MARCENARIA LABORATÓRIO: DESIGN PARA A SUSTENTABILIDADE E [RE]LAYOUT DA PRODUÇÃO EM PEQUENA EMPRESA

LAB JOINERY: DESIGN FOR SUSTAINABILITY AND PRODUCTION RELAYOUT IN A SMALL BUSINESS

MARCELLA FARIAS, Graduanda | IFAL
THAISA ALYVIA GOMES, Graduanda | IFAL
VALÉRIA RODRIGUES TELES, Esp. | IFAL
PATRÍCIA SOARES LINS, Doutoranda | IFAL
ÁUREA LUIZA RAPÔSO, Dra. | IFAL

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados obtidos no projeto de pesquisa de inovação intitulado "Marcenaria Laboratório: jornada para a indústria 4.0 em pequenos negócios", que teve por finalidade otimizar o processo de fabricação de mobiliário sob medida de marcenaria local para redução das áreas e dos fluxos de produção, associado a melhorias físicas e tecnológicas das instalações, a partir de [re]layout, com base nas duas primeiras etapas para a implantação da jornada da indústria 4.0. Trata-se de pesquisa aplicada e de inovação tecnológica com abordagem voltada à inovação de processo. Como resultados, a pesquisa gerou a otimização de 42,56 m² de áreas, o equivalente a 11,64 m² de reduções e 30,92 m² de incremento; e, redução de 20,97 ml de fluxos no espaço de produção, em relação ao *layout* existente da marcenaria, além de projetar nova célula produtiva de 40,29 m².

PALAVRAS-CHAVE

Design para a Sustentabilidade; Produção moveleira; Processos produtivos; Otimização; Fluxos de materiais.

ABSTRACT

This article presents the studies of the innovation research project entitled "Laboratory Joinery: journey to industry 4.0 in small business", which aimed to optimize the manufacturing process of bespoke furniture for local joinery to reduce production flows, associated with physical and technological improvements of the facilities, from [re]layout, based on the first 2 steps for the implementation of the industry 4.0 journey. It is about applied research and technological innovation research with an approach focused on process innovation. As a result, the research generated the optimization of 42.56 m² of areas, equivalent to 11.64 m² of reductions and 30.92 m² of increment; and a reduction of 20.97 ml of flows in the production space compared to the existing layout of the joinery, in addition to designing a new production cell of 40.29 m².

KEY WORDS

Design for Sustainability; Furniture production; Productive processes; Optimization; Material flows.

ISBN: VERSÃO DIGITAL - 978-65-84565-02-9
DOI: 10.5380/8sds2021.art22

1. INTRODUÇÃO

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) lançou a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que indica 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, voltados à melhoria da qualidade de vida das pessoas no presente e no futuro, respeitando os limites do planeta. Dentre os ODS, destaca-se o ODS 9: Construir infraestrutura resiliente, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação (PLATAFORMA AGENDA 2030, 2021, online). A Plataforma Agenda 2030 (2021, online) salienta que "O ODS 9 lista metas que visam à construção de estruturas resilientes e modernas, ao fortalecimento industrial de forma eficiente, ao fomento da inovação com valorização da micro e pequena empresa e inclusão dos mais vulneráveis aos sistemas financeiros e produtivos".

O que permite a esse estudo evidenciar duas metas do ODS 9 da agenda brasileira: 1. "Meta 9.4: Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as atividades econômicas para torná-las sustentáveis, com foco no uso de recursos renováveis e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente adequados"; e 2. "Meta 9.5: Fortalecer a pesquisa científica e melhorar as capacidades tecnológicas das empresas, incentivando, até 2030, a inovação, visando aumentar o emprego do conhecimento científico e tecnológico nos desafios socioeconômicos nacionais e nas tecnologias socio ambientalmente inclusivas; e aumentar a produtividade agregada da economia" (IPEA, 2021, online).

Colaborando com o ODS 9, a jornada da Indústria 4.0 apresenta 5 (cinco) etapas: 1. Otimização; 2. Sensoriamento e Conectividade; 3. Visibilidade e Transparência; 4. Capacidade preditiva; 5. Flexibilidade e Adaptabilidade. As etapas 1 e 2 envolvem a migração para empresa ágil pela digitalização, enquanto as etapas 3, 4 e 5 transformam a empresa em empresa que aprende pela indústria 4.0 (CNI, 2017). A digitalização consiste em estratégia heurística do princípio-chave *Minimização no uso dos recursos*, no âmbito da dimensão ambiental do Design para a Sustentabilidade, que se conecta à nova revolução industrial, mediada pela Indústria 4.0 (SAMPAIO *et al*., 2018).

A primeira etapa, *Otimização do processo produtivo*, visa o aumento da produtividade e a redução do desperdício por meio da simulação. A segunda etapa, *Sensoriamento e Conectividade*, busca a integração e a comunicação de diferentes dispositivos físicos e digitais, com base na simulação e computação em nuvem. O termo marcenaria 4.0 aplica-se à marcenaria conectada e inteligente que, por meio de tecnologias habilitadoras, produz mais com menos e em menos tempo (CNI, 2017).

Nesse contexto, a otimização do processo de fabricação de mobiliário sob medida de marcenaria local – empresa parceira da pesquisa, foi conduzida pelas 2 (duas) primeiras etapas, envolvendo a integração inicial de processos físicos e digitais. Convém destacar que a empresa parceira estava inserida no grau de maturidade 1 para a Indústria 4.0, que consiste em produtos tradicionais por meio de processos convencionais, envolvendo processos manuais e ausência de sistemas digitais. A integração inicial dos processos físicos e digitais com as etapas 1 e 2 da jornada, viabilizaram a migração inicial da marcenaria do grau de maturidade 1 para o grau de maturidade 2, que envolve a criação de produtos tecnológicos com maior conhecimento técnico e científico incorporado aos processos convencionais, otimizados por meio de *layout* e controle por sistemas, alinhando-se às duas metas brasileiras do ODS 9.

Enquanto pesquisa de inovação e desenvolvimento tecnológico, a proposta da Marcenaria Laboratório constituiu-se para a empresa parceira, em espaço de inovação e diferenciação, enquanto laboratório-fábrica, voltado à produção e gestão de produtos do setor moveleiro local, no segmento de móveis sob medida; espaço de formação de equipe técnica para fabricação e comercialização de mobiliário sob medida para novos usuários; e, espaço de difusão e adaptação das tecnologias da Indústria 4.0 para as condições e velocidade de incorporação do setor de pequeno porte.

Para o Grupo de Pesquisa em Design e Estudos Interdisciplinares (GEID) do Instituto Federal de Alagoas, o projeto Marcenaria Laboratório apresentou-se como espaço de inovação e extensão tecnológica para pesquisa aplicada, em parceria com a empresa local, visando a continuidade de estudos integrados entre academia-setor produtivo em outras

áreas de Pesquisa, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PDI), voltadas ao setor moveleiro local no segmento de móveis sob medida. Para a área de Design do Ifal Campus Maceió, a Marcenaria Laboratório converter-se-á em espaço de extensão tecnológica e ensino aplicado para projetos de layouts industriais e para projetos e execução de produtos do segmento moveleiro.

Para o setor produtivo de atuação, a implantação da Marcenaria Laboratório gerará oportunidades tanto no Desenvolvimento de Novos Serviços aplicados ao setor moveleiro de pequeno porte, enquanto Laboratório de PDI (Design e Processo de Desenvolvimento de Produto, Design Experimental, Capacitação e Treinamento); quanto no Desenvolvimento de Novos Produtos, enquanto fábrica, por meio do design e da customização do mobiliário para públicos específicos.

