

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

ISAQUE TEIXEIRA PORTES

**ADEQUAÇÃO DE UM LAYOUT INDUSTRIAL PARA A
IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA *KANBAN* EM UM
FLUXO DE PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DO RAMO DE
LOUÇAS SANITÁRIAS**

VITÓRIA, ES

2022

ISAQUE TEIXEIRA PORTES

**ADEQUAÇÃO DE UM LAYOUT INDUSTRIAL PARA A
IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA *KANBAN* EM UM
FLUXO DE PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DO RAMO DE
LOUÇAS SANITÁRIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia de Produção do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Wander Demonel de Lima

VITÓRIA, ES

2022

ISAQUE TEIXEIRA PORTES

**ADEQUAÇÃO DE UM LAYOUT INDUSTRIAL PARA A
IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA *KANBAN* EM UM
FLUXO DE PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DO RAMO DE
LOUÇAS SANITÁRIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia de Produção do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em 23 de Março de 2022.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Wander Demonel de Lima
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Dr. Luciano Raizer Moura
UFES

Prof. Dr. Jorge Luiz dos Santos Junior
UFES

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, por ter iluminado o meu caminho durante toda esta caminhada. Agradeço imensamente a todos os professores que me acompanharam durante a graduação, em especial ao professor Wander Demonel de Lima, responsável pela orientação deste trabalho. Obrigado pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia. Não poderia esquecer dos meus amigos da igreja, que tiveram papel importantíssimo nesta jornada, obrigado. Agradeço, também, e dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, aos meus amados pais (Edilson e Elzeni) e a minha namorada (Lorena), a principal apoiadora nessa jornada e que mais precisou ter paciência comigo. Obrigado pelo incentivo, pela força e principalmente pelo carinho.

RESUMO

Existem alguns fatores que são fundamentais na estruturação de um fluxo ou sistema de produção, os quais merecem uma atenção especial e uma avaliação mais cuidadosa, uma vez que influem diretamente na produtividade e eficiência do processo produtivo. Dentre eles, está o planejamento de layout. Além disso, existem ferramentas que, se aplicadas em um fluxo de produção, podem contribuir para a obtenção de melhores resultados, e o *Kanban* é uma delas, o qual, sendo uma forma de se fazer gestão à vista, mostra-se útil e importante para auxiliar no gerenciamento e controle de um fluxo de trabalho. Este trabalho, portanto, trata de demonstrar como um layout adequado, que otimize os fluxos de material, e a aplicação do método *Kanban*, para controle do fluxo de trabalho (das movimentações internas de material), podem impactar diretamente na eficiência de um fluxo de produção. O fluxo de produção analisado foi de um setor da fábrica de Louças Sanitárias Brasil, para o qual foram desenvolvidos um projeto de rearranjo de layout (utilizando a metodologia *SLP*) e, na sequência, um sistema *Kanban* visando, de forma conjunta e combinada, gerar melhorias ao processo produtivo. Em outras palavras, foi proposta uma adequação do layout (com enfoque na maneira como são organizados os seus fluxos internos de movimentação de material) para a implementação da ferramenta *Kanban* como estratégia para melhorar a gestão e a organização de um fluxo de produção. Como resultado disso, espera-se eliminar, ou minimizar, dois dos oito desperdícios, categorizados pelo *Lean Manufacturing*, decorrentes de um layout mal planejado e da falta de controle e gerenciamento dos processos de movimentação de material ao longo do fluxo de produção: excesso de transporte e defeitos e retrabalhos, a fim de melhorar os indicadores de qualidade e eficiência do processo produtivo.

Palavras-chave: Layout; *Kanban*; Fluxo de produção; *Lean Manufacturing*; Eficiência.

ABSTRACT

There are some factors that are fundamental in the structuring of a production flow or system, which deserve special attention and a more careful evaluation, since they directly influence the productivity and efficiency of the production process. Among them is layout planning. In addition, there are tools that, if applied in a production flow, can contribute to obtaining better results, and Kanban is one of them, which, being a way of managing in sight, proves to be useful and important. to help manage and control a workflow.

This work, therefore, tries to demonstrate how an adequate layout, which optimizes material flows, and the application of the Kanban method, to control the workflow (of internal material movements), can directly impact the efficiency of a workflow. production. The production flow analyzed was from a sector of the Brasil Sanitaryware factory, for which a layout rearrangement project was developed (using the *SLP* methodology) and, subsequently, a Kanban system aiming, jointly and in combination, to generate improvements to the production process. In other words, an adaptation of the layout was proposed (focusing on the way in which its internal material movement flows are organized) for the implementation of the Kanban tool as a strategy to improve the management and organization of a production flow. As a result, it is expected to eliminate, or minimize, two of the eight wastes, categorized by Lean Manufacturing, resulting from a poorly planned layout and the lack of control and management of the material movement processes along the production flow: excess of transport and defects and reworks, in order to improve the quality and efficiency indicators of the production process.

Keywords: Layout; Kanban; Production flow; Lean Manufacturing; Efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arranjo físico geral da fábrica.....	34
Figura 2 – Arranjo físico do setor de inspeção.....	35
Figura 3 – Arranjo físico ampliado do setor de inspeção.....	35
Figura 4 – Diagrama de processo.....	38
Figura 5 – Fluxograma vertical.....	39
Figura 6 – Fluxograma vertical ampliado.....	40
Figura 7 – Fluxograma funcional.....	41
Figura 8 – Arranjo físico do setor com entradas e saídas.....	43
Figura 9 – Fluxo da área 1 para a área 4.....	44
Figura 10 – Fluxo da área 4 para a área 2.....	44
Figura 11 – Fluxo da área 4 para a área 3.....	45
Figura 12 – Fluxo da área 4 para a área 5.....	45
Figura 13 – Fluxo da área 3 para o repasse.....	46
Figura 14 – Fluxo da área de repasse para a área 2.....	46
Figura 15 – Fluxo da área de repasse para a área 5.....	47
Figura 16 – Fluxo da área 2 para a esmaltação.....	47
Figura 17 – Fluxo da área 2 para a área 5.....	48
Figura 18 – Fluxo da área 5 para o descarte.....	48
Figura 19 – Arranjo físico renomeado.....	50
Figura 20 – Carta De/Para.....	51
Figura 21 – Classificação da intensidade de fluxo.....	52
Figura 22 – Carta de inter-relações de atividades.....	54
Figura 23 – Legenda do diagrama de inter-relações dos espaços.....	54
Figura 24 – Diagrama de inter-relações dos espaços.....	55
Figura 25 – Layout proposto.....	58
Figura 26 – Fluxo da área 1 para a área 4 no layout proposto.....	60
Figura 27 – Fluxo da área 4 no layout proposto.....	60
Figura 28 – Fluxo envolvendo as áreas 2, 3, 5 e a área de repasse.....	61
Figura 29 – Fluxo da área 2 para a área 5.....	61
Figura 30 – Fluxo da área 2 para a esmaltação e da área 5 para o descarte.....	62
Figura 31 – Diagrama de inter-relações de espaços do layout proposto.....	64
Figura 32 – Deslocamento de material no layout atual.....	67
Figura 33 – Deslocamento de material no layout proposto.....	67
Figura 34 – Layout para o qual o <i>Kanban</i> foi projetado.....	76
Figura 35 – Quadro <i>Kanban</i> principal.....	77
Figura 36 – Quadro <i>Kanban</i> repasse.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Volume de carros em estoque.....	57
Tabela 2 – Análise de capacidade de armazenamento.....	57
Tabela 3 – Intensidade de fluxo e inter-relações no layout proposto.....	63
Tabela 4 – Cálculo de distância percorrida por material do layout proposto.....	66
Tabela 5 – Cálculo de distância percorrida por material do layout atual.....	66

LISTA DE SIGLAS

PEPS – “Primeiro que entra, primeiro que sai”

UEPS – “Último que entra, primeiro que sai”

SLP - Systematic Layout Planning

WIP – Work in Process

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	OBJETIVO.....	15
1.2.1	Objetivo Geral.....	17
1.2.2	Objetivos Específicos.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	ESTOQUE.....	18
2.1.1	Conceito de estoque.....	18
2.1.2	Explicação do porquê se gera estoque.....	19
2.1.3	A importância de conhecer os níveis de estoque.....	19
2.1.4	Classificações de estoque e o estoque intermediário.....	20
2.2	O SISTEMA <i>KANBAN</i>	20
2.2.1	A origem do <i>Kanban</i>.....	20
2.2.2	O significado de <i>Kanban</i> e como ele funciona.....	21
2.2.3	Tipos de <i>Kanban</i>.....	23
2.3	LAYOUT DE PRODUÇÃO.....	23
2.3.1	Definição de Layout.....	23
2.3.2	Características de um projeto de layout.....	24
2.3.3	Metodologia <i>SLP</i> (<i>Systematic Layout Planning</i>).....	25
2.3.4	Vantagens e importância de um layout adequado.....	27
2.4	<i>LEAN MANUFACTURING</i> E GESTÃO À VISTA.....	27
3	MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO.....	29
3.1	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
3.2	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
4.1	LAYOUT.....	34
4.1.1	Localização.....	34
4.1.2	Arranjo físico geral.....	35

4.1.2.1	Dados de entrada.....	36
4.1.2.2	Fluxo de materiais ou atividades.....	43
4.1.2.3	Análise de intensidade de fluxo de material.....	49
4.1.2.4	Carta “De-para”	51
4.1.2.5	Carta de inter-relações.....	52
4.1.2.6	Diagrama de inter-relações dos espaços.....	54
4.1.2.7	Análise e determinações de espaços.....	56
4.1.2.8	Considerações de mudança.....	58
4.1.3	O layout proposto.....	58
4.1.3.1	Modificações realizadas.....	58
4.1.3.2	Fluxos de material.....	60
4.1.3.3	Classificação de intensidade de fluxo.....	62
4.1.3.4	Diagrama de inter-relações de espaços.....	63
4.1.3.5	Cálculo de distância percorrida por material.....	65
4.1.3.6	Resultados obtidos do cálculo de distância percorrida.....	66
4.2	<i>KANBAN</i>	68
4.2.1	O propósito da aplicação do <i>Kanban</i> neste trabalho.....	68
4.2.2	O tipo de <i>Kanban</i> utilizado.....	69
4.2.3	O funcionamento dos quadros <i>Kanban</i>.....	69
4.2.4	<i>Kanban</i> principal.....	70
4.2.5	<i>Kanban</i> de repasse.....	74
4.2.6	Apresentação dos quadros <i>Kanban</i> e do espaço físico para o qual ele foi projetado.....	76
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
6	REFERÊNCIAS.....	80

1 INTRODUÇÃO

Existem alguns fatores que são fundamentais na estruturação de um fluxo ou sistema de produção, os quais merecem uma atenção especial e uma avaliação mais cuidadosa, uma vez que influem diretamente na produtividade e eficiência do processo produtivo. Dentre eles, será explorado como objeto de análise neste estudo: O layout de uma fábrica de louças sanitárias (com enfoque na maneira como são organizados os seus fluxos internos de movimentação de material). Além disso, será demonstrado de que forma a implementação da ferramenta *Kanban* pode ser útil e importante para auxiliar no gerenciamento e controle do fluxo de trabalho.

