.

4.2 Arranjo Físico e Processo Produtivo

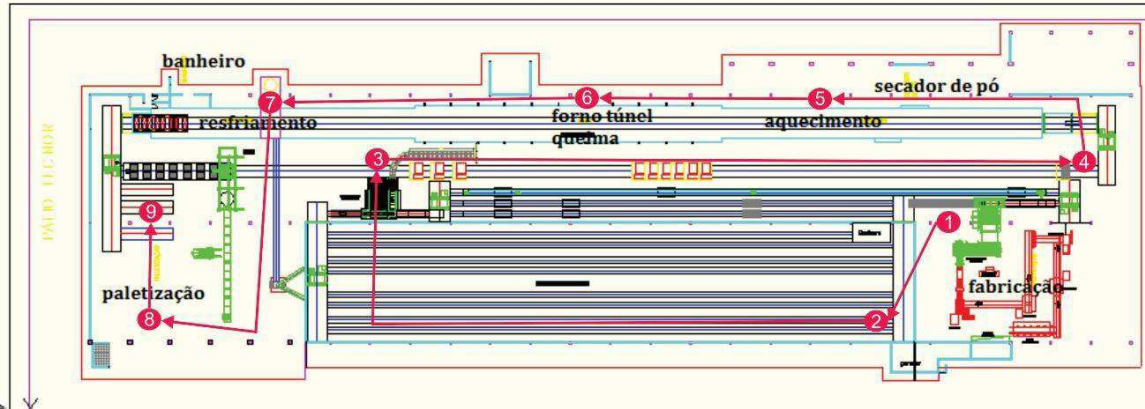
O processo de produção adotado pela empresa na parte de fabricação é o contínuo que segundo Neumann (2015) envolve a produção de bens que não pode ser identificado individualmente e que fluem

fisicamente durante o processo. Processos contínuos são caracterizados por pouca variedade e altíssimos volumes de produção. Sabe-se que em geral, o arranjo físico ideal para esse tipo de processo é o Arranjo por Produto.

Este tipo de arranjo procura alocar os recursos produtivos transformadores de acordo com a melhor conveniência dos recursos que estão sendo transformados. De acordo com Slack, Chambers e Jonhston. (2009), cada produto segue um roteiro predefinido no qual a sequência de atividades requerida coincide com a sequência na qual os processos foram arranjados fisicamente.

Depois de fabricados, os tijolos são alocados em lotes de 600 unidades nas vagonetas e continuam dessa maneira nas próximas etapas do processo, caracterizando, agora, um arranjo físico por processo, que, de acordo com Slack, nesse arranjo, processos similares são localizados juntos um do outro, por conveniência. No caso da cerâmica em questão, processos de secagem (estufa), queima (forno) e paletização são localizados separadamente. A Figura 2 representa o atual layout da planta:

Figura 2 - Layout do processo da Cerâmica Livramento



Fonte: Elaboração dos autores (2017)

Quadro 1 - Resumo do Mapofluxograma

Número	Operação
1	Processo de Fabricação
2	Entrada da Estufa
3	Saída da Estufa
4	Entrada do Forno
5	Aquecimento (Dentro do Forno)
6	Queima (Dentro do Forno)
7	Resfriamento (Final do Forno)
8	Paletização
9	Estoque Final

Fonte: Elaboração dos autores (2017)

Como pode ser observado, a partir do momento em que o arranjo físico passa a ser por processo, existem dois centros de trabalho: estufa e o forno. Assim, de acordo com Slack et al. (2009), há apenas duas

formas de arranjá-los, um em relação ao outro, pois para N centros, há N fatorial (N!) diferentes maneiras. Assim, para 2! temos 2 maneiras.