Esse artigo apresenta os resultados obtidos na pesquisa de inovação intitulada "Marcenaria Laboratório: jornada para a indústria 4.0 em pequenos negócios", que teve por finalidade otimizar o processo de fabricação de mobiliário sob medida de marcenaria, na cidade de Maceió-AL, para redução das áreas e dos fluxos de produção, associado a melhorias físicas e tecnológicas das instalações, a partir de [re]layout, com base nas duas primeiras etapas para a implantação da jornada da indústria 4.0. Aborda-se, nesse artigo, os resultados da primeira etapa: Otimização do processo produtivo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Desenvolvimento Sustentável e Design para a Sustentabilidade

O Design para a Sustentabilidade busca novas alternativas para processos e produtos, visando a diminuição dos impactos ambientais causados pelo sistema de produção e consumo. Também possui abordagem socioeconômica, que vai além da produção de larga escala, cujo posicionamento de design fortalece o papel de geração de renda tanto corporativa quanto comunitária. Além disso, preserva o uso dos recursos naturais, enfatizando a criação de produtos úteis e duráveis em consideração aos produtos efêmeros, sem esquecer de considerar o estilo de vida do usuário de maneira sustentável, construindo nova capacidade de projetar e agregar soluções que despertem a mudança de comportamento e a consciência ambiental dos usuários-consumidores (MANZINI, 2006, *apud* SAMPAIO *et al*., 2018).

O Design para a Sustentabilidade aborda importantes estratégias heurísticas em seus princípios-chaves para as 3 (três) dimensões da Sustentabilidade (ambiental, social e econômica), voltadas à visão sistêmica e integrada dos processos, que se conectam às etapas 1 e 2 da Indústria 4.0, aplicadas na Marcenaria Laboratório. Dos princípios-chaves (SAMPAIO *et al*., 2018; SANTOS *et al*., 2019a e 2019b), convém destacar:

- Dimensão Ambiental: revalorização dos materiais e subprodutos e minimização no uso de recursos;
- Dimensão Social: promoção da educação em sustentabilidade;
- Dimensão Econômica: reintegração de resíduos e promoção da educação para a economia sustentável.

É importante ressaltar que a escolha por materiais de baixo impacto ambiental não concede características ambientais e econômicas ao produto-serviço. Ao escolher materiais com baixo impacto ambiental, é importante observar as propriedades desses materiais, visto que este prévio conhecimento facilita a sua reintrodução no processo produtivo (SAMPAIO *et al*., 2018; SANTOS *et al*., 2019a e 2019b). De acordo com Sampaio *et al*. (2018, p. 109),

> […] Além do eixo "produto-sistema" para a escolha de materiais de baixo impacto ambiental o designer deve, obrigatoriamente, considerar: o território, o local, a cultura, os saberes, os hábitos, as práticas, bem como […] o nível de desenvolvimento tecnológico, econômico e social da região onde o sistema será inserido. Deve avaliar as particularidades caso a caso, buscando a melhor composição para aquela demanda.

Os impactos ambientais causados durante todo o ciclo de vida dos produtos-serviços precisam ser considerados, sejam eles diretos ou indiretos como o uso de maquinários, insumos, energia, processos de fabricação, entre outros (SAMPAIO *et al*., 2018). O que se constitui em grande desafio para empresas do segmento de móveis planejados e/ou sob medida, principalmente, marcenarias de pequeno porte, tendo em vista o uso de painéis de fibra de madeira reconstituída, como matéria-prima principal.

O designer precisa de visão ampla do sistema e conhecimento específico das relações envolvidas no ciclo de vida do produto-serviço, observando os 5 (cinco) subciclos – extração/obtenção dos recursos, produção, distribuição, uso e descarte|pós-uso; e, aplicando as estratégias heurísticas para todo o ciclo técnico (ou tecnociclo). A minimização no uso de recursos e a revalorização dos materiais constituem-se em princípios-chaves do Design para a Sustentabilidade Ambiental, que perpassam também pelas dimensões social e econômica do Desenvolvimento Sustentável e que se aplicam aos 5 referidos subciclos, dos quais se destaca nesse estudo, o subciclo da produção (SAMPAIO *et al*., 2018).

A indústria moveleira de pequeno porte tem repensado suas estratégias na busca de soluções, favoráveis às práticas sustentáveis, que permitam não só ganhos econômicos, mas também ganhos socioambientais, redirecionando a gestão e a produção para visão ambientalmente mais responsável. Contudo, esse setor industrial enquadra-se nas Metas 9.4 e 9.5 do ODS 9, ou seja, demanda articulação e parceria técnico-científica com a academia para apoio ao desenvolvimento tecnológico e a inovação.

2.2. Princípios do Design para a Sustentabilidade e otimização dos espaços de produção

2.2.1. Dimensão Ambiental: minimização no uso de recursos e revalorização dos materiais e subprodutos

Para a dimensão ambiental do Design para a Sustentabilidade, o princípio-chave de minimização no uso de recursos visa a redução ou eliminação de desperdícios nas etapas do tecnociclo, a partir do projetar para uso do mínimo necessário; e, ainda, mantendo o valor do serviço ou produto. A forma de aplicação desse princípio depende do objetivo ambiental de quem o projeta e das necessidades de quem compra e de quem adquire, abrangendo desde objetos de produtos isolados a sistemas de serviços complexos (SAMPAIO *et al*., 2018).

Para Santos (2009, *apud* SAMPAIO *et al*., 2018), algumas estratégias de aplicação da minimização de recursos são: alterar fluxos e interações no sistema; otimizar o uso de materiais nos artefatos físicos; compartilhar produtos e serviços; e, iniciar o processo de digitalização, ao ampliar funcionalidades do produto-serviço. Os subprodutos gerados durante o processo de produção também podem ser considerados como matéria-prima e reutilizados como novos fluxos de materiais.

Essas estratégias do princípio de minimização no uso de recursos foram vislumbradas como soluções às necessidades da área de produção da marcenaria parceira e fundamentadas em diagnóstico prévio dos fluxos de produção e processos produtivos, documentado por Lins *et al*. (2015), seguindo a abordagem metodológica de Lins *et al*. (2020). As soluções foram estudadas e adaptadas às ações de otimização da área de produção por meio de [re]layout, considerando o projeto de reforma dos espaços de gestão e produção (*layout* existente) da marcenaria proposto por Lins (2020).

No âmbito desse estudo, a reflexão sobre a geração de perdas produtivas (mais conhecidas como resíduos e, nesse estudo, vistas como subprodutos) e sobre o descarte inadequado desses materiais resultou em proposta de aplicação desse princípio-chave na marcenaria local, por meio de sistema de coleta e catalogação de subprodutos para reutilização posterior na produção de novos mobiliários, o que envolveu a inserção de áreas específicas para o armazenamento dos subprodutos e inclusão de coletores. Os coletores utilizados foram resultado de pesquisa de conclusão de curso de graduação tecnológica em Design de Interiores, projeto colaborador do GEID-Ifal, realizado em paralelo a essa pesquisa

e desenvolvido por Virgulino (2021), onde foram criados coletores para os diferentes tipos de subprodutos gerados nas operações e processos das áreas de produção da marcenaria.

A observação desses princípios-chaves e, consequentemente, a redução dos desperdícios (minimização das perdas produtivas e do descarte dos subprodutos), além da redução na compra de matéria-prima com o retorno dos subprodutos ao tecnociclo, aplicados no [re]layout otimizado, contribuem para as dimensões ambiental, social e econômica do Design para a Sustentabilidade na marcenaria local, envolvendo gestores, colaboradores e usuários.

2.2.2. Dimensão Social: promoção da educação em Sustentabilidade

A educação em Sustentabilidade consiste em desenvolver soluções para o aprendizado contínuo de todos os envolvidos direta e indiretamente ao processo produtivo, cujo impacto, a longo prazo, é interromper a linha do pensamento não ambiental (SANTOS *et al*., 2019). De acordo com Santos *et al*. (2019, p. 81), "A educação para a sustentabilidade torna-se ainda mais relevante em contextos em que há baixa transparência do conteúdo social, ambiental e econômico integrado a produtos e serviços"; como é o caso das marcenarias de pequeno porte.

Para Bhamra, Lilley e Tang (2011, *apud* SANTOS *et al*., 2019) são estabelecidos níveis de atuação para instrumentalização da promoção educativa. O Nível 1: Orientar a mudança baseia-se tanto na *ecoinformação*, isto é, na ação de tornar acessível as informações necessárias para a reflexão sustentável e substituição de antigos hábitos; quanto na *ecoescolha*, ou seja, na ação responsável que oferece opções para geração de resultados sustentáveis. Além das estratégias heurísticas para o comportamento sustentável: ações que guiam a mudança e ações que asseguram a mudança. Essas ações impactam, positivamente, o pensamento sistêmico para a Sustentabilidade.