De acordo com Corrêa (2010), o arranjo físico trata-se da maneira a qual são alocados fisicamente os recursos que preenchem os espaços na instalação de uma operação. Segundo Slack *et al.* (2009), existem fábricas que conseguem aumentar até 25% da produção, reduzir custos e melhorar o aproveitamento do espaço somente por meio de um novo arranjo físico da fábrica. Com isso, pode-se perceber o papel importante que o layout de um sistema produtivo tem sobre os resultados da organização, impactando de forma direta na qualidade dos processos e fluxos de produção.

Um layout bem projetado pode gerar resultados significativos na redução de custos de operação e no aumento da produtividade de um processo produtivo. Isso porque pode facilitar as entradas e saídas de materiais, utilizar melhor a área disponível, tornar mais eficiente o fluxo de trabalho, auxiliar no gerenciamento visual e na supervisão dos processos, ao mesmo tempo em que gera um ambiente de trabalho agradável e seguro.

Sendo assim, uma das formas de melhorar a organização e o desempenho de um processo produtivo é definindo um layout adequado, que seja capaz de eliminar os padrões de fluxo confusos e otimizar o andamento do processo. É válido citar, a esse respeito, o trabalho de Rocha (1995), em que este aponta algumas vantagens que a melhoria de layout pode trazer: utilizar racionalmente o espaço disponível; reduzir ao mínimo as movimentações de materiais, produtos e pessoas; e possibilitar supervisão e obtenção da qualidade.

Neste trabalho, além de buscar agregar eficiência ao fluxo de produção, o projeto de rearranjo de layout buscou adequar a nova configuração de disposição e fluxo de materiais ao esquema do *Kanban* desenvolvido, de modo que o layout proposto viabilizasse a sua implementação e os dois fossem implantados de modo conjunto e combinado. Em outras palavras, foi necessário readaptar o arranjo físico e, conseqüentemente, a organização dos fluxos de material, de modo que favorecesse a aplicação do método *Kanban* e, assim, ele pudesse ser efetivo e eficaz nos seus resultados. Logo, além do projeto de rearranjo de layout,

foi criado um quadro *Kanban*, como forma de fazer gestão à vista, para controlar o fluxo de materiais no novo layout obtido.

O *Kanban*, é uma das ferramentas gerenciais do *Lean Manufacturing* que, de acordo com Esparrago (1988), propõe o controle de produção e de suprimentos com auxílio da gestão visual a fim de identificar e autorizar a produção ou a movimentação de materiais ao longo do processo. O *Kanban* se refere a uma ferramenta visual com instruções dispostas em um quadro que, num olhar rápido, comunica as informações necessárias para realização das atividades - informações estas que, no contexto em questão, estão relacionadas ao fluxo de produção, ao controle de entradas e saídas de produtos em processo. Assim, com base no entendimento de que esse método pode desempenhar uma função importante no controle de um fluxo de produção, melhorando a sua eficiência e produtividade, o *Kanban* foi uma das ferramentas *Lean* escolhidas neste trabalho para propor melhorias.

As técnicas e ferramentas utilizadas pelo *Lean* são advindas da produção enxuta, que teve origem após a Segunda Guerra Mundial com a implantação do Sistema Toyota de Produção (STP), cuja metodologia obteve grande sucesso, transformando a montadora Toyota em uma das maiores do mundo. Autores como Hino (2009) e Ohno (2006), explicam que o *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão que busca a eficiência com a eliminação de desperdícios e redução de custos, por meio de uma nova racionalização das atividades e otimização dos processos produtivos. E a gestão à vista, tendo o *Kanban* como uma de suas principais ferramentas, é uma das principais estratégias presentes na metodologia de gestão *Lean Manufacturing*.

Shingo complementa em sua obra (1996) que o *Kanban* pode também ser visto como uma estratégia para possibilitar melhorias na produtividade e na qualidade dos produtos e processos produtivos. Autores como Lage e Godinho (2008), argumentam que o intuito do *Kanban* é reduzir custos e aumentar a produtividade, e que tal método é usado para controlar os estoques em processo, produção e o suprimento de componentes.

Dessa forma, o *Kanban* se mostra como uma ferramenta potencialmente útil na gestão e controle de movimentações de estoque (que, na aplicação deste estudo, se refere ao estoque intermediário), incorporando uma padronização bem definida aos processos de movimentação dos produtos em processo nas áreas de estocagem do setor analisado.

O setor da fábrica onde foram realizados o estudo e as análises é o de inspeção, cuja função é inspecionar as peças, separá-las e dispô-las na área de acordo com a sua classificação (peça “conforme”, “defeituosa” ou “de refugo”), além de fazer o reparo das peças defeituosas e realizar a estocagem das peças conformes, que são retiradas pela etapa subsequente.

O desenvolvimento deste trabalho passa por observar as etapas, movimentações e atividades do fluxo de produção deste setor e analisar os processos de estocagem e de transporte de material. Buscou-se diagnosticar a cadeia de suprimentos dos produtos em processo e mapear os processos de armazenamento e movimentação desses produtos ao longo do fluxo de produção.

Assim, busca demonstrar, por meio de uma aplicação prática em um caso real, como um layout adequado pode otimizar o fluxo de material e que a implantação do *Kanban* pode ser um método eficiente para melhorar o controle e gerenciamento dos processos de movimentação e estocagem de materiais ao longo do processo. De maneira que é adotada uma perspectiva analítica acerca da estruturação e do funcionamento do fluxo de produção em um determinado setor da fábrica Louças Sanitárias Brasil (nome fictício), observando-se os processos de armazenagem e movimentação dos produtos em processo e como eles são dispostos na área.

Para o gerenciamento desses fluxos, o *Kanban* elaborado neste trabalho se baseou no critério de decisão PEPS (primeiro que entra, primeiro que sai) de administração de estoques, o qual, segundo Charbel (2007), observa o critério da ordem de chegada do produto no recebimento, fazendo com que, desta forma, o primeiro produto a entrar seja o primeiro a sair. Isso garante que as peças mais antigas em estoque sejam as primeiras a seguirem para a próxima etapa do processo produtivo. Assim, como apontado por Slack (2009), o PEPS pode evitar a longa permanência de armazenagem dos produtos, com o risco de tornarem-se obsoletos ou deteriorarem-se com o tempo.

Para o fluxo de produção em questão, o método PEPS é de fundamental importância uma vez que sua aplicação estabelece uma sequência lógica para a movimentação de estoque intermediário, cuja ordem a ser seguida faz com que as peças sejam movimentadas para a fase de produção seguinte estando em condições mais favoráveis para se transformar num produto final de qualidade, minimizando, assim, desperdícios e prejuízos por perda de material devido à má administração de movimentação de estoques.

Entre as principais técnicas e ferramentas *Lean*, destacam-se: 5S; padronização de atividades; gestão visual (*Kanban*); mapeamento do fluxo de valor; método PEPS; *just in time*; *Takt Time*; *Jidoka*; *Heijunka*; *Kaizen*; os cinco porquês; entre outros. Serão utilizadas neste trabalho as ferramentas de gestão visual (*Kanban*), do trabalho padronizado e o método PEPS. Portanto, para a aplicação das ferramentas e por trás das melhorias propostas, este trabalho se apropriou da metodologia *Lean Manufacturing* e de seus conceitos e princípios.

Ademais, conforme afirma o autor Schultz (2016), a implementação de novos conceitos no local de trabalho, como princípios e conceitos *Lean*, e o gerenciamento visual podem trazer

uma mudança na cultura organizacional e de gestão da empresa. Sendo assim, sugere-se olhar para o *Lean* como algo ainda maior, com foco no médio e longo prazo, não só como algo relacionado à eficiência de um ou mais processos, mas sim como um novo modo de pensar, de modo que a implementação dessas práticas possa, quiçá, vir a marcar o início de uma transformação cultural e de mentalidade da empresa.

Espera-se que a implementação dos projetos de melhoria aqui propostos gere como resultados um layout mais eficiente e adequado aos processos, otimizando os fluxos de material e diminuindo os deslocamentos (distância percorrida com transporte de material), e um fluxo de trabalho controlado e gerenciado pelo *Kanban*, seguindo padrões de movimentação e armazenagem dos produtos em processo bem definidos, de modo que eles cheguem ao processo seguinte de acordo com a ordem correta estabelecida e isso melhore os indicadores de qualidade do processo produtivo.

1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho tem por base a percepção de um conjunto de problemas, em uma determinada etapa do processo de fabricação da empresa Louças Sanitárias Brasil (nome fictício), que são originados de um arranjo físico inadequado e mal planejado e da falta de organização e padronização dos processos de movimentação e armazenagem de material. Verificou-se empiricamente que não há um sistema de controle e gerenciamento para ordenar o fluxo de materiais nem uma organização adequada para a disposição física das peças e sua movimentação. Assim, como uma das consequências decorrentes disso tem-se um fluxo de produção desorganizado e confuso.

Dessa maneira, este trabalho se torna relevante na medida em que, a partir de um caso real, busca identificar e eliminar, ou minimizar, os desperdícios associados à falta de organização e de adequação em relação à disposição física e ao fluxo dos materiais ao longo do fluxo de produção, o que representa um empecilho para uma gestão eficiente dos processos e para a obtenção de melhores resultados para a organização.

Entretanto, é importante levar em consideração as possíveis limitações para a implementação das mudanças propostas neste trabalho. Dentre elas está o fato de que, para que a implantação de novos padrões, procedimentos e métodos de trabalho alcance os resultados esperados, é necessária a colaboração dos funcionários de chão de fábrica para mudar hábitos e cumprir novas diretrizes. Moura (1989) corrobora isso ao afirmar que a tarefa mais árdua na implantação do *Kanban* é conseguir o envolvimento do pessoal e seu comprometimento com

os objetivos da organização. Uma das etapas mais importante é a qualificação e a disponibilidade para conduzir as fases, a pessoa escolhida para dirigir o programa ao nível da fábrica deve ter experiência com a operação e com as pessoas.

A razão pela qual este trabalho se propõe a melhorar a organização do fluxo de produção (levando em consideração os fluxos de material e o arranjo físico) do setor é minimizar as perdas decorrentes de dois desperdícios identificados: “excesso de transporte” e “defeitos e retrabalhos”. Vale ressaltar que esses dois desperdícios fazem parte dos oito desperdícios categorizados por Taiichi Ohno, considerado o pai do *Lean Manufacturing*, que devem ser eliminados, a fim de melhorar a eficiência operacional.

O primeiro desperdício se refere aos fluxos de material consideravelmente longos e aos deslocamentos desnecessários de material, o que se deve a um layout inadequado, no qual as áreas de estocagem e os recursos de transformação podem ser melhor dispostos/distribuídos fisicamente.

E o segundo desperdício é devido ao alto índice de produtos defeituosos que são gerados por conta de uma má organização e falta de controle dos fluxos e movimentações de material do setor. Nota-se neste setor que não há nenhum sistema que gerencie e controle os fluxos e movimentações dos produtos em processamento ao longo do processo, de modo tal que as peças são movimentadas, armazenadas e encaminhadas para a etapa posterior de modo aleatório, sem seguir nenhuma ordem. Isso faz com que algumas peças fiquem por mais tempo em espera neste setor antes de seguir para a próxima etapa, elevando as chances de ela apresentar defeito no final do processo e ser então desclassificada, gerando, por fim, retrabalho e prejuízos para a empresa.