Sendo assim, como os centros de trabalho são espaços grandes e de locomoção inviável financeiramente e fisicamente, descarta-se a possibilidade de mudança de layout envolvendo os dois centros

4.3 Estudo da Capacidade

Na primeira etapa onde é necessário medir a demanda, parte-se do princípio de que a empresa não apresenta um método de previsão de demanda formal. A produção é feita para estocar, sendo produzido o máximo possível sempre. Apesar disso, há certa homogeneidade na demanda ao longo do ano, visto que a cerâmica possui clientes fiéis que compram constantemente, em quantidades praticamente pré-estabelecidas. Não é possível identificar uma sazonalidade na demanda e no suprimento (de qualquer forma, a empresa dispõe de abundante matéria-prima extraído em seu território). Na Tabela 1 é possível se observar as demandas dos últimos quatro anos:

Tabela 1 – Demanda de tijolos (em milhares) nos últimos 4 anos

Mês	2012	2013	2014	2015	Média
Janeiro	853	979	1126	1008	992
Fevereiro	1123	1390	910	1152	1144
Março	1619	816	829	1203	1117
Abril	951	1289	1195	954	1097
Maio	1909	1403	982	1522	1454
Junho	1468	1282	1444	1389	1396
Julho	1458	1278	902	1423	1265
Agosto	948	1017	1342	1256	1141
Setembro	1276	1621	1236	1489	1406
Outubro	1109	1426	940	1325	1200
Novembro	931	1157	1426	1478	1248
Dezembro	1351	974	1001	1164	1123

Fonte: Elaboração dos autores (2017)

A Cerâmica Livramento produz por dia 72 vagões de tijolos, sendo que cada vagão possui 600 tijolos, resultando em um total de 43.200 tijolos por dia. Sendo assim, são produzidos aproximadamente 1.296.000 tijolos por mês.

5. Projeto Conceitual

Como é possível visualizar na tabela da demanda dos últimos 4 anos, em alguns períodos não é possível atender a demanda sob condições normais, o que leva a empresa a contratar trabalhadores temporários ou contratar horas extras de funcionários. Por isso, foi escolhido o problema da distância entre a saída da estufa e a entrada do forno, que ocasiona em um tempo muito grande de deslocamento dos vagões da estufa para o forno.

Recorda-se que os objetivos de desempenho mais prezados pela Cerâmica, são exatamente qualidade e confiabilidade. A empresa preza que o cliente confie que sempre terá estoque para atendê-lo, com a

qualidade esperada. Desta forma, a resolução do problema do deslocamento, resulta em aumento da produtividade e vai ao encontro das prioridades da empresa, portanto, uma solução assertiva.

De acordo com o gestor, essa distância é de aproximadamente 90 metros e o tempo levado para descarregar uma vagoneta e, em seguida, carregar um vagão com 600 tijolos (trabalho feito manualmente) é de aproximadamente 10 minutos. Além disso, leva-se mais 10 minutos de transporte até a entrada do forno. Ou seja, no total, leva-se em média 20 minutos para transportar um vagão da estufa para o forno.

Uma sugestão de melhoria para diminuir o tempo de transporte entre a estufa e o forno seria a realocação da saída da estufa para mais próximo da entrada do forno. Assim, o tempo de 10 minutos de transporte seria reduzido para aproximadamente 4 minutos, pois a distância passaria de 90 metros para 36 metros.

Aspectos positivos:

- Redução de 60% do tempo de transporte;
- Aumento de produtividade de 72 vagões por dia para aproximadamente 103 vagões;
- Aumento das receitas: 103 vagões correspondem a uma receita de R\$ 17.304,00, enquanto que 72 vagões correspondem a uma receita de R\$ 12.096,00. Dessa forma, a produção de um dia aumentaria nas receitas o equivalente a R\$ 5208,00.

Quadro 2 – Modelo atual *versus* Modelo proposto

	Modelo Atual	Modelo Proposto
Tempo de transporte	10 minutos	4 minutos
Distância Estufa-Forno	90 metros	36 metros
Capacidade da estufa	240 vagonetas	260 vagonetas
Produção diária	43200 tijolos	61800 tijolos
Receita diária	R\$12.096,00	R\$17.304,00

Fonte: Elaboração dos autores (2017)

Aspectos negativos:

- Despesa financeira com a transposição dos trilhos (mão-de-obra e maquinário);
- Despesa financeira com a abertura da nova entrada na estufa e fechamento da anterior.