Quanto à dimensão social do Design para a Sustentabilidade, dentro do contexto socioespacial da marcenaria local, a pesquisa observou o princípio da promoção da educação em Sustentabilidade, que acontece a partir do designer e circula entre os envolvidos na produção, abrangendo ações como: a valorização pelo cliente do produto fabricado com subprodutos; e, a reeducação do fluxo do processo de produção e montagem, através do [re]layout, contribuindo para a construção do hábito de recolhimento, catalogação e reutilização dos subprodutos gerados; além da continuidade de pesquisas aplicadas, voltadas a melhorias contínuas, realizadas pelos pesquisadores e colaboradores, conectados à Marcenaria Laboratório.

Ao otimizar o espaço de produção da marcenaria, a pesquisa proporcionou a orientação à mudança, por meio da *ecoinformação* – Nível 1 da educação para a Sustentabilidade, ao viabilizar a coleta e a catalogação de informações, que promoverão a reflexão sustentável quanto aos desperdícios de materiais e à substituição de antigos hábitos de descarte pela recuperação interna e/ou externa; e, por meio da *ecoescolha*, relacionada ao [re]layout, ao facilitar a comunicação dentro do espaço de produção por meio de Projeto Gráfico de Sinalização da Área de Produção, atividade técnica integrada à pesquisa, desenvolvida por técnico-pesquisador em design gráfico do GEID-Ifal.

2.2.3. Dimensão Econômica: reintegração de resíduos e promoção da educação para a economia sustentável

Com o papel de melhorar a qualidade de vida das pessoas, a dimensão econômica do Design para a Sustentabilidade segue modelo da evolução econômica em conjunto com o bem-estar humano, trazendo o equilíbrio com a natureza. Nessa dimensão, o designer precisa desenvolver habilidades e conhecimentos específicos para encontrar soluções, economicamente sustentáveis, no âmbito dos negócios (SANTOS, 2019b).

A dimensão econômica do Design para a Sustentabilidade distingue 6 (seis) princípios-chaves, que abrangem possibilidades de práticas para o designer, relacionadas à otimização dos espaços de produção como, por exemplo, valorizar a reintegração de resíduos e promover a educação para a economia sustentável (SANTOS, 2019b), os quais foram tomados como elementos da pesquisa. A promoção da educação para a economia sustentável desenvolve

atributos, voltados às práticas que priorizem organizações em redes e valorizem a cultura local, além de estimular hábitos e opiniões relacionadas aos compartilhamentos das redes. Isso garante a compreensão dos impactos econômicos locais e dos benefícios voltados à infraestrutura, além de incentivar a ressignificação de produtos, criados mediante o reuso de subprodutos (SANTOS, 2019b).

O princípio da reintegração converte resíduos em ativos econômicos, criando fonte de renda e diminuindo os impactos ambientais. O que permite a esse estudo considerá-los como subprodutos, ou seja, insumos secundários passíveis de reutilização, recuperação e/ou reciclagem. Ao valorizar a reintegração desses subprodutos no processo de concepção do produto, a empresa implementa ou adapta a infraestrutura e os serviços, de forma que possibilitem a melhoria do desempenho produtivo, a redução do volume de capital e, consequentemente, a diminuição dos impactos ambientais e socioeconômicos (SANTOS, 2019b).

3. MÉTODO E ESTRATÉGIAS DE DESENVOLVIMENTO

Esse estudo apresenta os resultados obtidos em pesquisa para a inovação de processos, com alcance regional/local, baseada nas 2 (duas) primeiras etapas da jornada para a Indústria 4.0, a saber: *Otimização do processo produtivo* e *Sensoriamento e Conectividade*. A pesquisa foi realizada no período de fevereiro de 2020 a abril de 2021, sendo desenvolvida por equipe de pesquisadoras e bolsistas do GEID-Ifal e por pesquisadora voluntária de marcenaria local (empresa parceira).

A execução da pesquisa envolveu 3 (três) etapas: 1. Análise do processo de fabricação de mobiliário, que incluiu ações para diagnóstico do processo produtivo; 2. Projeto de [re]layout, que envolveu ações voltadas à concepção do projeto de [re]layout industrial; 3. Avaliação da otimização das áreas e fluxos de produção, após o desenvolvimento da proposta de [re]layout, que apresentou ações de análise da otimização realizada, visando à futura implantação. As abordagens empregadas em cada etapa encontram-se sintetizadas na Figura 1.

Figura 1: *Etapas e estratégias da pesquisa. FONTE: Elaborado pelos autores.*

Para realização do diagnóstico do processo produtivo da marcenaria (etapa 1), que incluiu o levantamento cadastral e fotográfico, a equipe executora contou com a parceria técnica de pesquisadora do GEID-NPDesign, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia (PEI-UFBA, Convênio Ifal), como colaboradora do projeto de inovação, tendo vista que desenvolve tese aplicada ao setor moveleiro local, voltada à integração da metodologia de arranjo físico à Produção mais Limpa (P+L); além da atuação da representante da empresa, que integra a equipe como pesquisadora voluntária. O que viabilizou a geração de fotos, vídeos e plantas técnicas, bem como de quadros-sínteses de análise e tabelas de avaliação, referentes às etapas 1 e 2, que subsidiaram a otimização proposta (etapa 3).

4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1. Diagnóstico do Processo Produtivo da Marcenaria

As ações para realização do diagnóstico do processo produtivo tiveram início com a análise do levantamento cadastral, que contempla as medições dos espaços físicos da Marcenaria, com área total de 129,92 m² (23,20 m x 5,60 m), sendo 16,30 m² de área administrativa/vendas e 93,75 m² de área de fábrica; além de espaço para almoxarifado (2,84 m²), lavabo (1,24 m²), banheiro para funcionários (2,15 m²), copa (2,69 m²) e espaço externo para alocação de coletor de pó.

Na sequência, foi realizada a análise do zoneamento (áreas e setores) e dos fluxos existentes. A planta baixa da Figura 2 apresenta o atual zoneamento da Marcenaria, distribuído em **(1)** administração/vendas, **(2)** área de apoio para funcionários, **(3)** estoque/armazenamento, **(4)** produção, **(5)** expedição e **(6)** subprodutos; além da indicação de pontos críticos observados, que se encontram destacados em vermelho.

Figura 2: *Planta de Zoneamento do layout existente x pontos críticos. FONTE: Lins, P. (2020)*

A área de estoque de perfis em alumínio, localizada à frente do quadro de distribuição de energia; o estrangulamento e/ou a fragmentação das áreas de circulação pelo avanço do estoque/armazenamento dos materiais ou produtos acabados; os conflitos entre as áreas de estoque e de entrada e saída de material; e, a invasão da expedição na área de produção constituem-se nos principais pontos críticos observados; e; para os quais; foram listadas alternativas para a resolução dos problemas encontrados, conforme apresentado no Quadro 1.

Pontos críticos das ÁREAS	Alternativas
Área de estoque na frente do quadro de distribuição de energia.	• Ampliar a área de bancada ou inserir móvel volante de apoio; • Deslocar o estoque de trilho de alumínio para a primeira coluna e criar dispositivo de armazenamento adequado; • Posicionar extintores de incêndio; • Deslocar o apoio de funcionários (2 – guarda-volume), próximo ao quadro de distribuição para a entrada de matéria-prima, ao lado da bancada de montagem, em função de protocolos de biossegurança e necessidade de criação de área de vestuário, contendo provador e guarda-volume); • Relocar ponto de água, localizado próximo ao portão da expedição (área externa) para a entrada dos funcionários.
Área de estoque, ultrapassando ou fragmentando a área de circulação livre.	• Transferir estoque para área da Bancada 4 ao lado da área de estoque do corte; • Instalar sistema de fixação das folhas das janelas a 180° de abertura.
Áreas de conflito 1 (áreas de estoque e de entrada e saída de material).	• Descolar o setor 7 para a área lateral direita (setor único), eliminando a área 21a; • Limitar a área 21a para a área posterior a máquina de corte; • Instalar máquina de corte em ½ esquadria na área do Anexo (criação de segunda célula de produção, voltada à produção de portas em perfis de alumínio).
Áreas de conflito 2 (área de expedição, invadindo a área de produção).	• Estudar a possibilidade de distribuição entre os pilares das áreas 3 e 5 (a fim de minimizar a invasão da área 5 na área 4).