Sendo assim, ao tornar mais organizado o fluxo de trabalho, a implementação de um sistema de gerenciamento e controle do fluxo/movimentação de peças seguindo a regra PEPS (por meio do *Kanban*), que é uma das propostas aqui apresentadas, visa garantir que as peças que entram primeiro sejam as primeiras a caminharem pelo processo. Essa estratégia visa melhorar os indicadores de qualidade da fábrica uma vez que minimiza o índice de produtos acabados que apresentam defeitos associados ao período de tempo (além do devido) que a peça fica em espera ao longo do processo antes de ser passada à frente.

Assume-se, portanto, que o layout inadequado do setor de inspeção da fábrica Louças Sanitárias Brasil, o que inclui a maneira como são dispostos fisicamente os produtos em processo, e a falta de organização e padronização em relação aos processos de estocagem e de movimentação desses produtos podem afetar diretamente o desempenho do processo produtivo. Com isso, a fim de melhorar a organização deste fluxo de produção, bem como tornar mais

eficientes os processos, este trabalho propõe um projeto de rearranjo do layout – buscando otimizar a disposição e o fluxo dos produtos – e a implementação da ferramenta *Kanban* para gerenciar e controlar as movimentações de estoque intermediário.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar e propor melhorias para o fluxo de produção do setor de inspeção da fábrica Louças Sanitárias Brasil por meio de um projeto de adequação do layout (arranjo físico) alinhado à implementação do *Kanban* como ferramenta de controle do fluxo de materiais.

1.2.2 Objetivos específicos

- Mapear e descrever as etapas, atividades e as movimentações de material do fluxo de produção em análise por meio de fluxogramas e mapofluxogramas;
- Desenvolver um projeto de rearranjo de layout do setor de inspeção da fábrica Louças Sanitárias Brasil com base na metodologia *SLP* (*Systematic Layout Planning*);
- Criar um modelo *Kanban*, com um padrão de disposição e movimentação dos cartões no quadro, de acordo com as etapas e os fluxos do processo para controle e gerenciamento do fluxo de produção (incluindo o fluxo de materiais);
- Propor a utilização do método PEPS (“primeiro que entra primeiro que sai”) como estratégia para regular a movimentação do estoque intermediário ao longo do processo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ESTOQUE

2.1.1 CONCEITO DE ESTOQUE

Atualmente, uma das grandes dificuldades que as empresas encontram para organizar e planejar seu ritmo de produção consiste em se prever com maior precisão seus índices de demanda, o que torna necessário a estocagem de materiais. O conceito de estoque está relacionado a bens ou produtos que uma organização mantém para atender a uma determinada demanda futura.

Conforme conceitua Slack, Chambers e Johnston (2009), “estoque é definido como a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação, ou também pode ser usado para descrever qualquer recurso armazenado”. Em outras palavras, é tudo aquilo que precisa ser armazenado. Para Chiavenato (2005), estoque é a composição de materiais (matérias-primas, materiais em processamento, materiais semiacabados, materiais acabados, produtos acabados), que em determinado momento não é utilizado na empresa, mas que será utilizado futuramente. Desta forma, o conceito de estoque se refere aos materiais em disponibilidade, que não estão sendo naquele momento transformados e estão em armazenamento, à espera de utilização, mantido para atender a demanda das diversas áreas da empresa: produção, manutenção, administração, expedição, entre outras.

Do ponto de vista de Francischini e Gurgel (2004), estoque é definido como quaisquer quantidades de bens físicos que sejam conservados, de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo. Sendo assim, pode-se observar que o conceito de estoque não se limita apenas a matérias primas e produto acabados, para fins de comercialização, podendo se referir a todo tipo de material que seja conservado, de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo.

2.1.2 Explicação do porquê se gera estoque

Não importa o que está sendo armazenado como estoque, ou onde ele está posicionado na operação; ele existirá porque existe uma diferença de ritmo ou de taxa entre fornecimento e demanda. Segundo Slack *et al.* (2002), o fornecimento de qualquer item ocorresse exatamente quando fosse demandado, o item nunca seria estocado. Sendo assim, o principal objetivo dos

estoques é fazer a separação do suprimento da demanda, servindo de intermédio entre a oferta e demanda e mantendo-as alinhadas.

Assim, a manutenção de estoque intermediário se deve às variações de demanda dos clientes internos, que está relacionado com o lead time de seus processos que são variáveis. Por isso acontece a formação de vários estoques intermediário, em virtude das diferenças e flutuações em relação aos ritmos de entrada e saída dos processos.

2.1.3 A importância de conhecer os níveis de estoque

É importante analisar os níveis de estoque intermediário nas áreas de armazenamento para se ter um dimensionamento adequado dessas áreas, de modo que ofereça espaço o suficiente e necessário para receber e estocar os produtos “empurrados” pelo cliente interno (processo anterior), atendendo, assim, a sua demanda. Esse dimensionamento precisa observar as variações do ritmo de entrada dos produtos em processo na área, os quais geram estoque. Se a área de estocagem for mal dimensionada, pode surgir o problema de o tamanho projetado da área para manter o nível de estoque não condizer com a demanda, representada pelo volume de peças que chegam para armazenamento. Decorrente disso, pode acontecer de a área não conseguir atender a demanda, ou seja, estocar a quantidade demandada, por conta do volume de peças exceder a capacidade de armazenamento da área, ou a área projetada ser muito maior do que o nível médio de estoque e o aproveitamento do espaço não ser eficiente ou adequado.

2.1.4 Classificações de estoque e o estoque intermediário

Existem diversas maneiras de classificar os estoques, vamos explorar e nos ater mais ao conceito de estoque de intermediário/ de produtos ou materiais em processo, uma vez que é o tipo de estoque presente no espaço físico analisado. De acordo com autores como Francischini e Gurgel (2004) os estoques são classificados em quatro categorias:

Estoques de matérias-primas – são materiais e componentes comprados de fornecedores, armazenados na empresa compradora e que não sofreram nenhum tipo de processamento.

Estoques intermediários/ de produtos ou materiais em processo – referem-se a produtos em processamento, aqueles que ainda não passaram pelas fases finais de acabamento ou não possuem seu formato final. Os estoques intermediários são constituídos de materiais que estão sendo processados ao longo das diversas seções do processo produtivo. Também conhecido como *Work in Process (WIP)*, este tipo de estoque é de materiais que estão passando pelo

processo produtivo, ou em vias de serem processados, ou seja, que estão armazenados entre as diferentes fases do processo produtivo e que sofreram pelo menos um processamento no processo produtivo da empresa e aguardam utilização posterior. A movimentação de estoque intermediário se caracteriza como a entrada ou saída dos produtos em processo de um depósito, ou a transferência entre depósitos.

O estoque intermediário também pode se referir ao material produzido pela produção empurrada e que está nas fases intermediárias do processo, inclusive é esse o caso que o trabalho aborda.

Estoque de produtos auxiliares – produtos de manutenção, peças de reposição, materiais de limpeza, materiais de escritório, etc.

Estoque de produtos acabados – é o estoque que armazena o produto final, o item que já passou por todo processo produtivo. Formados por produtos prontos para comercialização.

2.2 SISTEMA KANBAN

2.2.1 A origem do *Kanban*

O sistema *Kanban* surgiu como uma parte do Sistema Toyota de Produção com o objetivo de controlar o estoque de materiais para não exceder nem faltar produtos, provocando um equilíbrio entre o estoque e a linha de produção. Ele se desenvolveu em forma de cartões para autorizar a produção e movimentação de itens no processo produtivo. Inclusive, Shingo (1996) entende o *Kanban* como a ferramenta de controle que foi criada para maximizar o potencial do sistema Toyota.

De acordo com as necessidades específicas de cada empresa a ferramenta *Kanban* foi evoluindo, adaptando-se para outras formas de utilização, tendo como seu foco principal manter os fluxos de produção em um padrão adequado de organização. Dessa forma, conforme definiram Giansesi e Corrêa (1996), o *Kanban* é utilizado para regular o processo de produção, observando o fluxo de material e a manutenção do estoque em nível pré-definido. No entanto, atualmente o *Kanban* vai além de aplicações em indústria e é utilizado também em equipes de marketing, desenvolvimento de software, prestação de serviços e como uma ferramenta de gestão de tarefas e atividades de modo geral. Vale ressaltar que este estudo se concentra no *Kanban* que é aplicado em contextos industriais/ de fábrica.

2.2.2 O significado de *Kanban* e como ele funciona

Esparrago (1988) define o *Kanban* como um sistema de controle de produção e de suprimentos que utiliza um processo visual para identificar e autorizar a produção ou a movimentação de materiais ao longo do processo. A detecção dos processos é feita por cartões de identificação, mas podendo ser por meios de comandos de voz, bandeiras ou sinais luminosos.

É um termo de origem japonesa que significa “cartão” ou “sinalização”. O seu conceito propõe a utilização de cartões para indicar o andamento dos fluxos de produção em empresas de fabricação em série, cartões estes que são colocados ou retirados à medida que o produto sai ou entra em um determinado processo.

Sendo assim, o *Kanban* é um sistema de gestão visual para controle e gerenciamento de atividades em um fluxo ou processo produtivo por meio da utilização de colunas e cartões, de maneira que as informações sobre as necessidades e o andamento da produção são dispostas num quadro, a fim de regular e coordenar o fluxo de materiais na fábrica. Logo, o *Kanban* é representado por um quadro de sinalização que serve justamente para auxiliar no gerenciamento e controle de fluxos de trabalho, incluindo processos de movimentação ou transportes em uma indústria.

Sabendo-se que a aplicação do *Kanban* pode auxiliar na organização e gerenciamento da movimentação das peças de acordo com uma ordem pré-definida, a sua implementação neste trabalho se mostra pertinente e útil na medida em que se busca uma maneira de organizar e gerenciar a movimentação/retirada de peças de acordo com a ordem de chegada (método PEPS), para que as peças não fiquem em espera no estoque além do tempo devido.

O *Kanban* funciona como um dispositivo sinalizador que autoriza e dá instruções para a produção ou retirada/movimentação de itens em um fluxo de produção, auxiliando na organização e movimentação dos materiais da produção. O *Kanban* pode ser aplicado em quaisquer atividades de movimentação ou estocagem de materiais, seja em aplicações industriais ou comerciais.

Para entender o funcionamento do *Kanban* é necessário conhecer suas três partes principais:

Cartão

O cartão é a menor parte do *Kanban*, podendo se referir a um lote de peças (contêiner de peças), contendo informações do tipo de peça, horário de entrada e quantidade, por exemplo, cuja localização ou fase em que se encontra corresponde à coluna na qual o cartão está posicionado.

Colunas

As colunas representam a fase ou etapa do processo em que o lote de peças, representado pelo cartão, encontra-se, ou seja, refere-se ao status dos cartões. Um *Kanban* geralmente possui três colunas: A Fazer, Em Execução e Feito, mas essas colunas podem mudar de acordo com as peculiaridades de cada processo. Os cartões devem ser movidos entre as colunas conforme seu status ou posicionamento no fluxo for mudando, dando um panorama da localização física onde as peças estão e em qual fase do processo elas se encontram.

Quadro

O quadro nada mais é do que o *Kanban* como um todo, onde é apresentado o fluxo de trabalho e onde são dispostas informações sobre o andamento do processo. Ele está organizado em colunas e cartões, e é neste quadro que os cartões são posicionados e movimentados.

