Arranjo Físico (*layout*) e Produção mais Limpa (P+L): uma Discussão Teórica

LINS, P. S. [a,b*], CÉSAR, S.F.. [b]

a. Federal Institute of Alagoas, Campus Maceió-Alagoas

b. Federal University of Bahia, Campus Salvador-Bahia

**Corresponding author, patríciasoares.lins@yahoo.com.br*

Resumo

O projeto do arranjo físico (*layout*) para a pequena empresa pode reduzir o desperdício durante o processamento, reduzir as distâncias na produção e aumentar a produtividade do negócio. Estas três práticas podem ser combinados com os princípios da produção mais limpa (CP) para minimizar o desperdício. Este estudo é uma discussão teórica sobre métodos de planejamento de arranjo físico (layout) e Produção mais Limpa (P+L) e as suas possibilidades de integração para melhorar a qualidade da produção de pequenos negócios. O principal resultado é uma visão geral dos estudos existentes sobre as duas questões.

***Palavras-chave**: Sustentabilidade; Produção mais Limpa (P+L); arranjo físico (layout); integração de métodos; pequenos negócios.*

1. Introdução

Arranjo físico (*layout*) pode ser definido como estudo sistemático que procura uma combinação ótima das instalações industriais que concorrem para a produção, dentro de um espaço disponível e é influenciado pelos fatores: material, movimentação (fluxo geral do edifício, fluxos internos, fluxos de materiais, quantidades de fluxos), equipamentos, mão-de-obra, serviços e edifício (OLIVÈRIO, 1985).

De acordo com Marujo *et al*. (2010), depende da operação produtiva, da análise da quantidade a ser produzida e tempo; é a localização de instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção; é o posicionamento físico dos recursos de transformação (materiais, informações, clientes, etc.) que determina sua forma e aparência e a maneira que fluem pela operação.

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 97), traz para o Brasil a discussão sobre Produção Mais Limpa (P+L) e a partir dos anos 90, a poluição ambiental passa a ser sinônimo de desperdício. Produção Mais Limpa (P+L), de acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (1989), é considerada como estratégia ambiental de prevenção que deve ser aplicada de forma contínua e integrada aos processos, produtos e serviços. O objetivo é o aumento da ecoeficiência e redução dos riscos ao homem e ao meio-ambiente.

Segundo Zhang X. (2014) o conceito de P+L, desenvolvido ao longo das últimas duas décadas, trouxe pensamento ambiental inovador para o setor industrial. Também chamada de prevenção da poluição,

objetiva minimizar os resíduos e emissões e maximizar a saída de produtos, analisando fluxos de materiais e de energia em uma empresa e utilizando estratégias para reduzir o desperdício na fonte.

A P+L é parte integrante do *design* do produto e da engenharia do processo; é inovação desenvolvida na empresa. Caracteriza-se por ações implementadas dentro da empresa que tornam o processo mais eficiente no emprego de insumos, o que gera mais produtos e menos resíduos. A atividade produtiva identifica, através de programas e metodologias, as tecnologias limpas mais adequadas para o seu processo produtivo (CNTL/SENAI, 2003, *on line*).

As práticas de identificação prévia das causas geradoras de problemas ambientais derivadas das atividades produtivas podem ser introduzidas nas empresas e desse modo evitam-se "ações corretivas para os impactos ambientais, trazendo inúmeros benefícios para as empresas e o meio ambiente" (KIPERSTOK *et al* 2002, p. 115).

O objetivo deste artigo é proporcionar uma discussão teórica sobre planejamento de arranjo físico (*layout*) e Produção mais Limpa (P+L) para identificar pontos de integração entre os métodos.

2. Métodos

Este artigo é uma pesquisa bibliográfica com abordagem qualitativa, resultado do projeto de doutorado intitulado Proposta de integração de metodologia(s) de arranjo físico (*layout*) à Produção mais Limpa (P+L) para pequenos negócios do setor moveleiro de Alagoas. Trata-se de convênio entre a Universidade Federal da Bahia (UFBA) e o Instituto Federal de Alagoas (IFAL) e faz parte do Programa de Engenharia Industrial da Universidade da Bahia (PEI/UFBA), Escola Politécnica da Bahia (EPUFBA). Está na área de concentração de Desenvolvimento Sustentável de Processos e Produtos.

É uma ampliação do tema "A influência do projeto de arranjo físico na produtividade em uma empresa de produção e comercialização de plantas ornamentais (estudo de caso)", desenvolvida por Lins (2006) no âmbito do Mestrado em Engenharia de Produção na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da Universidade da Paraíba com orientação do professor Dr. Antônio de Mello Villar. Acrescenta a preocupação com a Produção mais Limpa (P+L) e sua integração com o projeto de arranjo físico em pequenos negócios.