Quadro 1: *Pontos críticos x alternativas a partir da análise do Zoneamento. FONTE: Elaborado pelos autores.*

A análise do zoneamento, em consonância com a análise do levantamento fotográfico da Marcenaria, também possibilitou a identificação de importante fator limitante para o desenvolvimento da proposta de readequação do layout: o posicionamento e o número reduzido de pontos elétricos para a alimentação das máquinas, restringindo as possibilidades de realocação das bancadas, máquinas e equipamentos.

Na Figura 3, apresenta-se o posicionamento dos setores e centros de produção e a setorização dos materiais armazenados e tipos de subprodutos, divididos conforme legenda. Os pontos críticos observados, na Figura 2, mantêm correspondência com os seguintes setores: **(1)** Setor 12/estoque de perfis de alumínio; **(2)** Setor 10b/estoque de peças em processamento; **(3)** Setor 7/estoque de MDF e setor 11/estoque de material acabado; **(4)** Setor 13/corte e setor 20/expedição.

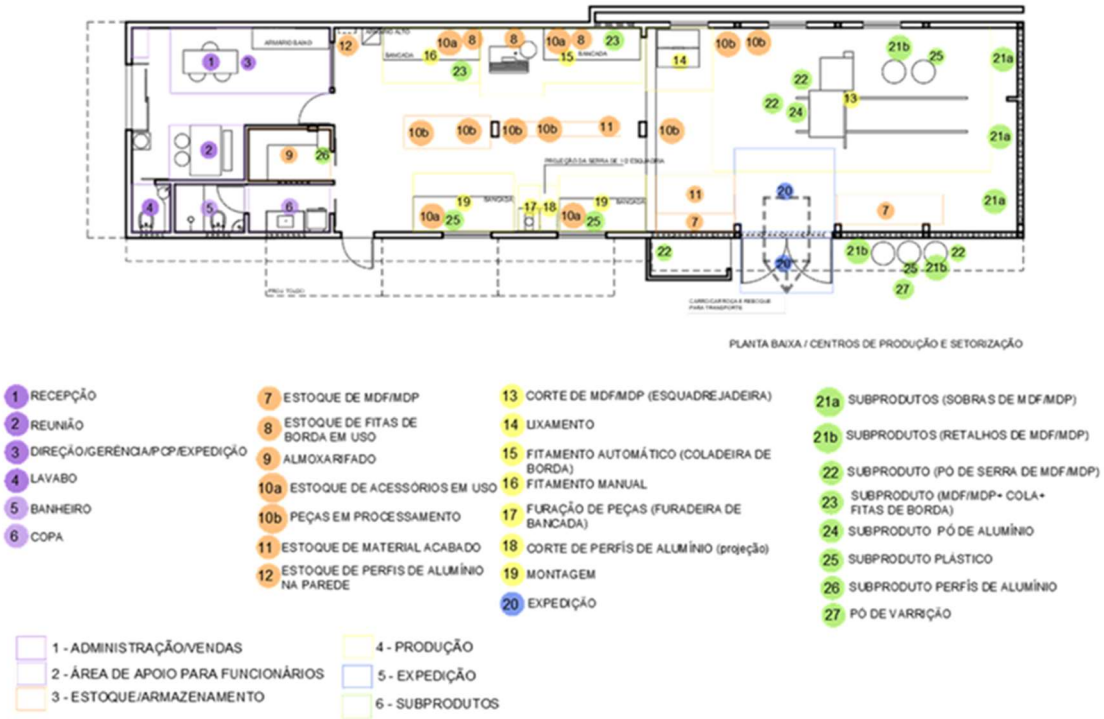

Figura 3: *Planta baixa dos centros de produção e setorização. FONTE: Lins, P. (2020)*

O Quadro 2 apresenta a relação das alternativas listadas para os pontos críticos observados, a partir da análise da planta dos centros de produção e setorização.

Pontos críticos das ÁREAS x SETORES	Alternativas
Setor 12/estoque de perfis de alumínio (Área de estoque de perfis de alumínio na frente do quadro de distribuição de energia).	• Ampliar a área de bancada ou inserir móvel volante de apoio; • Deslocar o estoque de trilho de alumínio para a primeira coluna e criar dispositivo de armazenamento adequado; • Deslocar o apoio de funcionários (2) próximo ao quadro de distribuição para a entrada de matéria-prima, ao lado da bancada de montagem.
Setor 10b/estoque de peças em processamento (Área de estoque de material em processamento, ultrapassando a área de circulação livre).	• Transferir estoque para área da Bancada 4 ao lado da área de estoque da área de estoque do corte; • Transferir o setor 18 (corte em ½ esquadria) para o Anexo, a fim de minimizar o ponto crítico na área do setor 10b; • Transferir setor 26 para o Anexo.
Setor 7/estoque de MDF e setor 11/estoque de material acabado (Áreas de conflito 1 - Estoque de MDF e de material acabado na mesma área).	• Deslocar o setor 7 para a área lateral direita, eliminando a área 21a; • Limitar a área 21a para a área posterior a máquina de corte.
Setor 13/corte e setor 20/expedição (Áreas de conflito 2 – área de expedição, invadindo a área de produção/corte).	• Estudar a possibilidade de distribuição entre os pilares das áreas 23 e 25 (a fim de minimizar a invasão da área 5 na área 4).

Quadro 2: *Pontos críticos x alternativas a partir da análise das áreas x setores. FONTE: Elaborado pelos autores.*

Na Figura 4 encontram-se mapeadas as linhas de fluxo de clientes, produção e expedição. As linhas de fluxos da produção (42,79 m) têm início no setor de corte (setor 13); as peças cortadas são transportadas para a máquina de lixamento (setor 14, máquina B); após o lixamento, são dispostas na bancada do setor de fitamento automático (setor 15) ou transportadas para o setor de fitamento manual (setor 16). Na sequência, as peças fitadas são transportadas para o setor de montagem (setor 19); em seguida, para o setor de material acabado (setor 11, área 3 de estoque/armazenamento) para serem expedidas.

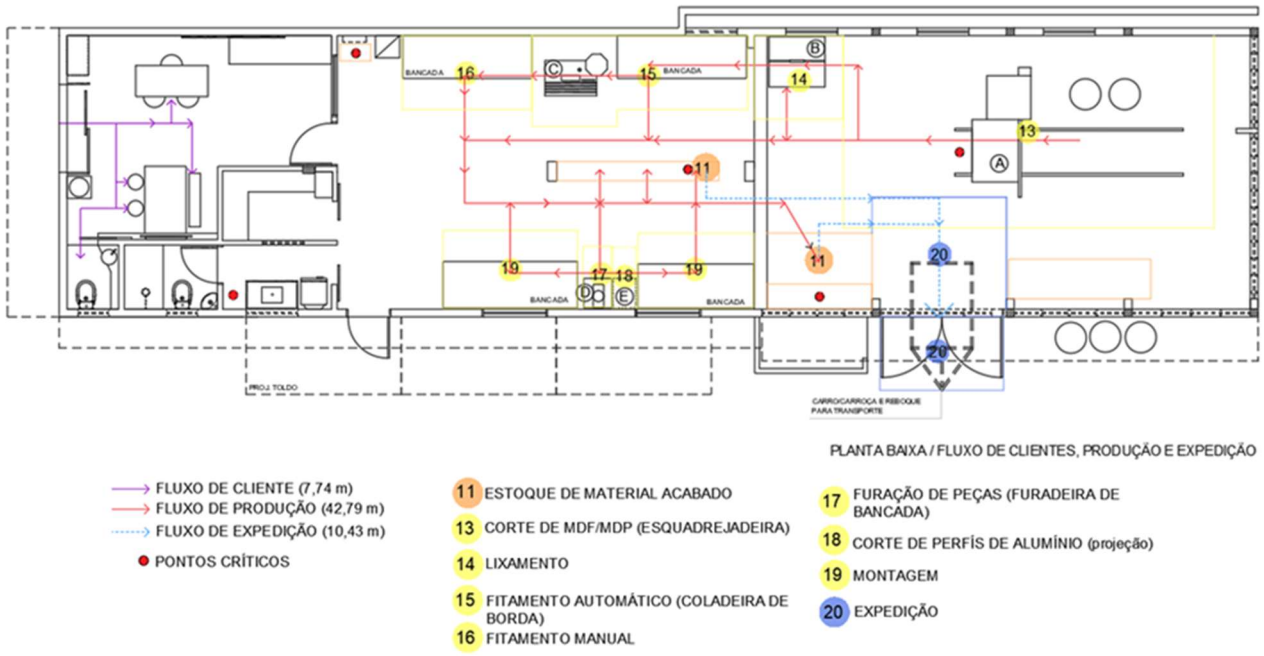

Figura 4: *Planta baixa do fluxo de clientes, produção e expedição. FONTE: Lins, P. (2020)*

A partir da análise da planta do fluxo de clientes, produção e expedição, foram observados outros pontos críticos, os quais estão demarcados em vermelho e descritos a seguir: o setor 11 (estoque de material acabado) encontra-se fragmentado em duas áreas, sendo uma delas na frente do estoque de MDF; o estoque de MDF está dividido também em duas áreas. Logo, há fragmentação e conflito de fluxos consideráveis nesses trechos. Observa-se ainda o conflito gerado pelo armazenamento dos perfis em alumínio na copa e próximo ao setor 16 (fitamento manual). Os pontos críticos e as alternativas listadas encontram-se descritos no Quadro 3.