Quadro 3 – Resumo das despesas com a melhoria

	Mudança da saída dos tijolos	Transposição do trilho
Material	R\$600,00	R\$0,00
Mão-de-obra	R\$2.500,00	R\$4.000,00

Fonte: Elaboração dos autores (2017)

6. Projeto Detalhado

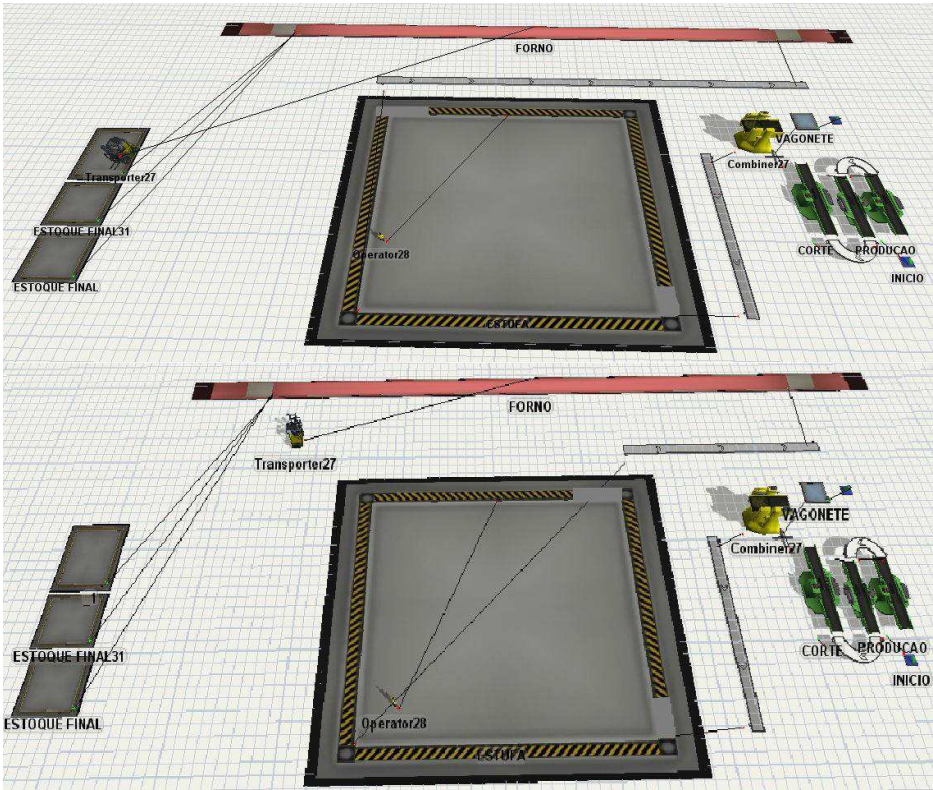
6.1 Simulação do Novo Arranjo Físico

A fim de proporcionar uma melhor visualização e um melhor entendimento, realizou-se a simulação dos dois arranjos físicos (atual e proposto) no software FlexSim. A Figura 3 representa a comparação entre o arranjo físico atual e o proposto respectivamente.

O quadro maior, no centro da imagem, representa a estufa e o canto superior esquerdo é a atual saída (área em cinza, interrompendo as faixas amarelo-e-preto). Já o canto inferior direito representa a entrada. É possível ver, entre o forno e a estufa, o atual comprimento dos trilhos que as vagonetas têm de percorrer até a entrada do forno.

Como é possível visualizar na parte de baixo da figura (arranjo proposto), a saída dos tijolos da estufa seria realizada pelo canto superior direito, possibilitando uma enorme redução da distância dos trilhos, que também é apresentado na figura, entre a estufa e o forno.

Figura 3 – Arranjo físico atual *versus* Proposto



Fonte: Elaboração dos autores (2017)

O Quadro 4 confirma, ainda, que o resultado esperado de que o novo arranjo físico aumentaria a produtividade da planta. Os dados foram extraídos do dashboard do FlexSim.