A primeira etapa foi o levantamento da produção acadêmica sobre os temas em referenciais teóricos diversos, um levantamento em periódicos da CAPES, artigos publicados no *Journal of Cleaner Production*, *Journal Clean Technologies,* dissertações e teses, revistas e livros. Em seguida a identificação de conceitos sobre arranjo físico (*layout*), Produção mais Limpa, pontos de integração e o levantamento dos resultados e conclusões existente no material selecionado. A discussão teórica tem como foco traçar um panorama das pesquisas existentes identificando as oportunidades de integração entre os temas.

3. Discussões

3.1 Metodologias de elaboração de Arranjo Físico (layout):

O modelo desenvolvido por Muther (1978) para o planejamento de arranjos físicos, ou seja, *layout*, denomina-se *Systematic Layout Planning*, sistema SLP. Método geral de procedimentos com uma abordagem lógica que integra as muitas técnicas existentes para a elaboração de arranjos físicos; inter-relações, espaços e equipamentos. Para o autor, as variáveis de entrada são: produto (P), quantidade ou volume de produção (Q), roteiro ou sequencia do processo de produção (R), serviços de suporte (S) e os tempos envolvidos na produção (T).

Os princípios essenciais para qualquer planejamento de arranjo físico, independente do produto, ou processo são: os conceitos de inter-relações (grau relativo de dependência ou proximidade entre as atividades); o espaço (quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados) e o ajuste que é o arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível (MUTHER,1978).

Segundo Muther (1978), "o sistema SLP é uma sistematização de projetos de arranjo físico. Consiste de uma estrutura de fases que se divide em localização (Fase I), arranjo físico geral (Fase II), arranjo físico detalhado (Fase III) e implantação (Fase IV), um modelo de procedimentos e de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos e das áreas envolvidas no planejamento".

Esse método possui uma abordagem lógica que integra técnicas de inter-relacionamento entre áreas ou grau de dependência entre elas, não trata sobre o tema da sustentabilidade, dá ênfase às fases de planejamento e relação entre espaços com sua importância relativa, o foco é o fluxo de materiais e inter-relações e/ou interdependência. Observa-se a presença do prefixo latino *inter* em todo o texto do autor que exprime a noção de posição média ou de relação recíproca e que o ponto de partida do método de Muther (1978) é do espaço geral para o espaço particular da tarefa. Embora seja muito utilizado como referência para a construção de novos modelos, apenas considera *layouts* tradicionais, coerente com a época em que foi criado pelo autor, e não considera antes da ação de projetar a reavaliação do fluxo produtivo atual para possibilitar uma análise anterior ao projeto do novo *layout*.

Marujo *at al*, (2010) utiliza a metodologia de Muther (1978) na pesquisa intitulada *Otimização de layout utilizando-se o SLP combinado com teoria das filas: um estudo de caso em uma oficina de rodas e freios de aeronaves.* Após a análise do processo produtivo, e realização do fluxograma, aplica a metodologia SLP (*Planejamento Sistemático de Layout)*, e elabora várias alternativas de *layout*, cria tabela de necessidades de espaço e quadro comparativo das alternativas de *layout* e analisa os gargalos da produção. A nova planta resultante da análise conseguiu reduzir cruzamentos de fluxo de materiais, reduzir o espaço total percorrido e aproximar as unidades de planejamento de espaço afins. Aproximou também as inspeções, já que utilizam a mesma mão-de-obra, não necessitando de deslocamento de pessoas.

Na pesquisa intitulada *Planejamento Sistemático de Layout: Adaptação e aplicação em operações de serviços*, os autores Costa Santos *et al* (2012) aplicaram o sistema SLP em uma clínica médica. O estudo mostrou a necessidade de entender a importância de cada setor e a sua função nos diferentes processos antes de aplicar a carta de interligações preferenciais, utilizada por Muther (1978) para visualizar as necessidades de inter-ligações de áreas. Utilizaram uma ferramenta de gestão chamada 5W1H (O que?, Quando?, Quem?, Onde?, Como? e Por quê?). A análise foi feita em todos os setores através de entrevistas. O estudo mostrou que, apesar do sistema SLP ser metodologia de projeto de *layout* desenvolvida para operações de manufatura, ele também pode ser aplicado em serviços, para isso, deve-se considerar que o fluxo de clientes é predominante em grande parte dos sistemas de operações desse tipo. Sugeriram mudanças no posicionamento de setores da clínica a partir do fluxo de clientes para otimizar o fluxo e o tempo.

O diferencial da pesquisa está na adaptação do método a empresas de serviços; na substituição do fluxo de materiais por fluxo de clientes. Observa-se que as mudanças sugeridas de redução de fluxo têm como consequência a redução de tempo de espera para o atendimento e a elevação da capacidade de atendimento de clientes o que pode elevar a produtividade da empresa.