Pontos críticos dos FLUXOS X SETORES	Alternativas
Setores 7 e 11 (interferência dos setores no fluxos de produção e expedição, ocasionando cruzamento de movimentação de material e produto acabado).	• Deslocar o setor 7 para a área lateral direita, eliminando a área 21a; • Compatibilizar a posição dos extintores de incêndio com os fluxos;
Setor 13 (corte/expedição).	• Programar os horários de expedição para carregamento do produto acabado (compatibilizar com a produção).

Quadro 3: *Pontos críticos x alternativas a partir da análise dos fluxos x setores. FONTE: Elaborado pelos autores.*

As análises, descritas nos Quadros 1, 2 e 3, possibilitaram a observância de conflitos existentes entre circulação, fluxos de produção e armazenamento de materiais e produtos acabados; além da geração de alternativas para resolução dos pontos críticos e fatores limitantes identificados, os quais subsidiaram o desenvolvimento da proposta de [Re]layout do espaço da Marcenaria.

4.2. Projeto de [re]layout

A proposta de [Re]layout para a Marcenaria Laboratório teve como objetivos solucionar os problemas identificados (pontos críticos e fatores limitantes) e promover a otimização das áreas e dos fluxos de produção, o que possibilitará o aumento da produtividade e a redução do desperdício no processo de fabricação do mobiliário sob medida, além de viabilizar espaço de trabalho funcional e com condições ambientais adequadas para o desempenho das atividades, visando o desenvolvimento de vantagens competitivas.

O novo arranjo físico da Marcenaria, a partir da redistribuição dos setores produtivos, foi projetado para que o fluxo da produção seja o mais eficiente possível, sequenciado de acordo com os processos de fabricação da manufatura. Para isso, as distâncias de um processo para outro foram otimizadas, evitando cruzamentos de fluxos, congestionamentos e perdas desnecessárias. A planta baixa da Figura 5 apresenta o novo zoneamento do bloco principal da Marcenaria, distribuído em (1) administração/vendas, (2) área de apoio para funcionários, (3) estoque/armazenamento, (4) produção, (5) expedição e (6) subprodutos.

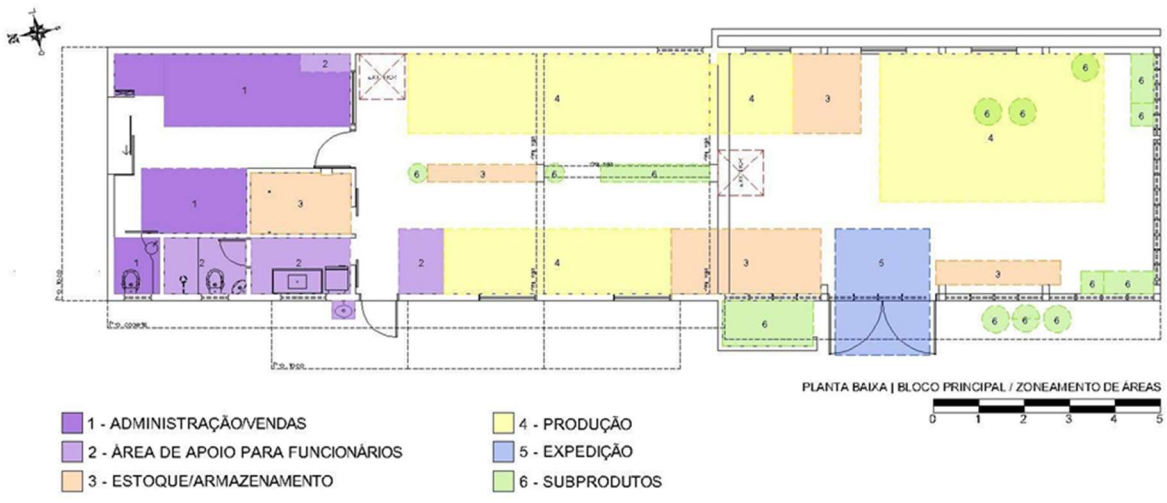

Figura 5: *Planta de [Re]layout| Zoneamento do Bloco principal da Marcenaria. FONTE: Elaborado pelos autores.*

É importante enfatizar a ampliação da área da Marcenaria, de 118,93 m² para 159,30 m², após a incorporação do anexo. Essa área que, antes era utilizada como depósito, passou a alojar os setores de corte em ½ esquadria, estoque/ armazenamento e expedição. As Figuras 5 e 6 apresentam as plantas de zoneamento do bloco principal e do anexo da Marcenaria, integrantes da proposta de [Re]layout.

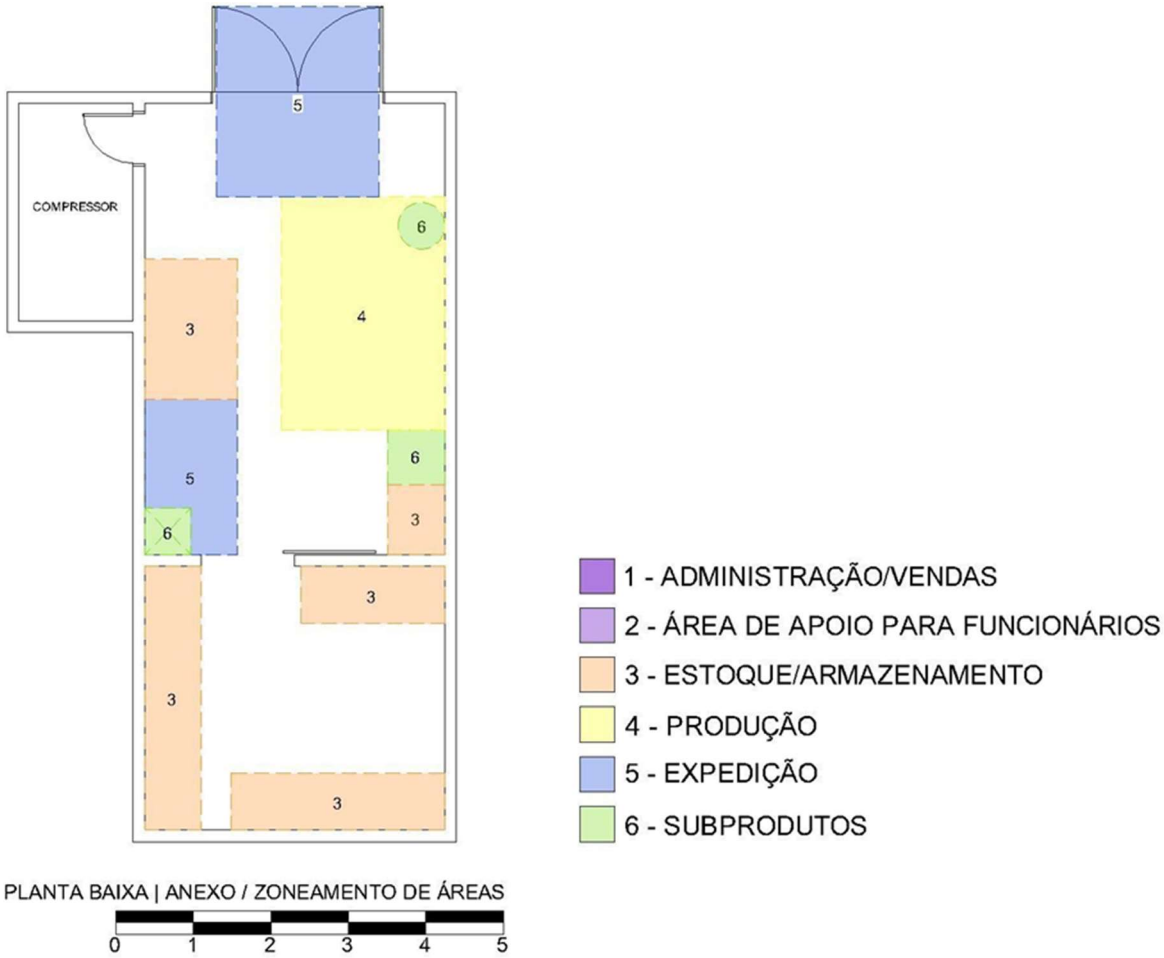

Figura 6: *Planta de [Re]layout| Zoneamento do Anexo da Marcenaria. FONTE: Elaborado pelos autores.*