2.2.3 Tipos de *Kanban*

O *Kanban* pode funcionar de duas formas em uma operação de produção: instruir os processos para que fabriquem produtos e instruir manipuladores de materiais a deslocarem os produtos. O primeiro é chamado de *Kanban* de produção (ou *Kanban* de manufatura); o segundo é chamado de *Kanban* de movimentação (ou *Kanban* de requisição ou retirada).

O *Kanban* de produção informa a um processo fluxo acima qual tipo e em que quantidade o produto deve ser produzido para atender a um processo subsequente.

O *Kanban* de retirada autoriza a movimentação das peças em direção ao processo seguinte. Normalmente existem duas formas: *Kanban* interno ou *Kanban* interprocessos (para a retirada de um processo interno) e *Kanban* de fornecedor (para a retirada de um fornecedor externo).

Para a eficácia da proposta do presente trabalho, o cartão *Kanban* de movimentação é o que se enquadra melhor, com a finalidade de controlar a movimentação das peças entre as etapas ou fases de produção de acordo com a ordem certa (PEPS).

Silva e Anastácio (2019) definem esses dois tipos de *Kanban* da seguinte maneira:

Kanban de movimentação: Que autorizam a transferência ou movimentação de um lote determinado de peças, depositados/estocados em uma área específica do processo, de uma estação de trabalho (de alimentação) para a estação de trabalho seguinte (de consumo). Os cartões de requisição ou de movimentação podem ser entendidos como uma requisição de materiais ou como uma autorização para apanhar as peças. Outros nomes usados são: *Kanban* de recebimento, *Kanban* de transporte e *Kanban* de retirada, e etiqueta de movimentação.

Kanban de produção: Especifica o tipo e a quantidade do produto que a estação de trabalho precedente terá que produzir, ou seja, estes cartões autorizam a fabricação de um novo lote de peças ou componentes para repor o que foi consumido. Outro nome que o *Kanban* de produção recebe é *Kanban* de ordem de produção.

O modelo de *Kanban* formulado e aplicado neste trabalho envolve a utilização de cartões de movimentação (ou de transporte).

2.3 LAYOUT DE PRODUÇÃO

2.3.1 Definição de Layout

Stevenson (2001) afirma que o layout é o estudo pelo qual centros de trabalho e de instalações e equipamentos são analisados para a melhor divisão, com evidência especial na circulação otimizada de pessoas, materiais e produtos por meio do sistema.

Segundo Muther (1986), o arranjo físico, ou layout, pode ser definido como o estudo do posicionamento relativo dos recursos produtivos, homens, máquinas e materiais, ou seja, é a combinação dos diversos equipamentos/máquinas, áreas ou atividades funcionais dispostas adequadamente.

Em outras palavras, layout é o que representa e determina a organização básica da fábrica, incluindo a ordem dos processos, a sequência das atividades, a localização de cada posto de trabalho, a disposição dos materiais dentro do espaço e os padrões de fluxo e movimentação de material.

Mudanças de layout não se referem somente à localização física das máquinas de uma planta, mas também a mudança de processos do sistema de produção. O projeto de um layout de produção está associado ao mapeamento de um processo produtivo por meio do qual é possível visualizar e analisar os fluxos e o percurso de transformação que o material faz.

De acordo com Slack (2009), o arranjo físico de uma operação produtiva preocupa-se com o posicionamento físico dos recursos de transformação; ele determina a maneira segundo a qual esses recursos fluem pela operação. E autores como Slack, Chambers e Johnston (2002) colocam, de forma simples, que definir o arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, materiais, equipamentos e pessoal da produção.

Assim, o layout pode ser considerado a forma como os recursos produtivos, homens, máquinas e materiais estão dispostos em uma fábrica, referindo-se ao aproveitamento e ocupação dos espaços, considerando o volume dos objetos, espaços de movimentação e operação, espaços para estocagem, segurança, etc.

2.3.2 Características de um projeto de layout

Segundo Muther (1985), no planejamento de um layout é necessário estar com todos os fatores harmonizados e integralizados (equipamentos, mão de obra, material, áreas de movimentação, estocagem e atividades produtivas), pois são estes fatores que influenciam na elaboração do layout.

Segundo Oliverio (1985), existem seis princípios importantes que devem ser analisados e seguidos para projetar um layout, sendo eles: o princípio da mínima distância (reduzir a distância percorrida); o princípio de obediência ao fluxo de operações (movimento ininterrupto de acordo com a sequência de manufatura); o princípio da flexibilidade (a possibilidade adaptar o arranjo às mudanças); o princípio da integração (a integração entre diversos elementos é necessária para que o arranjo físico seja ótimo); o princípio do uso das três dimensões (a utilizações do espaço no quesito volume); o princípio da satisfação e segurança (proporcionar boas condições de trabalho e minimizar riscos).

Para Nunes (2013), o estudo do arranjo físico tem por objetivo a melhor combinação de material, equipamento e mão de obra no espaço disponível relacionado aos sistemas de produção.

De acordo com Martins e Laugini (2005), para a elaboração do layout, são necessárias informações sobre o produto, o volume e a sequência de operações (o fluxo de produção).

Dessa forma, o desenvolvimento do layout proposto passou pelo levantamento e pela análise desses três pontos, visando obter o melhor aproveitamento e ocupação dos espaços. Foram levados em consideração também os espaços de movimentação e operação e os espaços para estocagem dos produtos em processo.

Para Muther (1986) o primeiro passo a se avaliar é o fluxo de materiais, onde estuda-se a magnitude e a intensidade do fluxo de materiais. Neste trabalho foram determinados e analisados todos os fluxos presentes no setor.

De acordo com Ivanqui (1997), para todo desenvolvimento de layout, busca-se tornar mais eficiente o fluxo de trabalho, quer seja o fluxo dos colaboradores ou de materiais. Então, verifica-se que ao se projetar um layout, o propósito é organizar os fluxos de fabricação ou de tramitação de processos; racionalizar a disposição física dos postos de trabalho, aproveitando todo o espaço útil disponível e minimizar a movimentação de pessoas, produtos e materiais ao longo do processo de produção.

2.3.3 Metodologia *SLP* (*Systematic Layout Planning*)

Este trabalho se baseou na metodologia *SLP* para desenvolver o projeto de rearranjo de layout, de modo que foram seguidas as etapas e aplicadas as ferramentas propostas por Muther. Com isso, buscou-se identificar os problemas de fluxos presentes no setor analisado e de organização física das áreas/departamentos.

Assim, apesar de formulada há bastante tempo por Muther, essa metodologia se mostrou útil no desenvolvimento deste projeto de rearranjo de layout.

Segundo Muther (1978), quem elaborou o *SLP*, essa metodologia é composta por uma estruturação de quatro fases, que representa o nível de detalhamento que se deve adotar no projeto do arranjo físico da produção:

Fase I: Localização. Nesta fase deve-se determinar a área geográfica a ser utilizada para o planejamento das instalações do novo layout;

Fase II: Arranjo físico geral. Representa a organização geral entre as diversas áreas. Nesta fase são definidos os fluxos e as inter-relações entre as áreas, resultando no que se chama de arranjo de blocos;

- Fase III: Arranjo físico detalhado. No planejamento detalhado é estabelecida a localização relativa das máquinas e equipamentos, assim como toda a infraestrutura física necessária para a produção do produto;

- Fase IV: Implantação. Esta é a fase na qual se executa o que foi planejado anteriormente. De maneira concreta, faz-se aqui a movimentação de maquinário, equipamentos e recursos para a instalação da operação.

Embora todas as fases estejam interligadas, por se tratar de um reprojeto de layout existente, que possui necessidades mais específicas de melhorias, o escopo deste projeto não segue estritamente as quatro fases. A fase “arranjo físico detalhado”, por exemplo, não foi explorada neste projeto, pois não se julgou necessário para chegar aos resultados e objetivos propostos.

Conforme apresentado por Muther (1973), o modelo de procedimentos do *SLP* pressupõe que o projeto de um arranjo físico deve estar apoiado em três conceitos fundamentais:

- a) Inter-relações – grau relativo de dependência ou proximidade entre as atividades;
- b) Espaço – quantidade, tipo e forma ou configuração dos itens a serem posicionados;
- c) Ajuste – arranjo das áreas e equipamentos da melhor maneira possível.

Muther afirma (1978) que a análise das informações sobre produto, quantidade, roteiro (fluxo de produção), serviços de suporte e tempo são os dados preliminares básicos para o desenvolvimento de um projeto de arranjo físico. Essas informações serão apresentadas no início da seção de resultados e discussões.

Além do mais, no projeto de rearranjo de layout desenvolvido neste trabalho, o fluxo de materiais representa o fator predominante para o arranjo físico, de modo que uma das propostas é planejar um arranjo que favoreça ou otimize os processos de movimentação de material, diminuindo as os deslocamentos dos operários no transporte de materiais.

2.3.4 Vantagens e importância de um layout adequado

É um ponto em comum o entendimento do importante papel que o layout de um sistema produtivo tem sobre os resultados da organização, impactando de forma direta na qualidade dos processos e fluxos de produção. Um layout bem projetado pode gerar resultados consideráveis na redução de custos de operação e no aumento da produtividade e eficiência de um processo produtivo. Isso porque facilita as entradas e saídas de materiais, melhora o fluxo de trabalho, auxilia no gerenciamento visual e na supervisão dos processos, ao mesmo tempo em que gera um ambiente de trabalho agradável e seguro.

Assim, o layout da produção deve ser bem elaborado para otimizar o processo produtivo e evitar qualquer tipo de desperdício material, mão de obra ou equipamentos ociosos, pois isso tudo representa prejuízo direto no processo produtivo.

Segundo Oliveira *et al.* (2017), a melhoria no arranjo físico pode proporcionar o aumento da eficiência das operações. Estudos evidenciam que um arranjo físico inadequado

pode levar a padrões de fluxo longos e confusos, além de tornar mais suscetível os problemas ligados à gestão de movimentações de estoque. Sendo assim, de acordo com Rocha *et al.* (2011), o correto dimensionamento dos fatores diretos e indiretos de produção são essenciais para a melhor disposição dos processos produtivos

Desse modo, é de extrema importância, afirma Soares *et al.* (2011), realizar estudos e análises que verifiquem se o layout está adequado aos processos e fluxos de produção, pois a reestruturação adequada de uma planta fabril gera impacto positivo no desempenho do processo produtivo.

2.4 LEAN MANUFACTURING E GESTÃO À VISTA

O *Lean Manufacturing*, ou manufatura enxuta, teve seu início na Toyota Motor Company, no Japão, ao final da década de 1940, com o objetivo de aperfeiçoar o processo produtivo, eliminando as perdas e desperdícios. Conforme definem autores como Hino (2009) e Ohno (2006), o *Lean* se trata de uma filosofia de gestão que busca a eficiência operacional com a eliminação de desperdícios e redução de custos, por meio de uma nova racionalização das atividades e otimização dos processos produtivos.

Por isso o *Lean Manufacturing* atualmente vem sendo adotado por muitas empresas em seu ambiente produtivo, pois sua filosofia é voltada para a redução de desperdícios e aumento da qualidade e eficiência na produção. Shingo (1996) e Ohno (1997), na Toyota, identificaram sete principais formas de desperdícios.

Como define Mann (2010), o *Lean* pode ser entendido como um sistema de melhorias que agrega qualidade aos fluxos de trabalho, por meio da implementação de princípios enxutos e do gerenciamento visual para melhorar as métricas do local de trabalho. Sendo assim, o sistema de gestão à vista é uma das principais estratégias presentes na metodologia de gestão *Lean Manufacturing*.