Tiberti (2003) apresenta o modelo de Apple que consiste em sequencia de 20 passos para o planejamento do arranjo físico: [1] Obter os dados básicos como previsão de vendas, produtos e suas quantidades, política de estoque, desenhos das peças e listas de materiais, roteiros de produção, lista de operações, padrões de tempo, porcentagem de refugo, arranjos físicos existentes, desenhos dos prédios, etc.; [2] Analisar os dados básicos para determinar seus inter-relacionamentos; [3] Desenvolver o processo de produção (sequência de processos e operações); [4] Planejar o padrão de fluxo de materiais (assegurar movimentação mínima); [5] Estudar um plano geral de movimentação de materiais; [6] Calcular as necessidades dos equipamentos; [7] Planejar áreas individuais de trabalho; [8] Selecionar equipamentos de movimentação de material; [9] Coordenar grupos de operações relacionados (Integração de áreas individuais de trabalho); [10] Definir o relacionamento das atividades; [11] Determinar os requisitos de armazenamento; [12] Planejar as atividades auxiliares e de serviços; [13] Determinar os requisitos de espaço; [14] Locar as áreas das atividades no espaço total disponível (arranjo físico preliminar); [15] Considerar os tipos de prédios (forma, o número de andares, as limitações estruturais); [16] Construir o arranjo físico mestre (projeto detalhado com todas as áreas produtivas, auxiliares e de serviço); [17] Avaliar, ajustar e verificar com

o pessoal ligado ao projeto; [18] Obter a aprovação; [19] Instalar (avaliar erros) e [20] Acompanhar o desempenho.

Observa-se que o trabalho de Apple realizado em 1977 já apresentava observações relacionadas a percentuais de refugo, entretanto, como dado de entrada para o projeto sem a preocupação com a eliminação na fonte. Apresenta, assim como o de Muther (1978), várias ferramentas gráficas automatizáveis.

O modelo de Olivério (1985) também se baseia em estudos de fluxos, fluxo geral do edifício e fluxo interno. O primeiro localiza os diversos departamentos produtivos e de serviços, utiliza-se de gráfico com o fluxo interdepartamental, gráfico de relações de atividades e gráfico de relações de áreas que juntos possibilitam o projeto do arranjo físico geral; o segundo é elaborado a partir de carta de processo.

Para o autor, o dimensionamento de áreas deve ser estudado primeiro no nível de dimensionamento de área do centro de produção (célula da fábrica). Nele devem ser consideradas áreas para o equipamento, o processo, o operador na operação, o acesso dos operadores, o acesso e manutenção, as matérias-primas não processadas, as peças processadas, os refugos, cavacos e resíduos; as ferramentas, dispositivos e instrumentos; os serviços da fábrica como iluminação, ventilação, aquecimento, água, ar comprimido, etc; e atendimento às exigências legais. Este modelo começa a propor uma sequencia de trabalho que chama atenção para questões ambientais, embora não seja este o seu objetivo. A preocupação com refugos e resíduos aparece indiretamente em *check list* de sua autoria.

O segundo nível corresponde ao dimensionamento da área do conjunto de centros de produção, ou seja, a quantidade de operários, tendo em vista que a área se modifica em função do espaço de que se necessite para a movimentação de 1, 2 ou mais operários, o que influencia na forma geométrica. Nesse sentido, indica que as larguras devem variar de 95 cm, 150 cm e 55 cm para um sentido de movimentação, dois sentidos de movimentação e para acréscimos de movimentação, respectivamente. Deve-se considerar o meio de transporte e folgas para transporte de materiais com variação de 15 cm a 30 cm; e o fluxo como um importante fator que influencia a eficiência do arranjo físico. O dimensionamento da área departamental e o dimensionamento da área da fábrica correspondem aos terceiro e quarto níveis (OLIVÉRIO, 1985).

Olivério (1985) refere-se ao método de Guerchet que considera a superfície total como soma de 03 superfícies: a Superfície estática, a Superfície de gravitação e a Superfície de evolução de forma (S total = Se + Sg + Sev). A primeira é a área obtida no catálogo do fabricante, é a superfície do elemento principal do centro de produção: máquinas, móveis, instalações, etc. É a soma das áreas para o equipamento e para o processo, serviços de fábrica e ferramental.

A Superfície de gravitação é a utilizada ao redor dos postos de trabalho pelo operário e pelo material associado às operações em desenvolvimento (Sg = Se x N). N é o número de lados utilizados do equipamento e que devem estar acessíveis ao operador. E a Superfície de evolução (Sev) é a utilizada para a movimentação e acesso ao centro de produção (correspondendo à soma das áreas para acesso do operador, acesso e manutenção, acesso dos meios de transporte) de forma que Sev = (Se + Sg) k onde K é um coeficiente específico cujo valor varia entre 0,05 e 3.

Com as áreas, e tendo como base o diagrama de inter-relações de Muther (1978), o modelo elabora o arranjo físico geral, passando para o arranjo físico detalhado e ajustes.