Para a nova proposta de [Re]layout foram consideradas melhorias físicas e tecnológicas das instalações existentes, a partir das alternativas geradas para solução dos pontos críticos. Os setores de fitamento e montagem foram ampliados, em consequência do aumento das áreas das bancadas; as áreas de estoque/armazenamento foram reorganizadas em pontos estratégicos, próximos aos setores produtivos correspondentes; os fluxos de cliente, produção e expedição foram redimensionados para solução dos conflitos existentes; o setor de corte em ½ esquadria foi deslocado para a área anexa à Marcenaria, incorporada ao projeto como nova célula produtiva, ampliando a área de corte, lixamento, fitamento, furação, montagem e expedição; além de proporcionar a criação de área de apoio para funcionários.

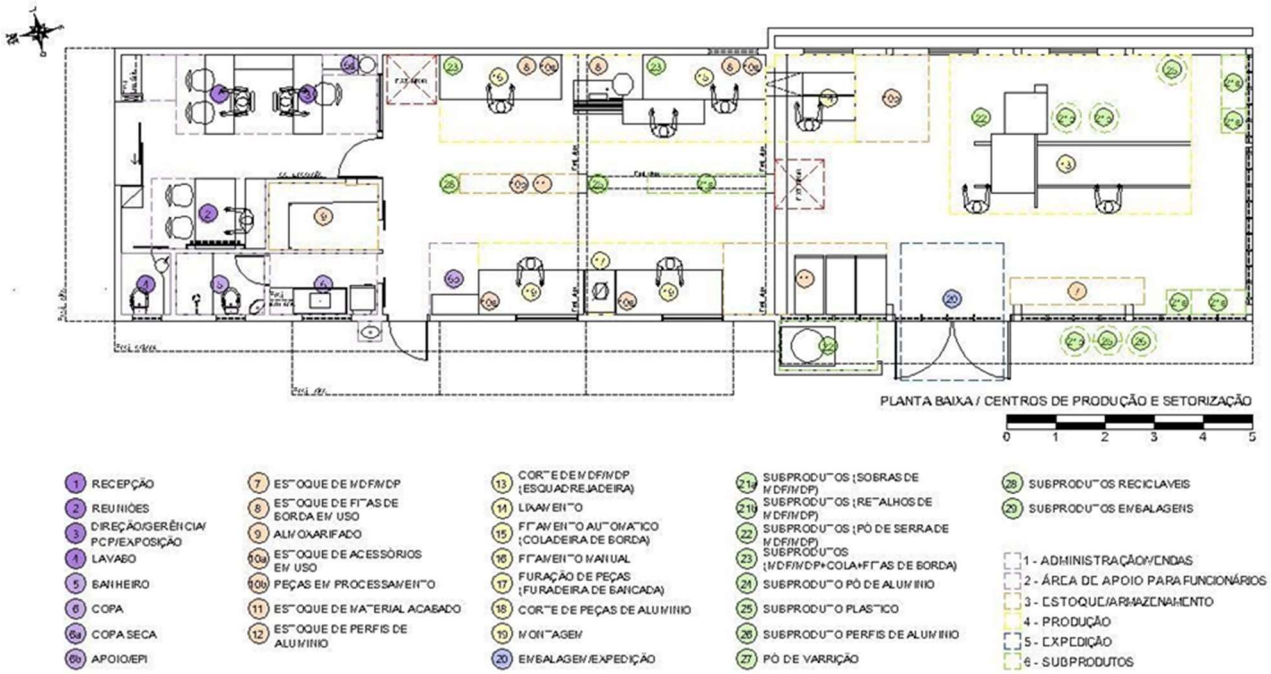

Figura 7: *Planta de [Re]layout - Centros de produção e setorização|Bloco principal da Marcenaria. FONTE: Elaborado pelos autores.*

As Figuras 7 e 8 apresentam as plantas de [Re]layout do bloco principal e do anexo da Marcenaria, respectivamente, com a distribuição dos centros de produção e setorização, além da setorização dos materiais armazenados e dos tipos de subprodutos, divididos conforme legenda. É possível perceber o fluxo contínuo do processo produtivo, através do sequenciamento dos setores, de acordo com as etapas de fabricação do mobiliário sob medida.

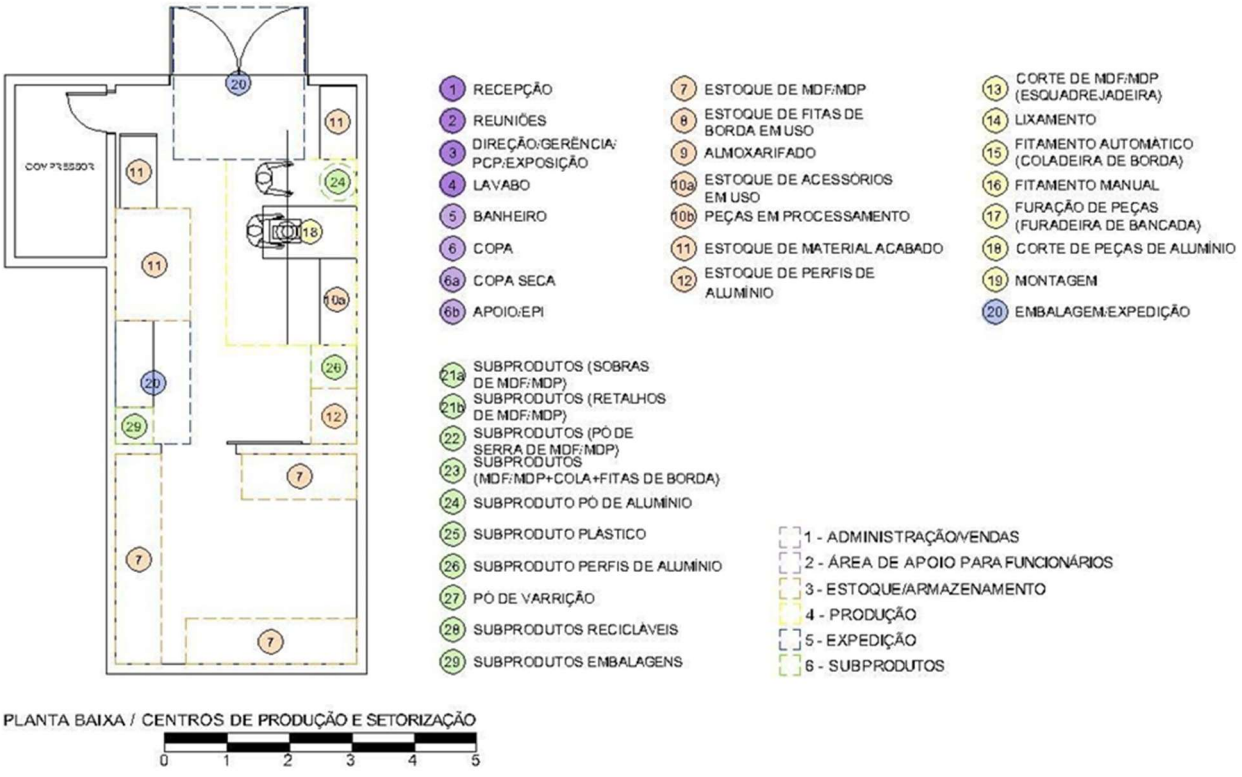

Figura 8: *Planta de [Re]layout - Centros de produção e setorização|Anexo da Marcenaria. FONTE: Elaborado pelos autores.*

4.3. Avaliação da redução das áreas e dos fluxos nos espaços de produção

As áreas e os fluxos da produção foram reconfigurados, a partir do [Re]layout da Marcenaria, apresentando consideráveis alterações, que envolveram reduções e acréscimos visando à otimização. A área útil total da Marcenaria, de 122,47 m², foi incrementada em 40,29 m², em decorrência do acréscimo de área útil do anexo, como parte integrante do processo de fabricação do mobiliário sob medida, totalizando 162,76 m². Nesse novo espaço, antes utilizado como depósito de materiais, funcionarão os setores de corte em ½ esquadria, estoque e expedição; além da área para compressor.