De acordo com Krafcik (1988), uma produção enxuta segue a estratégia de buscar formas de diminuir gastos e alocação de recursos sempre que possível sem interferir na qualidade do produto final.

Encontrou-se na filosofia denominada *Lean Manufacturing* a especificação de uma ferramenta, gestão à vista, que propõe, segundo Lins e Holanda (2011) a visualização do status das atividades em andamento, por parte dos gestores e dos colaboradores, permitindo acompanhamento da produção e tomadas de ações, quando necessárias.

Gestão à vista, conforme caracteriza Galsworth (2005), é um sistema que usa uma abordagem enxuta para implementar a gestão visual no local de trabalho. Schultz (2017) afirma que, por meio do método gestão à vista, informações relacionadas a um setor são liberadas e comunicadas visualmente aos funcionários; esta forma de organização de dados permite que todos os envolvidos tenham ciência de todas as etapas de determinado processo, facilitando o planejamento e tomada de decisões.

Falconi (2013) aponta que os principais itens de controle devem ser expostos em local apropriado de tal forma que sejam de fácil acesso a toda a sua equipe (gerentes, assessores, supervisores e operadores). Por meio do sistema de gestão à vista, os dados e informações são dispostos de tal forma que não seja necessário esforço de interpretação do leitor, ainda segundo o autor, a verdadeira gestão à vista, basta apenas olhar para entender.

O *Kanban* é uma ferramenta por meio da qual se faz gestão à vista. A utilização de quadro *Kanban* é uma forma de aplicar o conceito de gestão à vista. Contudo, Soares, Silva e Schiavon (2017) citaram a carência de ferramentas como o *Kanban* nos processos de gestão à vista e salientou o potencial dessa ferramenta em gerar excelentes resultados, mesmo quando implementadas em empresas com pouca ou nenhuma cultura de produção enxuta (como é o caso da empresa analisada neste trabalho), desde que exista comprometimento da alta direção, foco dos colaboradores e conhecimento tácito agregado ao conhecimento empírico.

3 MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Essa pesquisa foi realizada na fábrica de louças sanitárias, a Louças Sanitárias Brasil (nome fictício), localizada no sudeste do país, mais especificamente no setor de inspeção, destinado a inspecionar (ou reparar) as peças e dispô-las na forma de estoque para seguir para a etapa subsequente. De forma mais detalhada, a função desta etapa do processo produtivo é receber e inspecionar as peças provenientes do secador (etapa anterior), separá-las e organizá-las na área de acordo com a sua classificação (conforme ou não conforme), fazer o reparo das peças classificadas como “defeituosa” e realizar a estocagem das peças conformes, que são retiradas pela etapa subsequente – da esmaltação.

Essas peças se referem a produtos que estão ainda em fase de produção, de modo que foi usado frequentemente neste trabalho o termo “produtos em processo” para designar tais peças. A fábrica produz bacias sanitárias, caixas, colunas, lavatórios e acessórios; no entanto somente a bacia passa por essa etapa do processo produtivo.

A empresa Louças Sanitárias Brasil existe há mais de três décadas, possui em torno de 500 funcionários e já está consolidada no mercado brasileiro, configurando-se como uma das maiores fabricantes de louças sanitárias do país. A fábrica apresenta processos de produção em massa e o sistema produtivo é empurrado. Outras características relacionadas aos processos e sistemas produtivos da fábrica são:

- Produção de bens em alto volume e baixa variedade;
- Atividades repetitivas e amplamente previsíveis;
- Fluxo de processo contínuo;
- Processos altamente padronizados;
- Há bastante utilização de equipamentos de movimentação (sendo o carro de transporte o principal).

O estudo foi direcionado ao layout e à maneira como está organizado este fluxo do processo produtivo. A partir da observação em campo, a pesquisa consistiu em avaliar e analisar criticamente o arranjo físico do setor e os processos de movimentação e estocagem das peças, com base no entendimento e aplicação dos conceitos contemplados neste estudo.

As diversas coletas de dados ocorreram em períodos diferentes. Os dados relativos aos fluxos de entrada e saída dos carros/peças de cada processo, ou área, (apresentadas na tabela D1) foram coletados ao longo do mês de novembro/2021, diariamente, do dia primeiro ao dia

30, a fim de determinar as taxas de entrada e de saída de cada área, em média, por dia, ou seja, o volume de peças em média que passa por cada área por dia

Em relação às entradas e saídas da área 3, os dados foram coletados em períodos de 12h em 12h, diferentemente dos outros fluxos. Isso é explicado pelo fato de que somente em dois períodos do dia há saída de peças da área 3, ou seja, de 12 em 12 horas, em períodos específicos do dia e com duração de uma hora cada.

Já em relação às peças que deixam o secador e são dispostas na área 1, os dados foram coletados em intervalos de tempo de 4 horas.

Em seguida, a partir dos dados da tabela D1 do Apêndice D, foi determinado o número médio de viagens (de transporte de material, seja do carrinho contendo as peças ou da própria peça) realizadas por dia entre as áreas. Esses valores foram apresentados na figura A1 do Apêndice A indicando a intensidade de fluxo entre cada par de área, os quais serão utilizados para a geração da carta “De-para”, da carta de inter-relações e dos diagramas de inter-relações.

E, por fim, foram coletados também dados acerca dos volumes máximos em estoque que cada área registrou ao longo de um ano. Os valores representam o volume máximo em estoque por área registrado em cada mês do ano de 2021. Foi com base nesses dados que foi determinado o tamanho (capacidade de armazenamento) de cada área no layout proposto. Foi necessário consultar o histórico da empresa em que estão registrados esses dados para a obtenção deles.

O método de coleta de dados empregado para conhecimento das variáveis, que são a forma como funciona e está organizado o fluxo de produção e também o arranjo físico do setor, se baseia nas percepções adquiridas pela observação empírica realizada em campo. Assim, foram observadas todas as etapas, movimentações e atividades deste fluxo de trabalho, sendo definidos padrões de fluxo e de posicionamento das peças em produção, bem como a sequência das atividades/operações. Com o auxílio e participação de alguns colaboradores que trabalham no setor, foram discutidos e analisados em conjunto os pontos pertinentes que cada um observou e percebeu, de modo que foi possível obter uma visão coerente e realista acerca de como efetivamente funcionam os fluxos e processos.

A partir disso, foram desenvolvidos fluxogramas de processos para representar este fluxo produtivo, indicando a sequência das atividades, passo a passo, do processo, e foram elaborados macros-fluxogramas, a fim de apresentar uma visão macro/global de todo o processo por onde se passa o produto nesta unidade fabril.

Além disso, foram gerados mapofluxogramas (representando o cenário real atual e representando o modelo de adequação proposto), com o intuito de representar a movimentação

física das peças dentro do processo produtivo, seguindo a sequência demonstrada no fluxograma. Esse trajeto que a peça segue é desenhado por meio de linhas gráficas com indicação de sentido de movimento sobre a planta baixa do layout em questão (ou seja, é o fluxo de produção aplicado sobre o desenho do layout). A utilização do mapofluxograma se mostrou adequada por se tratar de processos que demandam muita movimentação de materiais e necessitam da estocagem de produtos.

Foi necessário também, para o estudo de layout, realizar a coleta das dimensões das áreas, dos equipamentos, materiais e recursos de produção dispostos no arranjo físico, e dos carros (que transportam as peças) que transitam pela área. O instrumento de medição utilizado para a medição do espaço físico foi uma trena de 10 metros. Com todos os dados e medidas necessários em mãos, foi desenhado o layout atual do setor analisado sob diversos pontos de vista, gerando, assim, as plantas de layout. Essas representações foram obtidas do software AutoCad e serão exibidas na seção de resultados e discussões. Essa etapa é importante pois permite visualizar onde se encontram os recursos fisicamente dispostos e o espaço que ocupam, além de identificar como estão distribuídas as áreas de estocagem e de operação.

Ainda dentro das análises realizadas acerca do layout, foi utilizado um cronômetro para determinar as taxas de entrada e saída de cada área e, a partir dos dados coletados, foi determinado o volume de peças que passa por cada área.

Sendo assim, seguindo os procedimentos e as etapas/fases do *SLP (Systematic Layout Planning)*, metodologia adotada para nortear e fundamentar este projeto de layout, os resultados obtidos de toda a análise realizada acerca do layout serão apresentados conforme a seguinte ordem/estrutura:

1ª passo (localização) – Essa fase consiste em mostrar a localização do setor cujo layout será analisado e como estão dispostos os outros setores na fábrica como um todo.

2º passo (arranjo físico geral) – Nessa fase são apresentados os dados preliminares (dados de entrada) básicos para o desenvolvimento do projeto de layout, além de identificadas todas as atividades, ou áreas, incluídas no arranjo. A análise e determinação dos espaços, a posição relativa e a intensidade de fluxo entre as áreas do setor analisado também aparecem nesta fase. Além disso, aqui são apresentadas figuras e ferramentas demonstrando o fluxo de materiais, as inter-relações entre as áreas, o diagrama de inter-relações de espaços e o espaço necessário para cada área.

3º passo (o layout proposto) – Nessa fase são demonstradas as adequações/modificações realizadas no layout proposto, e, por fim, feitas todas as análises acerca do espaço físico a ser transformado, é apresentada a proposta de adequação do layout do setor de inspeção.

Após isso, a fim de comparar o layout atual em relação ao proposto, verificando e avaliando qual layout apresenta maior eficiência em termos de fluxo de material, foi calculado, para cada layout, o deslocamento total de material ao longo do processo e discutidos os resultados.

Em seguida, uma vez readequado o layout, com base no mapeamento feito sobre a sequência das atividades e dos processos do setor em questão, foram projetados os quadros *Kanban* de acordo com o fluxo de produção (aplicado sobre o layout proposto), levando em consideração o andamento dos carros por ele, de modo a refletir, ou representar, as movimentações que ocorrem no chão de fábrica. O funcionamento e o layout dos dois *Kanban* foram também apresentados, assim como o layout do espaço físico onde ele seria aplicado.

3.2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Identificou-se que a abordagem desta pesquisa é do tipo “pesquisa-ação”, por ter sido concebida de forma empírica e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema, no qual, como dizem Silva e Menezes (2001), os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Segundo Bryman (1989), a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa aplicada em que pesquisador coopera no desenvolvimento de um diagnóstico e na solução de um problema, de modo que as descobertas feitas possam contribuir para a base de conhecimento em um domínio empírico particular.