No modelo de Olivério (1985) na primeira fase, realiza-se o estudo sobre o dimensionamento das áreas do centro de produção, o estudo dos fluxos interdepartamentais, o gráfico de relações de atividades e o gráfico de relações de áreas que se constitui no arranjo físico geral preliminar; na segunda, terceira e quarta fase, parte-se para a elaboração do arranjo físico detalhado, ajustes do arranjo físico geral e arranjo físico final, respectivamente. Ressalta a observação quanto à linearização do fluxo principal, o posicionamento dos fluxos secundários adjacentes visando, principalmente, a racionalização do fluxo total.

O método de Olivério (1985) se baseia em Muther (1978) e no método para dimensionamento de áreas de Guerchet, com ponto de partida do catálogo do fabricante. Observa-se o dimensionamento de áreas e processo de projeto do particular para o geral, do centro de produção para a área geral da fábrica diferentemente de Muther (1978). O tema da sustentabilidade está presente já no modelo de *check list* com considerações que se relacionam a perdas produtivas e sua eliminação como: refugo, reparo, re-trabalho e eliminação de resíduos e refugos.

A metodologia de Olivério (1985) tem aplicação em diversos tipos de empresas, incluindo pequenas e microempresas. A pesquisa intitulada "Análise do arranjo físico geral como base para racionalização da produção - um estudo de caso" foi uma aplicação da metodologia na RR Calçados que produz calçados em p.v.c e p.u. para o mercado feminino e infantil; desenvolveu um projeto de arranjo físico geral para uma pequena empresa de calçados a partir da análise do ambiente produtivo e através da aplicação do modelo de Olivério (1985) (VILLAR, A. M.; PORTO, E. S; 2007).

Os autores concluíram ser o arranjo físico um meio para atingir a "[...] eficiência produtiva, pois proporciona racionalização de espaço, melhor fluxo produtivo, diminuição de custos, diminuição de desgaste físico por parte dos funcionários, maior organização visual e estrutural entre outros fatores" (VILLAR, A. M.; PORTO, E. S; 2007, p. 10). Que as empresas devem preparar seu ambiente produtivo e adequá-lo às necessidades atuais e futuras do mercado.

O modelo Slack, *et al* (2002) foi apresentado como processo de decisão e consiste em três etapas: decisão 1 - seleção do tipo de processo que tem como base o volume-variedade dos produtos e os objetivos de desempenho estratégicos; a decisão 2 que é a determinação do tipo básico de arranjo físico, dependente do tipo de processo e também dos objetivos de desempenho estratégicos; e a decisão 3 que consiste no projeto detalhado de arranjo físico, posicionamento físico de todos os recursos de transformação quando deve ser considerado o fluxo de recursos transformados pela produção.

O modelo de Tompkins é modelo genérico de fases de elaboração de arranjo físico aplicável a indústrias e a serviços. Na fase I há a [1] definição do objetivo da planta. A fase II se constitui de [2] especificação das atividades primárias e de suporte que devem ser desempenhadas para atingir o objetivo, [3] determinação de inter-relacionamento entre todas as atividades, [4] determinação dos requisitos de espaço, [5] geração de planos alternativos da planta, [6] avaliação dos planos alternativos e [7] seleção de um plano. A fase III se constitui em [8] implementação, [9] manutenção e adaptação. O processo é repetido com o objetivo de efetuar melhorias durante o ciclo de vida do arranjo físico (TOMPKINS, J.A., *et al*, 2010 e TOMPKINS, J.A. e REED, R., 1976). Esse modelo é similar ao de Slack, *et al* (2002).

O modelo ou método elaborado por Villar (2001, *on line*), apresenta arranjo físico voltado à prevenção a incêndios. Consiste em modelo para a inserção das técnicas de prevenção à incêndios na metodologia de elaboração do arranjo físico de instalações industriais. Está baseada na obra de Olivério (1985), de Guerchet e de Ivanqui (1997). Propôs em seu trabalho 04 etapas: elaboração do arranjo físico geral preliminar (dimensionamento de áreas; determinação de fluxos, riscos de incêndio e substâncias extintoras; arranjo considerando os fluxos, os riscos de incêndios e substâncias extintoras; matriz fluxo-risco-substância); elaboração do arranjo físico detalhado; ajuste do arranjo físico geral e arranjo físico final. Utilizou o método Guerchet para o dimensionamento preliminar das áreas, a NR-24 (Norma Regulamentadora nº 24) e dados da FUNDACENTRO.

Villar (2001) elaborou, primeiro, o inter-relacionamento quantificado entre áreas, considerando fluxo, risco de incêndio e uso de substâncias extintoras; orienta-se pela formulação matemática para otimizar a alocação de instalações, desenvolvida por Ivanqui (1997), que relaciona fluxo; onde o fluxo do relacionamento de uma instalação **i** com uma instalação **j** é a distância de **i** para **j**. Utiliza a sequência de fluxo do material interdepartamental, gráfico de relação de atividades, gráfico de relação de áreas.