Quadro 4 – Comparativo dos dados de produtividade obtidos na simulação

Componente	Produtividade Atual	Produtividade Proposta
Forno	7,9 (lote/hora)	8,0 (lote/hora)
Estufa	7,8 (lote/hora)	8,2 (lote/hora)

Fonte: Elaboração dos autores (2017)

Apesar de o forno não ter obtido grande avanço na simulação (apenas 0,1 lote/hora), no final de um mês isso pode resultar em grandes resultados financeiros. Ressalta-se ainda a grande conquista com a Estufa, que deixou de ser um gargalo (produtividade menor que a etapa seguinte) e passou a ganhar 0,4 lote/hora.

7. Considerações Finais

Através deste estudo, foi possível conhecer o processo produtivo da Cerâmica Livramento, suas dificuldades e limitações e desenvolver um projeto de melhoria do atual arranjo físico da empresa, buscando o aumento de suas receitas por meio do aumento da sua produtividade.

Concluiu-se que uma pequena modificação é capaz de gerar grandes retornos financeiros apenas 1 mês depois da implantação. Desta forma, consideram-se alcançados todos os objetivos almejados por este trabalho.

Sobre as limitações encontradas, ressalta-se primeiramente a dificuldade de obtenção dos dados, não por má vontade da empresa, muito pelo contrário, mas pela distância da planta industrial, localizada em Timon, Maranhão, em relação ao centro de Teresina, cidade onde vivem os autores. Enfrentou-se ainda certa dificuldade na obtenção de referências bibliográficas relativas à metodologia de Rozenfeld (2006), de certa forma escassas.

Para trabalhos futuros, sugere-se que seja pesquisado formas de ampliar a capacidade produtiva da parte da linha após o processo de fabricação, ou seja, estufa e forno, que possuem capacidade produtiva limitadoras e que, se resolvidas, poderiam resultar em um aumento de receita ainda mais significativo.

Espera-se ainda que este trabalho sirva como exemplo de aplicação prática dos conceitos da disciplina Projeto de Fábrica e Layout, tanto para estudantes, quanto para orientadores e profissionais da área.

REFERÊNCIA

ABEPRO, Associação Brasileira de Engenharia de Produção. **Áreas e subáreas de Engenharia de Produção**. Acesso: 13 dez. 2016. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>

CORRÊA, H. L; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços, uma abordagem estratégica**. 3 ed – São Paulo: Atlas, 2012.

CURY, A. **Organização e métodos: uma visão holística**. 8. ed. rev. e ampl. 3. reimp. São Paulo: Atlas, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GURGEL, F. do A. **Glossário de engenharia de produção**. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2003.

NEUMANN, C. S. R.; FOGLIATTO, F. S. **Sistemática para avaliação e melhoria da flexibilidade de layout em ambientes dinâmicos**. Gest. Prod., São Carlos, v. 20, n. 2, p. 235-254, 2013. Acesso: 12 dez. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v20n2/v20n2a01.pdf>

OLIVÉRIO, J. L. **Projeto de Fábrica: Produtos, processos e instalações industriais**. São Paulo: IBLC, 1985. EM: RIBEIRO, J. de O.; MOTTA, G. A.; ARANHA, K. M. L; SALOMAO, S.; IANNONI, J. R. **Análise da alteração de arranjo físico na perspectiva dos sete desperdícios: um estudo de caso em uma montadora de implementos agrícolas**. XXXVI ENEGEP, João Pessoa: 2016. Acesso: 19 dez. 2016. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_226_320_30748.pdf

PEREIRA, A. A. de O.; DA SILVA, F. Jr.; MIRANDA, R. de C. **Balanceamento de linha de produção em uma empresa de chicotes elétricos**. XXII SIMPEP, Bauru: 2015.

PEREIRA, K. S.; UEDA, R. M.; PACHE, R. de A.; CARMONA, J. C. B.; SOARES, M. dos S. **Planejamento sistemático de layout: um estudo de caso em um comércio varejista do interior do MS**. XXII SIMPEP, Bauru: 2015.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLETO, J. C. de; DA SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma Referência para a Melhoria do Processo**. EM: NEUMANN, C.; SCALICE, R. K. **Projeto de Fábrica e Layout**. São Paulo: Elsevier - Campus, 2015. P. 293-294.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. São Paulo: Atlas, 1993.

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