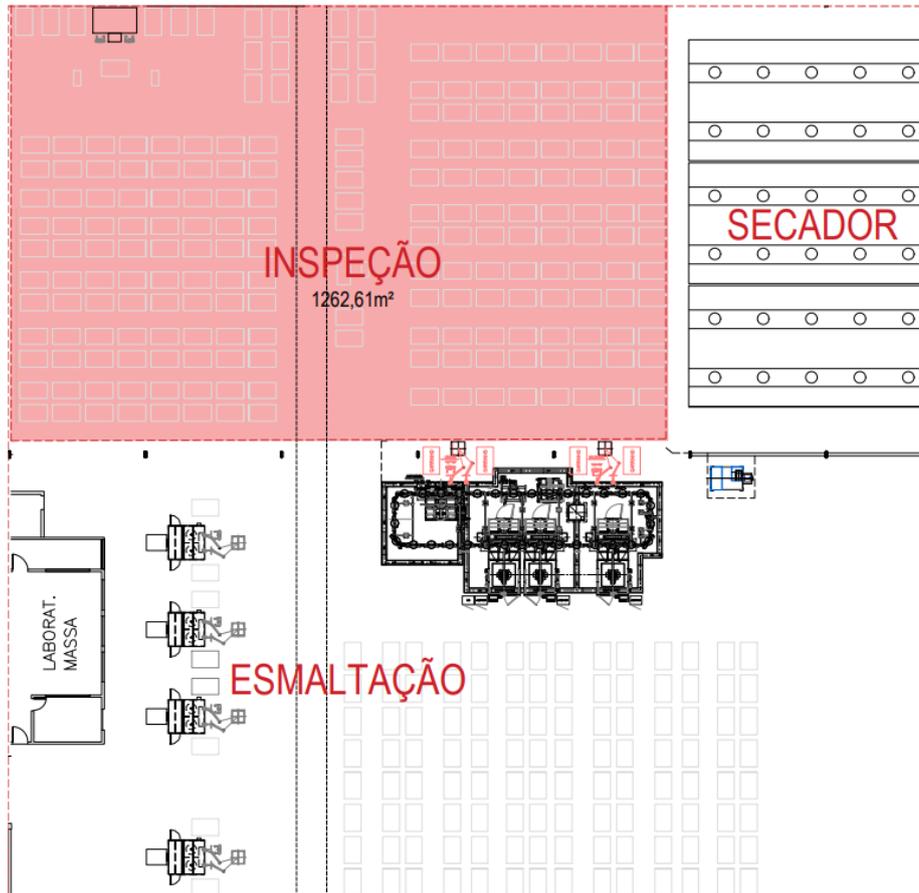
Sendo assim, este trabalho se encaixa nesta classificação por explorar uma situação-problema e criar soluções com a intenção de implantá-las.

Além disso, o trabalho propõe a realização de uma pesquisa que pode ser classificada como qualitativa e que pode ser considerada de natureza exploratória. Trata-se de uma pesquisa qualitativa pois, conforme afirmam Silva e Menezes (2001), o pesquisador é o seu instrumento-chave. Segundo as autoras, a interpretação de fenômenos é baseada em interpretações realizadas a partir da percepção do pesquisador, durante a aplicação prática, em ambiente natural.

Berbel (1998) descreve que essa metodologia tem como base a observação dos fatos sob diversos ângulos, que permite ao pesquisador a extração e a identificação dos problemas existentes. Ela afirma que quando os pesquisadores problematizam a realidade em que estão inseridas, eles identificam situações-problema concretas, as quais possibilitam a construção de novas maneiras de pensar. Assim, podem observar os problemas na realidade e trazer de volta para a mesma realidade uma resposta de seus estudos e análises, de maneira a aplicar seus conhecimentos adquiridos na solução dos problemas identificados.

O autor Vasconcellos (1999) ressalta também que uma das características principais desta metodologia é a busca da solução para os problemas detectados, possibilitando o desenvolvimento do raciocínio crítico e reflexivo dos envolvidos no processo.

No processo de aplicação, o autor deste trabalho atuou como pesquisador e como o responsável por orientar os colaboradores do setor sobre como realizar a coleta/o registro de dados, porém ele também observou e verificou em campo as questões que foram discutidas/apresentadas aqui. O pesquisador trabalhava na empresa e tinha acesso livre a todos os setores, fator que permitiu o desenvolvimento do trabalho.

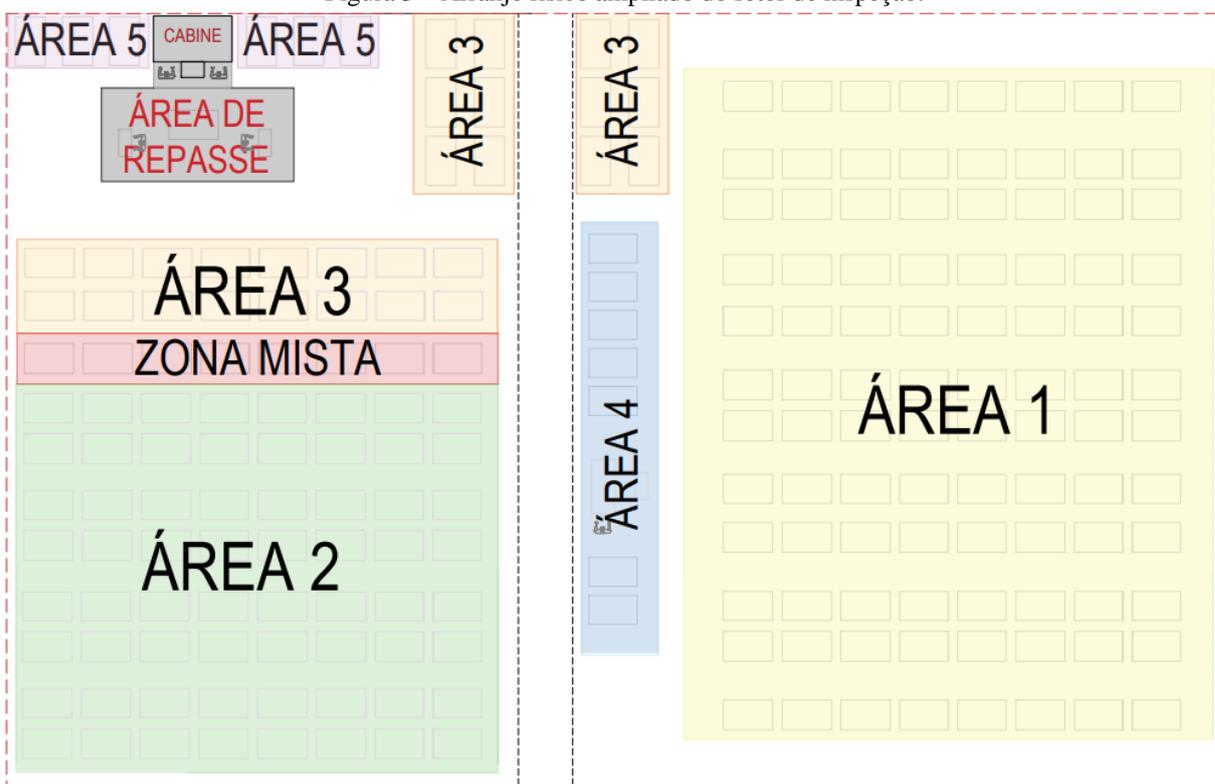


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2 Arranjo físico geral

Antes de seguir para os procedimentos do *SLP*, é apresentada a planta do layout do setor analisado (figura 3), mostrando como as áreas estão geograficamente relacionadas entre si, ou seja, representando a posição relativa (a organização geral) entre as áreas.

Figura 3 – Arranjo físico ampliado do setor de inspeção.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segue a legenda para a identificação das áreas distribuídas no espaço físico:

- (ÁREA 1) ÁREA DE CARROS SAINDO DO SECADOR
- (ÁREA 2) ÁREA DE ESTOQUE DE PEÇAS CONFORMES
- (ÁREA 3) ÁREA DE PEÇAS DEFEITUOSAS
- (ÁREA 4) ÁREA DE INSPEÇÃO
- (ÁREA 5) ÁREA DE PEÇAS REFUGADAS
- ÁREA DE REPASSE

- ZONA MISTA: Essa área pode servir para armazenar tanto peças conformes quanto peças defeituosas, ou seja, ela pode “integrar” tanto a área 2 quanto a área 3, de modo que quando não há espaço na área 3 (quando toda a sua capacidade de armazenamento é usada) para a demanda de carros que chegam, essa área é utilizada para estocar os carros contendo peças defeituosas. Inclusive ocorre de os dois tipos de peça serem colocados juntos nessa área, misturando-se. Este é um dos problemas de falta de padronização que este trabalho busca eliminar.

4.1.2.1 Dados de entrada

Para o desenvolvimento do layout proposto, foi necessário levantar informações sobre o produto (o objeto que está em processamento), o volume de produção (quantidade de peças que entram/passam pelo processo em um período de tempo), a sequência de operações (o fluxo de produção do setor estudado), os tempos envolvidos na produção (que indicam o limite, a frequência ou a duração das atividades) e os serviços de suporte.

Produto

O produto que passa por essa parte do processo produtivo cujo layout está sendo estudado é a bacia sanitária (comumente conhecido como “vaso sanitário”). Existem quatro modelos diferentes de bacia que são produzidos nesta fábrica, cada qual com o seu código específico, e todos eles, necessariamente, passam por essa etapa do processo de produção. Vale ressaltar que as dimensões de cada modelo de peça não fazem diferença no presente estudo em termos de ocupação de espaço, por isso essas informações não são especificadas. As peças são:

- Bacia Amazonas (nome fictício), código “18353”;
- Bacia Bahia (nome fictício), código “18303”;
- Bacia Pernambuco (nome fictício), código “09355”;
- Bacia Minas (nome fictício), código “50355”.

Volume de produção

O volume de peças que passa pelo setor é de 3456 unidades (ou 192 carros) por dia, pois é essa a quantidade de peças que, de forma constante e invariável, entra no setor por dia (provenientes do secador) - sendo essa a sua capacidade máxima de produção. Porém, o volume por modelo de peça varia conforme a programação da produção do dia, baseada na carteira de pedidos. Sendo assim, foi feita uma média do mês de novembro de 2021 para determinar o volume médio de produção de cada modelo de peça por dia:

Bacia Minas – 16 carros (288 peças)
Bacia Bahia – 40 carros (720 peças)
Bacia Pernambuco – 24 carros (432 peças)
Bacia Amazonas – 112 carros (2016 peças)
Total de peças por dia – 192 carros (3456 peças)

Entretanto, dessas 3456 peças, 3228 peças em média por dia são efetivamente “produzidas”, ou seja, seguem adiante no processo produtivo, pois o restante são perdas.