O modelo propõe para a matriz fluxo-risco-substância utilizar como fluxo (Vij) a média aritmética dos três fluxos anteriores: fluxo entre os departamentos (Vij'), fluxo dos riscos de incêndio (Vij") e fluxo das substâncias extintoras (Vij"') (VILLAR; NÓBREGA JÚNIOR; 2004).

Villar (2004) se baseou em Olivério (1978) e detalhou os princípios lançados por Muther (1978) deixando clara a importância da integração, da mínima distância, da obediência ao fluxo de operações, evitando retrocessos, interrupções e cruzamentos na sequência do fluxo produtivo; indicou o uso das três dimensões, satisfação e segurança, e o princípio da flexibilidade. Destacou os seguintes objetivos: aumentar a satisfação no trabalho; incrementar a produção; reduzir as demoras; economizar o espaço; reduzir o manuseio; aumentar a utilização do equipamento, mão de obra e serviços; reduzir o material em processo; reduzir o tempo de manufatura e os custos.

A pesquisa LINS (2006) realizada em microempresa da área de produção de plantas ornamentais (LINS; 2006), intitulada "A influência do projeto de arranjo físico na produtividade em uma empresa de produção e comercialização de plantas ornamentais (estudo de caso)" mostrou que o projeto do arranjo físico, consegue reduzir em 67% as distâncias percorridas e, portanto, o desperdício de fluxo de mercadorias e tempo elevando a produtividade. O fluxo de mercadorias e de mão-de-obra pode significar desperdício de espaço e tempo.

O modelo Gonçalves Filho propõe modelo com cinco fases distintas divididas em atividades e sub-atividades e é bastante abrangente e apresenta uma sistemática para identificar o layout mais adequado para diferentes tipos de produção.

Silva A. *et al* (2009) realizaram pesquisa sobre a importância da análise do fluxo de materiais na definição de alternativas de arranjo físico - uma aplicação no setor moveleiro, em pequenas empresas de estofados. Para os autores, o objetivo da análise do fluxo de materiais na definição de alternativas de arranjo físico é aumentar a organização do ambiente produtivo para conseguir a maximização do aproveitamento do espaço físico através da adequação do arranjo físico à sequência produtiva. Além disso, mostram que o fluxo de materiais influencia na tomada de decisão tanto a curto como a longo prazo. Os autores observam que a seleção da melhor proposta pode ser por meio da análise da linearização do fluxo de materiais, resultando em menores índices de cruzamento durante o processo, bem como a diminuição de tempos de movimentação.

Torres, I. (2007) em Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção discute sobre "Um formalismo relacional para o desenvolvimento de arranjo físico industrial"; nesse trabalho indica as mudanças do conceito de fábrica e que novos aspectos passaram a ser considerados importantes; que tradicionalmente as ferramentas e técnicas desenvolvidas trataram geralmente de aspectos como as relações de proximidade e de fluxo de materiais; buscou determinar um formalismo capaz de representar de *forma integrada* (grifo nosso) aspectos considerados durante a criação e avaliação de alternativas de arranjo físico por grupos multidisciplinares de projeto. Discute o processo de projeto e o papel mediador de modelos; propõe e simula um modelo com base em processos de design, conceitos de relacionamentos, mundos-objetos, visões e consenso.

Existem outras metodologias que podem ser citadas como a de Hyer e Wemmerlov criada em 2002, a de Vilarinho criada em 1997, o método Dos Elos criado por Borba em 1998, o modelo 3P Kaizen dessenvolvido pela Toyota e o Quaterman Lee desenvolvido em 2003 e que aborda questões de ergonomia em layouts de estações de trabalho, todas elas citadas no trabalho de Silva A. L. (2009), mas não há em nenhuma delas a preocupação com a Produção mais Limpa.

Nesse sentido, a integração da metodologia de Produção mais Limpa aos métodos de projeto de arranjo físico é mais uma possibilidade de ampliação do tema na direção de uma gestão sustentável em toda a cadeia produtiva desde a extração da matéria-prima até o processamento e a destinação adequada dos resíduos em 2050 conforme expectativa do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS, 2012, *on line*, p.26).

3.2 Produção mais Limpa (P+L)

Os temas que se referem ao aprimoramento dos modelos de organização sustentáveis, às diversas formas da sua institucionalização em âmbito global, ao desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, à gestão de inovações para o desenvolvimento sustentável são cada vez mais importantes (BARBIERI J. C. *at al*, 2010). O autor indica o futuro, mas aqui, utiliza-se o presente com vistas à urgência desse debate e de soluções para a sustentabilidade do planeta.

Parikka-Alhola,Katriina (2008) discute sobre contratos públicos ecológicos (Green Public Procurement - GPP) que podem servir como método para promover o design do produto ambientalmente saudável e motivar fabricantes a fazer produtos com menor impacto ambiental. Os impactos ambientais em mobiliários estão associados a produção e eliminação e são bastante limitados durante o uso. Os requisitos e critérios para a compra de mobiliário deveria levar em consideração aspectos ambientais, através da concepção ecológica levando a maiores benefícios ambientais. Indica a ferramenta de seleção de RPS (Relevance–Potential–Steerability), ou seja, Relevância-Potencial-Dirigibilidade desenvolvida para a avaliação da viabilidade de critérios de rotulagem ecológica para um determinado grupo de produtos.