A tabela 1 apresenta o comparativo das áreas da Marcenaria antes e depois da proposição de [re]layout, à exceção das áreas de circulação que correspondem a 40,45 m² no bloco principal e a 11,80 m² no bloco anexo. Conforme os dados descritos, é possível constatar que houve incremento das áreas em, praticamente, todos os setores produtivos, em decorrência da reorganização e otimização dos espaços subutilizados do bloco principal e do bloco anexo.

Os setores da nova célula produtiva no anexo, correspondem a 28,49 m² de incremento que, associados aos 2,43 m² de incremento no bloco principal, totalizam 30,92 m². Verifica-se ainda, no Quadro 4, redução nos setores de produção, subprodutos e expedição do bloco principal, que corresponde a 11,64 m². Foram trabalhados 162,76 m² no [re]layout, obtendo-se 110,51 m² de área útil para o processo produtivo.

Setores	Áreas úteis (m²)			
	Existente	Proposta	Incremento	Redução
Administração / venda / lavabo	11,28	11,70	0,42	-
Apoio para funcionários (bwc e copa)	5,26	7,03	0,48	-
Estoque / armazenamento	11,30	12,83	1,53	-
Produção (Corte, Lixamento, Fitamento e Montagem)	46,42	38,15	-	8,27
Subprodutos	7,86	6,53	-	1,33
Expedição	7,82	5,78	-	2,04
Setor de corte de ½ esquadria - Anexo	-	6,30	6,30	-
Estoque / armazenamento - Anexo	-	8,65	8,65	-
Expedição - Anexo	-	8,29	8,29	-
Área para compressor- Anexo	-	4,10	4,10	-
Subprodutos - Anexo	-	1,15	1,15	-
Totais	**89,94**	**110,51**	**30,92**	**11,64**

Quadro 4: *Quantitativo de áreas da Marcenaria Laboratório. FONTE: Elaborado pelos autores.*

A linha de fluxo da produção foi disposta de acordo com os processos de fabricação do mobiliário sob medida, tendo início no setor de corte dos painéis de MDF na esquadrejadeira, seguindo para o lixamento e fitamento automático na coladeira de borda e/ou fitamento manual, passando para a furação das peças, montagem e expedição. As distâncias de um processo para outro foram otimizadas, evitando cruzamentos de fluxos, congestionamentos e, consequentemente, perdas desnecessárias tanto de materiais quanto de tempo de produção.

O fluxo do cliente, dentro do espaço da Marcenaria, foi dividido em dois: principal e secundário, considerando a entrada dos clientes pelo acesso principal, localizado na área de administração/vendas; ou, pelo acesso secundário, localizado na área da produção. Nos dois fluxos, os clientes terão, como destinação final, a área de administração/ vendas, não tendo sido prevista a circulação destes nos demais espaços da Marcenaria.

A linha de fluxo da expedição contempla o deslocamento dos produtos acabados da área de montagem para a área de estoque do material acabado, de onde serão transportados para seu destino final, quando expedido para entrega. Os fluxos do bloco principal da Marcenaria, acima descritos, encontram-se representados na Figura 9, a seguir.

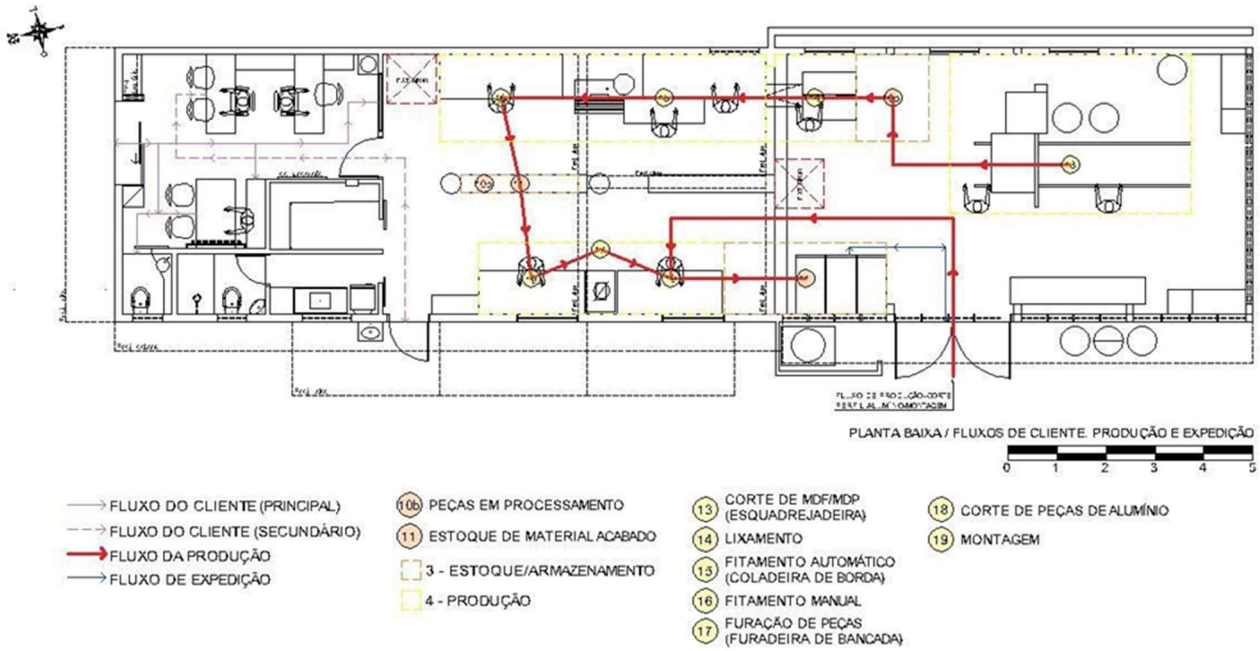

Figura 9: *Planta de [Re]layout - Fluxos do cliente, produção e expedição do bloco principal. FONTE: Elaborado pelos autores.*

Na Figura 10, repetem-se os fluxos do cliente, da produção e da expedição no anexo da Marcenaria. Nesse espaço, serão fabricadas as peças em alumínio que serão transportadas, quando necessário, até o setor de montagem do bloco principal, por meio de carrinhos volantes. O fluxo de clientes está restrito ao bloco principal.