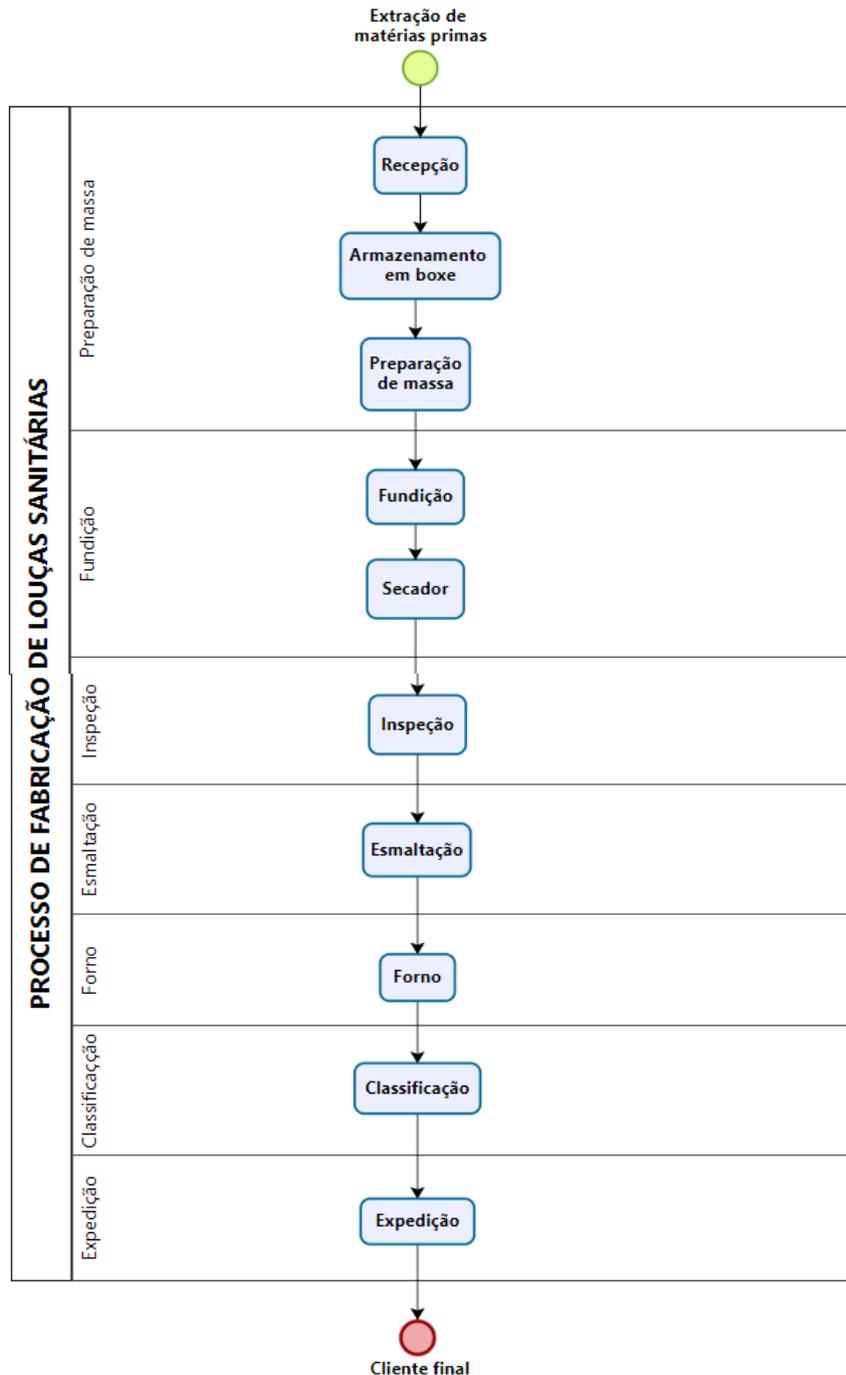
Fluxo de produção

O projeto de um layout de produção está associado ao mapeamento de um processo produtivo por meio do qual é possível visualizar e analisar os fluxos e o percurso ao longo do processo que o produto faz. Sendo assim, Gerlach (2013) afirma que antes de se aplicar melhorias de layout, deve-se conhecer o processo produtivo, por isso foram utilizadas ferramentas que permitem visualizar e entender as etapas do processo e a sequência das atividades/operações.

Dessa forma, nessa parte são mostrados macro fluxogramas, a fim de apresentar uma visão macro/global de todo o processo de fabricação de louças sanitárias, e fluxogramas representando os processos, atividades e operações do setor de inspeção, foco deste estudo.

Segue o diagrama de processo (figura 4) representando o macroprocesso da fábrica:

Figura 4 – Diagrama de processo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Descrição do macroprocesso: o processo de fabricação de louças sanitárias começa pela extração de matérias primas nas jazidas, que seguem para a fábrica onde são armazenadas em boxes (no estoque de matéria prima). Em seguida, a partir das matérias primas é preparada a massa, a qual é usada na fundição para dar forma às peças. Uma vez gerada a peça por meio da fundição, ela segue para o secador para perder um pouco de umidade. Após o período de secagem, as peças são inspecionadas para então seguirem para a esmaltação, onde é aplicado o esmalte sobre a sua superfície. Depois de esmalta, a peça segue para o processo de queima

nos fornos, onde adquire suas propriedades finais. Saindo do forno, as peças são classificadas e, em seguida, são encaminhadas para a expedição para posterior entrega aos clientes.

O macro fluxograma a seguir (figura 5) é um fluxograma vertical, no qual a parte destacada na cor azul é, em seguida, ampliada para um maior detalhamento.

Figura 5 – Fluxograma vertical.

Fluxograma vertical

Símbolos	●	Transformação
	➔	Transporte
	■	Inspeção
	⦿	Espera
	▼	Armazenamento

Processo: Atual Proposta

Processo: Fabricação de louças sanitárias

Data: 31/01/2022

Ordem	Símbolos					Setor	Descrição
1	○	➔	□	⦿	▼	Preparação de Massa	Recepção de matérias primas
2	○	➔	□	⦿	▼	Preparação de Massa	Estoque de matérias primas
3	○	➔	■	⦿	▼	Preparação de Massa	Inspeção de matérias primas
4	○	➔	□	⦿	▼	Preparação de Massa	Transporte de matéria prima para a preparação de massa
5	●	➔	□	⦿	▼	Preparação de Massa	Preparação de massa
6	●	➔	□	⦿	▼	Fundição	Fundição
7	●	➔	□	⦿	▼	Fundição	Secador
8	○	➔	■	⦿	▼	Inspeção	Inspeção das peças
9	●	➔	□	⦿	▼	Inspeção	Reparo das peças defeituosas, transporte das peças boas para a estocagem e descarte das peças refugadas
10	○	➔	□	⦿	▼	Inspeção	Estocagem das peças na área de carregamento para a esmaltação
11	○	➔	□	⦿	▼	Inspeção	Transporte das peças para a esmaltação
12	●	➔	□	⦿	▼	Esmaltação	Esmaltação
13	○	➔	□	⦿	▼	Esmaltação	Estocagem das peças na área de carregamento para o forno
14	○	➔	□	⦿	▼	Forno	Transporte das peças para o forno
15	●	➔	□	⦿	▼	Forno	Enfornamento
16	●	➔	□	⦿	▼	Classificação	Classificação
17	○	➔	□	⦿	▼	Expedição	Carregamento do produto acabado para a estocagem
18	○	➔	□	⦿	▼	Expedição	Estoque do produto
19	○	➔	□	⦿	▼	Expedição	Saída do produto da expedição para o cliente final

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme dito, a partir do fluxograma representado na figura 5, foi obtido um fluxograma vertical ampliado (figura 6), desmembrando e detalhando as etapas destacadas no fluxograma da figura 5. A parte azul destacada no fluxograma vertical ampliado representa todas as operações e atividades inerentes ao setor de inspeção, foco deste trabalho:

Figura 6 – Fluxograma vertical ampliado.

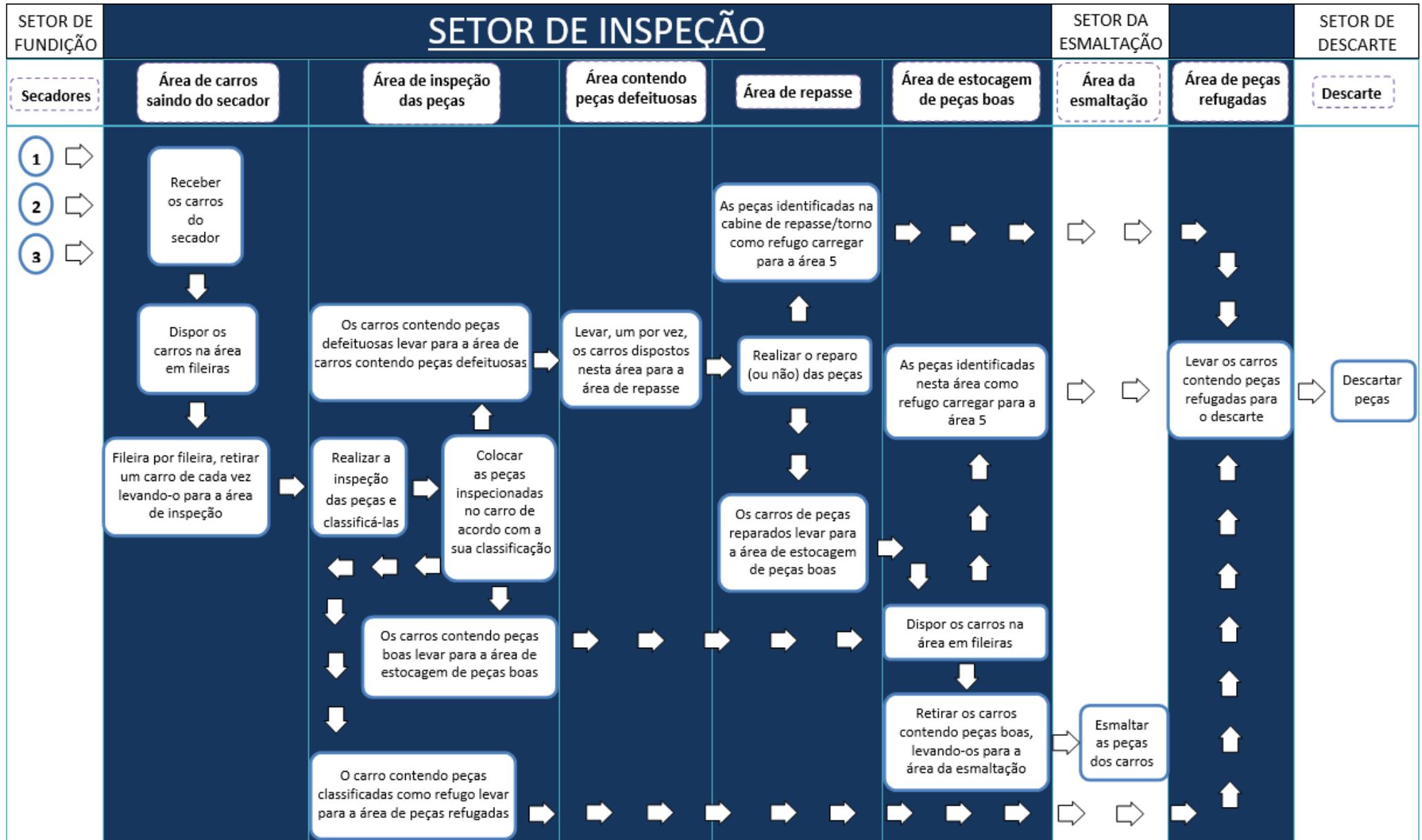
Fluxograma vertical

Símbolos	●	Transformação			Processo: Atual <input checked="" type="checkbox"/>	Proposta <input type="checkbox"/>	
	➡	Transporte			Processo: <u>Fabricação de louças sanitárias</u>		
	■	Inspeção			Data: <u>31/01/2022</u>		
	⏸	Espera					
	▼	Armazenamento					
Ordem	Símbolos					Setor	Descrição
1	●	➡	□	⏸	▼	Fundição	As peças passam por um período de secagem dentro dos secadores
2	○	➡	□	⏸	▼	Inspeção	As peças deixam os secadores e são dispostas na área 1
3	○	➡	□	⏸	▼	Inspeção	As peças são transportadas da área 1 para a área 4 (de inspeção)
4	○	➡	■	⏸	▼	Inspeção	As peças são inspecionadas na área 4
5	○	➡	□	⏸	▼	Inspeção	As peças seguem da área 4 para a área 2 (de peças boas), área 3 (de peças defeituosas) ou área 5 (de peças refugadas) de acordo com sua classificação
6	○	➡	□	⏸	▼	Inspeção	As peças da área 3 são encaminhadas para a área de repasse
7	●	➡	□	⏸	▼	Inspeção	Na área de repasse as peças são reparadas ou identificadas como refugo
8	○	➡	□	⏸	▼	Inspeção	Caso a peça seja identificada na área de repasse como refugo, ela é carregada para a área 5
9	○	➡	□	⏸	▼	Inspeção	As peças que são reparadas seguem da área de repasse para a área 2
10	○	➡	□	⏸	▼	Inspeção	As peças que chegam na área 2 (sejam elas provenientes da área 4 ou da área de repasse) são dispostas na forma de estoque intermediário
11	○	➡	□	⏸	▼	Inspeção	Caso alguma peça seja identificada na área 2 como refugo, ela é carregada para a área 5
12	○	➡	□	⏸	▼	Inspeção	As peças deixam a área 2 sendo transportadas para a esmaltação
13	○	➡	□	⏸	▼	Inspeção	As peças refugadas, acumuladas na área 5, são retiradas e levadas para o descarte
14	●	➡	□	⏸	▼	Esmaltação	As peças provenientes da área 2 são esmaltadas

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir, tem-se um fluxograma funcional (figura 7) descrevendo a sequência das operações e explicando cada uma delas, com as colunas indicando onde cada uma delas é realizada. As colunas de cor azul representam o setor de inspeção, que é justamente o qual estamos explorando neste trabalho. As colunas em branco se referem a setores que não fazem parte do escopo deste trabalho.