Embora não haja nenhuma pressão legislativa no sector do mobiliário, muitos fabricantes estão se tornando mais conscientes da sua responsabilidade para fazer móveis mais ecológicos. Objetivos ambientais impulsionam designers para integrar critérios ambientais durante o processo de produção e no produto final tendo em vista que algumas das decisões mais importantes no que diz respeito às propriedades ambientais de um novo produto são tomadas durante seu desenvolvimento. O conhecimento dos impactos ambientais dos materiais e processos utilizados na indústria de mobiliário, bem como a consciência ambiental dos clientes permitem que as empresas tornem seus produtos mais sustentáveis (PARIKKA-ALHOLA, K.; 2008).

Os resultados do estudo realizado por Eshun et al., (2012) sobre o potencial de minimizar os resíduos de madeira para reduzir o impacto ambiental no setor madeireiro em Gana mostram que a combinação de mudanças tecnológicas, as boas práticas operacionais e medidas de reciclagem podem reduzir o desperdício de madeira em aproximadamente 50%. O autor conclui que a redução dos resíduos de madeira no setor também pode reduzir outros impactos ambientais. Resíduos de madeira podem funcionar como indicador para o uso da terra como medida diante da perda de biodiversidade e outras categorias de impacto.

O Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL/SENAI.RS, 2003, *on line*), destaca que para a implantação de Programa de P+L deve haver o comprometimento gerencial e a identificação de barreiras que se constitui na 1ª etapa, nela há o estudo da abrangência do programa e a criação do "ecotime", ou seja, a definição da equipe, o estabelecimento de objetivos e metas, a definição de cronograma, a disseminação e informação. A segunda etapa é constituída do fluxograma do processo, do diagnóstico ambiental e do processo. Essa etapa vai estabelecer o foco da avaliação.

Na terceira etapa, há o balanço material e a definição de indicadores e sua medição, e a identificação das causas da geração de resíduos. Nessa etapa é possível identificar as opções de P+L, as necessidades, inclusive as tecnológicas. A avaliação técnica, econômica e ambiental faz parte da 4º etapa e pode indicar a seleção de oportunidades viáveis.

Por último, o Centro Nacional de Tecnologia Limpa (CNTL) indica o estabelecimento de um plano de implantação e monitoramento, 5ª etapa, que estabelece o monitoramento para a manutenção do programa. Segundo o CNTL/SENAI.RS (2003, *on line*) a principal meta é encontrar medidas que evitem a geração de resíduos na fonte e, para isso, podem incluir modificações tanto no processo de produção quanto no próprio produto.

O CNTL também identificou barreiras à implantação de ações de produção mais limpa como as conceituais, organizacionais, técnicas, econômicas, financeiras e políticas. A P+L. pressupõe, em ordem de importância, a não geração de resíduos, a minimização, o reaproveitamento do resíduo no próprio processo, e por último a reciclagem.

A Minimização de resíduos e emissões possui 2 níveis, a redução na fonte e a reciclagem interna. O primeiro nível é sempre o mais desejado, principalmente a não geração de resíduos. Observa-se que para minimizar resíduos e emissões é preciso modificar o processo ou o produto. E a modificação no processo pode envolver substituição de matérias-primas, mudanças tecnológicas, e técnicas de *housekeeping* (manutenção da casa).

Essa técnica pode ser definida como limpezas periódicas, uso cuidadoso tanto das matérias-primas como do processo. Pressupõe disposição mais adequada de máquinas e equipamentos, ou seja,

alterações no arranjo físico *(layout)* com o objetivo de reduzir desperdícios. Permite "mudanças nas condições operacionais, ou seja, alterações nas vazões, nas temperaturas, nas pressões, nos tempos de residência e outros fatores que atendam às práticas de Prevenção de Resíduos" (ARAÚJO, A. F., 2002, p.56); logo, dentre as boas práticas operacionais ou manutenção da casa (*good housekeeping*) está a maximização da utilização da capacidade do processo produtivo.

A criação de modelos para a melhoria da eficiência e sustentabilidade de sistemas de produção por meio de inovação ambiental foi apontado por Aguado, S. *et al*. (2013, p.141-148) como uma das possibilidades que pode ajudar empresas a harmonizar eficiência e sustentabilidade, uma vez que, dessa maneira, agrega-se mais valor ao produto, o que aumenta a competitividade no mercado do século 21. Demonstrou que ao aplicar a inovação ambiental, custos, rendimentos, responsabilidade social e sustentabilidade melhoram e transformam sistemas de produção tradicionais em sistemas enxutos.