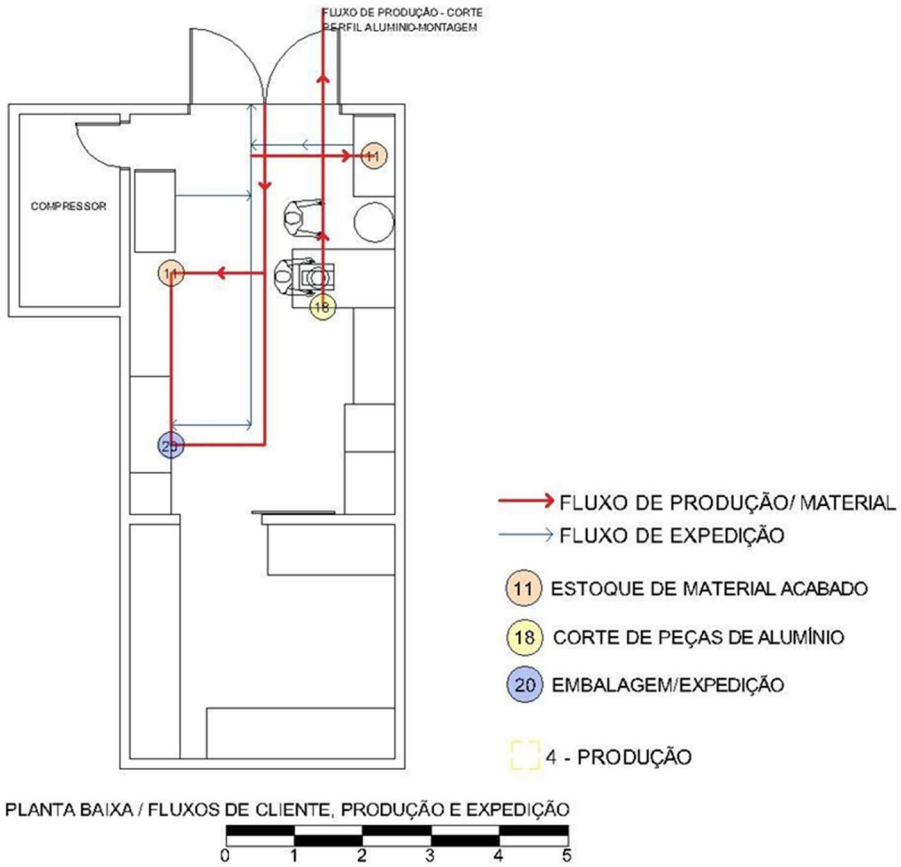

Figura 10: *Planta de [Re]layout - Fluxos do cliente, produção e expedição do anexo. FONTE: Elaborado pelos autores.*

Na tabela 2, a seguir, foram relacionados os fluxos do cliente, de produção e de expedição da Marcenaria Laboratório, considerando o bloco principal e o anexo, sendo F1 correspondente ao fluxo de produção previsto no bloco principal.

Tipo de fluxo	Medida linear existente (m)	Medida linear proposta (m)	Ampliação de fluxo proposta (m)	Redução de fluxo proposta (m)
Fluxo do cliente	7,74	10,09	2,35	-
Fluxo de produção 1 - F1	42,79	22,56	-	20,23
Fluxo de produção 2 - F1 + corte de perfil metálico	-	48,93	48,93	-
Fluxo de produção 3 (=retorno para armazenamento)	-	66,31	66,31	-
Fluxo de produção 4 (=embalagem e armazenamento)	-	72,68	72,68	-
Fluxo de expedição 1	10,43	9,69	-	0,74
Fluxo de expedição 2	-	23,24	23,24	-
Totais	60,96	253,50	213,51	20,97

Quadro 5: *Quantitativo de áreas da Marcenaria Laboratório. FONTE: Elaborado pelos autores.*

Conforme apresenta a tabela 2, houve aumento do percurso do cliente, em virtude da previsão do fluxo secundário, que não existia. No fluxo de produção restrito ao bloco principal, constatou-se expressiva redução de 20,23 m, em decorrência da nova organização espacial sugerida no [re]layout. O fluxo de expedição 1 teve redução de 0,74 m, em virtude da ampliação da área desse setor. Os fluxos de produção 2, 3 e 4 e o fluxo de expedição 2 referem-se ao anexo da marcenaria, que não podem ser comparados, por se constituirem incrementos decorrentes da célula produtiva nova.

Por todo o exposto, é possível afirmar que a reorganização do arranjo físico ou [re]layout possibilitou a otimização das áreas e dos fluxos da Marcenaria Laboratório, por meio da redução de áreas de circulação subutilizadas, tornando-as direcionadas, contínuas e sem fluxos cruzados; do incremento e articulação das áreas entre os setores produtivos pelo aproveitamento racional dos espaços, promovendo a eficiência e a segurança das operações, que compõem o processo produtivo; e, sobretudo, a otimização do uso dos recursos e da mão de obra, visando maior produtividade, menor tempo de produção e desperdício de matéria-prima.

5. CONCLUSÃO

O processo de otimização e inovação da fabricação de mobiliário sob medida em marcenaria de Maceió-AL, incluindo a proposta de implantação do espaço laboratório, através da simulação e desenvolvimento projetual, proporcionou a proposição de melhorias físicas e tecnológicas dos espaços de produção, tanto relacionados às áreas e aos fluxos dos setores produtivos, quanto à otimização dos postos de trabalho, das áreas de equipamentos e de sistemas. Viabilizou, ainda, a inovação tecnológica, a partir do aprimoramento de maquinários; migração e integração de processos manuais e físicos para processos digitais; e, principalmente, a construção de expertise como modelo de referência e intervenção aplicado ao setor moveleiro local.

No âmbito dos princípios-chaves das dimensões ambiental, social e econômica do Design para a Sustentabilidade, a Marcenaria Laboratório, enquanto pesquisa de inovação para empresa de pequeno porte, também contribuiu para:

- otimização do projeto de produto para minimização dos materiais utilizados;
- proposição de sistemas de coletores para subprodutos;
- delimitação de áreas estratégicas de armazenamento e catalogação dos subprodutos para reuso no tecnociclo;

- implementação do setor de PDI, enquanto Marcenaria Laboratório, visando ações compartilhadas e parcerias para o desenvolvimento de novos produtos ou serviços;
- projeto gráfico de sinalização da marcenaria, em consonância com o [re]layout;
- continuidade de digitalização e implantação de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 nas áreas de produção e gestão da empresa.

Por fim, com a implantação do [re]layout pela marcenaria, espera-se que a otimização e inovação tecnológica, propostas para o processo de fabricação do mobiliário da empresa, tragam benefícios técnicos, ambientais e econômicos, tais como o aumento da produtividade, a redução do desperdício e a elevação da competitividade da empresa, a partir da elevação da qualidade dos produtos-serviços ofertados e do encurtamento do prazo de entrega para os clientes-usuários.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Alagoas (Ifal) pelos recursos de fomento à execução da pesquisa, por meio do Edital Nº 09/2019 da Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PRPPI/Ifal) e agradecemos a marcenaria local pelos recursos de contrapartida, enquanto empresa parceira da pesquisa. Agradecemos as pesquisadoras voluntárias Pâmala Carolyne dos Santos Melo (empresa parceira) e Patrícia Soares Lins (pesquisadora GEID-Ifal) pela colaboração nas abordagens de análise do layout existente e de proposição do [re]layout. Agradecemos a Fundação Universitária de Desenvolvimento de Extensão e Pesquisa (FUNDEPES) pelo apoio ao plano de execução financeira.

REFERÊNCIAS

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Oportunidades para a indústria 4.0**: aspectos da demanda e oferta no Brasil / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília: CNI, 2017.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura**. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/ods/ods9.html. Última visita: 25 jun. 2021.

PLATAFORMA AGENDA 2030. **A integração dos ODS**. Disponível em: http://www.agenda2030.com.br/os_ods/. Última visita: 25 jun. 2021.

SANTOS, A. *et al*. **Design para a sustentabilidade**: Dimensão social. Curitiba: Insight, 2019a.

SANTOS, A. *et al*. **Design para a sustentabilidade**: Dimensão econômica. Curitiba: Insight, 2019b.

SAMPAIO, C. P. *et al*. **Design para a sustentabilidade**: Dimensão ambiental. Curitiba: Insight, 2018.

LINS, P. S. *et. al*. Opportunities for Cleaner Production (CP) Using Process Flow Analysis: Case Study of a Furniture Manufacturer in the City of Palhoça (SC, Brazil). **Sustainability** 2020, 12, 863; doi:10.3390/su12030863.

LINS, P. Diagnóstico do arranjo físico de marcenaria de pequeno porte. Maceió, Alagoas, 2020.

LINS, P. S. *et. al*. **Oportunidades de Produção mais Limpa em Processo de Fabricação de Móveis sob Medida**: Estudo de Caso de um Guarda-Roupa. International Workshop Advances in Cleaner Production, São Paulo, v.10, p. 2-10, 2015. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/files/sessoes/5B/2/lins_ps_et_al_academic_02.pdf. Última visita: 26 jun. 2021.

VIRGULINO, N. **Ecodesign e PNRS**: Sistema de coletores de subprodutos para marcenarias. 2021. 80p. TCC (Graduação) - Design de Interiores, Instituto Federal de Alagoas, Maceió, 2021.