Outro estudo trata da "Implementação de um programa de produção mais limpa em uma fábrica de móveis de madeira". O objetivo foi utilizar a metodologia de P+L como ferramenta de gestão para alcançar a eco-eficiência e obter benefícios ambientais e econômicos. Foram realizadas auditorias em matérias-primas e no consumo de água, nos setores produtivos e na geração de resíduos sólidos e efluentes. O fluxo de materiais foi avaliado para análise dos processos envolvidos. Estas ferramentas de apoio à identificação, avaliação e implementação de ações trouxeram oportunidades de Produção mais Limpa, de natureza preventiva. Resultou na redução da geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos e diminuição no fluxo de entradas de matérias-primas e água. Houve economia de 66% em água e 3% no consumo de materiais primas, além da redução de 23% nos resíduos sólidos e de 93% na produção de efluentes. Houve redução de $ 0,14 por unidade produzida. A economia de madeira irá evitar o corte de cerca de 3900 pinheiros adultos e a emissão de 13.100 kg de equivalente de dióxido de carbono no transporte de resíduos e de matérias-primas, o que representa um ganho ambiental adicional (MASSOTE, C. e SANTI, A., 2013, p.89-97).

Internacionalmente, a disseminação da ferramenta P+L. se faz através de publicações de artigos no *Journal of Cleaner Production*, editado pela Elsevier, e no *Journal Clean Technologies and Environmental Policy*, da SpringerLink. São relatos de experiências adotadas para elevar a competitividade de empresas. Além disso, existe uma Rede Global de P+L. (*Global Cleaner Production Network*) que objetiva ajudar a comunidade internacional interessada em encontrar e compartilhar informações sobre P+L.

A pesquisa constatou a importância da redução de resíduos sólidos nas empresas de confecção, onde se encontram retalhos de tecido, pó e artefatos com defeito de estamparia ou corte, que devem ser minimizados (FARIA, F. e PACHECO, E., 2011, p. 78, *on line*). No Brasil, apesar da estrutura administrativa montada para disseminação de P+L, composta pelo CNTL e pelos núcleos regionais, há muitas empresas com enfoque reativo e não proativo com relação à gestão ambiental.

É importante salientar que "Enquanto o resíduo for visto como rejeito dentro do processo produtivo, ele e seu processo estarão contribuindo para um maior impacto ambiental negativo. Quando for considerado subproduto, estará vinculado a uma proposta de P+L" (RAPÔSO, A. *et al*, 2010, *on line*). Nesse caso, minimiza impacto no meio ambiente e oferece amplo campo de pesquisa, tanto para proposta de produção de novos produtos, quanto para orientações técnicas que minimizem e/ou eliminem a sua geração. Esse subitem vai abordar metodologias de design, relacionar os campos de conhecimento.

A pesquisa intitulada "Avaliação de iniciativas de manutenção verdes na concepção e desenvolvimento de sistemas mecânicos, utilizando uma abordagem integrada" de Ajukumar, V. e Gandhi, O. (2013, p. 34-46) demonstra que a concepção, ou seja, o *design* e o desenvolvimento de sistemas mecânicos devem ser concebidos a partir de abordagem integrada às iniciativas de manutenção verdes (*green maintenance initiatives*); que as organizações estão buscando métodos e ferramentas para avaliar aspectos de sustentabilidade de projetos e operações. Cita o processo de hierarquia analítica (AHP-*analytical hierarchy process*) para avaliar a importância dos requisitos de manutenção verdes e a técnica por ordem de preferência por semelhança a solução ideal (Topsis - *technique for order preference by similarity to ideal solution*) para classificar as alternativas de projeto.

É importante abordada a relação entre sustentabilidade e inovação, destacando a importância de a empresa inovar considerando as três dimensões da sustentabilidade – social, ambiental e econômica. O sistema operacional produtivo e as inovações de produto e de processo devem gerar ganhos para o meio ambiente em termos de redução no uso de recursos e de emissões de poluentes, o aumento da produção pelo aumento da demanda por novos produtos pode neutralizar ou até superar esses ganhos. Deve-se levar em conta essa possibilidade e esse é um dos maiores desafios para o alinhamento das empresas ao modelo de organização inovadora sustentável (BARBIERI J. C. *at al*, 2010).

4. Conclusões

A metodologia de Muther (1978), apesar de ser a mais utilizada como referência para a construção de novos modelos, não considera a reavaliação do fluxo produtivo atual para possibilitar uma análise anterior ao projeto do novo *layout*. Outras metodologias, principalmente as mais genéricas, e ferramentas de gestão devem se agregar para atingir pequenos negócios. A modelo de Olivério (1985) é o que apresenta maior indicação em termos de sustentabilidade. As técnicas de *housekeeping* (manutenção da casa) que pressupõe disposição mais adequada de máquinas e equipamentos, ou seja, alterações no arranjo físico *(layout)* e mudanças nas condições operacionais devem ser observadas diante do objetivo de integração.

Dessa forma, espera-se favorecer e corroborar ainda mais com as mudanças no padrão da qualidade da produção nacional e contribuir para a preservação do meio ambiente. Indicar alternativas para o espaço de produção no sentido de redução de resíduos e emissões nos processos produtivos e eliminação de desperdícios, e, portanto, a obtenção de maior sustentabilidade. Contribuir para que pequenos negócios possam compreender que práticas mais sustentáveis agregam valor à empresa tanto tangível quanto intangível; além disso, ampliar as discussões sobre o tema da sustentabilidade e P+L de forma a contribuir com a ciência, com a sustentabilidade ambiental e com o desenvolvimento de tecnologias nacionais.

Referências

AGUADO, S; *et al*. 2013. "Model of efficient and sustainable improvements in a lean production system through processes of environmental innovation"*. In Journal of Cleaner Production*, volume 47, maio/2013, pp.141 – 148.

ARAÚJO, A. F., 2002. "A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de construção civil". Florianópolis. Dissertação de Mestrado.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Visão Brasil 2050. 2012. Disponível em: <http://www.cebds.org.br/media/uploads/pdf/visao_brasil_2050_-_vfinal.pdf>. Acesso em: 20 de outubro/2013.

BARBIERI J.C., *et al*, 2010. "Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições". São Paulo, v.50. N.2. pp. 146-154.Disponível em: file:///C:/Documents%20and%20Settings/Windows%20%20XP/Meus%20documentos/Downloads/31280-58824-1-PB.pdf. Acessado em 13 de fevereiro/2015.

CNTL/SENAI.RS., 2003. "Implementação de Programas de Produção mais Limpa". Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/INEP, 2003. 42 p. il. Disponível em: <http://srvprod.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs_senai_uos/senairs_uo697/proximos_cursos/implementa%E7%E3o%20PmaisL.pdf>. Acesso em: 20 de outubro/2013.

FARIA, F. e PACHECO, E., 2011. "Experiências com Produção Mais Limpa no Setor Têxtil". CETIQT.SENAI**.** REDIGE – Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica. v. 2, n. 1, 2011, pp. 63 – 82. Disponível em: <www.cetiqt.senai.br/redige>. Acesso em: novembro/2013.

AJUKUMAR, V. e GANDHI, O., 2013. "Avaliação de iniciativas de manutenção verdes na concepção e desenvolvimento de sistemas mecânicos, utilizando uma abordagem integrada". *Journal of Cleaner Production,* volume 51, de 15 de julho de 2013. pp. 34 – 46. Disponível em:

http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652613000152. Acessado em 13 de fevereiro de 2015.

MASSOTE, C. e SANTI, A., 2013. "Implementation of a cleaner production program in a Brazilian wooden furniture factory"**.** *In Journal of Cleaner Production*, volume 46, maio/2013, pp.89-97

MUTHER, 1978. "Planejamento do layout: sistema SLP". São Paulo: Edgard Blucher Ltda.

OLIVÉRIO, José Luiz, 1985. "Projeto de fábrica produtos processos e instalações industriais". São Paulo: IBLC – Instituto Brasileiro do Livro Científico Ltda.

PNUMA. Disponível em: <http://www.onu.org.br/onu-no-brasil/pnuma/>. Acesso em: Outubro/2013.

RAPÔSO, A. *et al*, 2010. "Produção mais limpa e estofados: oportunidades para fabricação de sofá em microempresa do APL de móveis do agreste alagoano". Conferência Regional Nordeste de Ciência, Tecnologia e Inovação, Maceió. Disponível em <http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/867/602. Acesso em 01 de outubro/2013.

SILVA, A. *et al*., 2009. "A importância da análise do fluxo de materiais na definição de alternativas de arranjo físico" - uma aplicação no setor moveleiro. XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão. Salvador, BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.

SILVA, A. L., 2009. "Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de layout industrial orientado para a produção enxuta, 2009, 243 p. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. Disponível em: file:///C:/Documents%20and%20Settings/Windows%20%20XP/Meus%20documentos/Downloads/AlessandroLucasdaSilva.PDF. Acessado em 13 de fevereiro de 2015.

TOMPKINS, J.A., *et al*, 2010. "Facilities Planning". USA, Jonhn Wiley e Sons, Inc.Copyrigth. Disponível em: books.google.com.br. Acessado em 13 de fevereiro de 2015. pp.19

TOMPKINS, J.A. e REED, R., 1976. "An Applied model for the facilities design model". International Journal of Production Research.Vol.14, n 5, pp. 583-595.

TORRES, I., 2007. "Um formalismo relacional para o desenvolvimento de arranjo físico industrial". Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Disponível em: http://www.simucad.dep.ufscar.br/simucad/dn_isaias02.pdf. Acessado em: 13 de fevereiro/2015.

ZHANG X. *et al.* 2014. "The Comparison of performances of a sewage treatment system before and after implementing the cleaner production measure". *In* Journal of Cleaner Production xxx (2014) p. 1-13. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614013146. Acessado em 10/02/2015.