Figura 7 - Fluxograma funcional.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme demonstrado nos fluxogramas, o processo então se inicia com o recebimento dos carros (carregados de peças) que saem/chegam do secador, os quais são organizados em fileiras na área 1, logo essas peças são levadas para a área 4, onde são inspecionadas. As peças conformes são movimentadas para a área 2 e depois mantidas em estoque até que sejam requisitadas pelo posto de trabalho seguinte (esmaltação). Por sua vez, as peças que apresentam algum tipo de defeito são separadas pelo inspetor e carregadas para a área 3, logo seguem para a área de repasse, onde são reparadas e, em seguida, levadas para a área de 2. E, por fim, as peças refugadas, que podem ser identificadas tanto no processo de inspeção, quanto na área de repasse, quanto na área 2, são levadas para a área 5, as quais logo são carregadas para a área de descarte para posterior descarte.

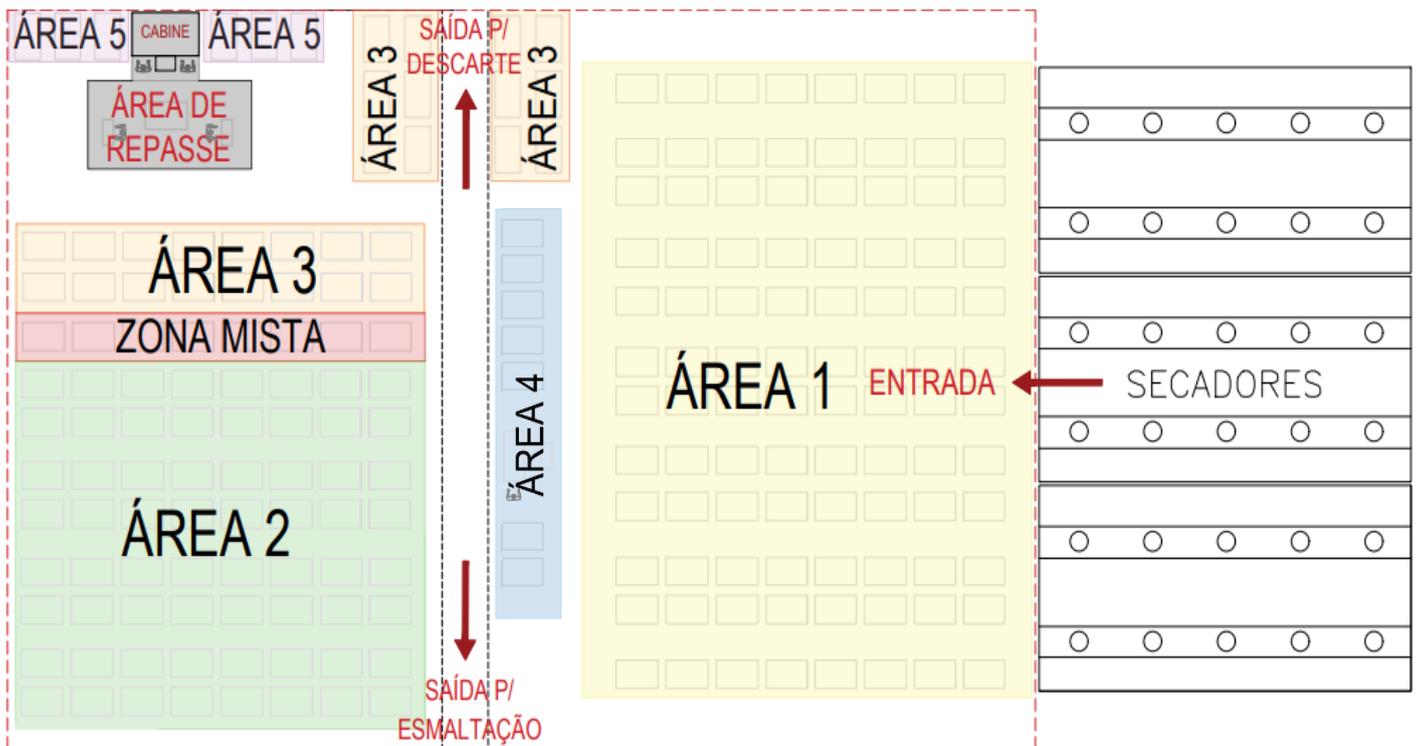
Dessa maneira, analisando o setor como um todo, como sendo um “processo” só, verifica-se que há uma entrada e duas possíveis saídas. A entrada corresponde às peças que saem do secador (dispostas na área 1) e as saídas correspondem às peças que saem da área 2 com destino à esmaltação (etapa seguinte) e às peças refugadas que são armazenadas na área 5 para posterior descarte. A figura a seguir (figura 8) mostra a forma como estão dispostas as áreas no setor analisado e as setas indicando as suas entradas e saídas.

Vale observar que as peças classificadas como refugo na inspeção, as quais seguem para a área 5, se deve ao fato de saem do secador com problema de racho decorrente do processo de secagem. É possível também ocorrer de ser detectado algum problema na peça mesmo ela já estando na área de estoque de peças conformes (isto é, mesmo ela já tendo sido inspecionada ou reparada) e essa peça ser classificada como refugo.

Tempos envolvidos na produção

Sobre os tempos das atividades, são dois turnos de 12 horas cada, o primeiro trabalha das 06h às 18h e o segundo das 18h às 06h, sendo 11 horas de trabalho por turno e 1 uma hora para intervalo. As paradas para intervalo acontecem nos períodos de 12h as 13h para o primeiro turno e de 00h a 1h para o segundo. Isso para todos os trabalhadores de todas as áreas do setor. Sendo assim, nesses horários de intervalo não há operação ou movimentação nenhuma. Portanto, são 22 horas de trabalho para todas as atividades em todas as áreas do setor. A operação de reparo das peças, realizada na área de repasse, é feita diariamente em dois períodos fixos, das 9h às 10h, e das 21h às 22h. Sendo assim, só há saída de carros da área 3, ou seja, só há movimentação/operação na área de repasse, nesses dois períodos.

Figura 8 – Arranjo físico do setor com entradas e saídas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante destacar que normalmente todos os dias, durante uma a duas horas aproximadamente (em horários picotados e imprevisíveis), ocorre a falta de ar comprimido usado na esmaltação, o que força a produção neste setor a parar. Com isso, nesses momentos não há saída/consumo de peças estocadas na área 2 (pois é justamente a etapa da esmaltação que consome/retira as peças desta área).

Serviços de suporte

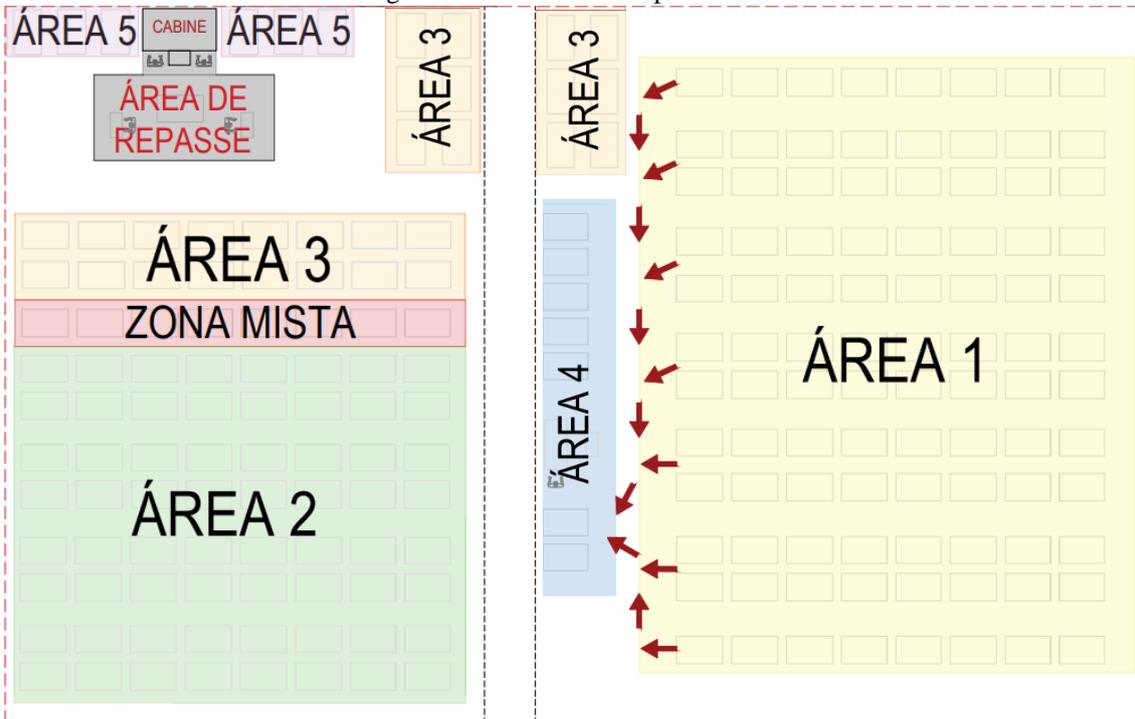
Quanto aos equipamentos e ferramentas de suporte, o espaço conta com uma bancada, uma cabine e três tornos, que são usados como suporte para as operações de inspeção e de reparo das peças.

4.1.2.2 Fluxo de materiais ou atividades

Uma vez que a quantidade de peças que fluem pelo setor é consideravelmente grande, a movimentação dos materiais é a parte mais importante deste processo/setor analisado. Sendo assim, a carta de inter-relação de atividades (De - para), o diagrama de inter-relações de atividades e o diagrama de inter-relações de espaços é feito diretamente a partir do fluxo de materiais.

Nesta fase, são geradas as figuras de 9 a 18 para representar o fluxo de materiais entre as áreas do setor em questão. Os fluxos estão organizados na ordem certa de modo a demonstrar sequencialmente o fluxo de material ao longo do processo produtivo.

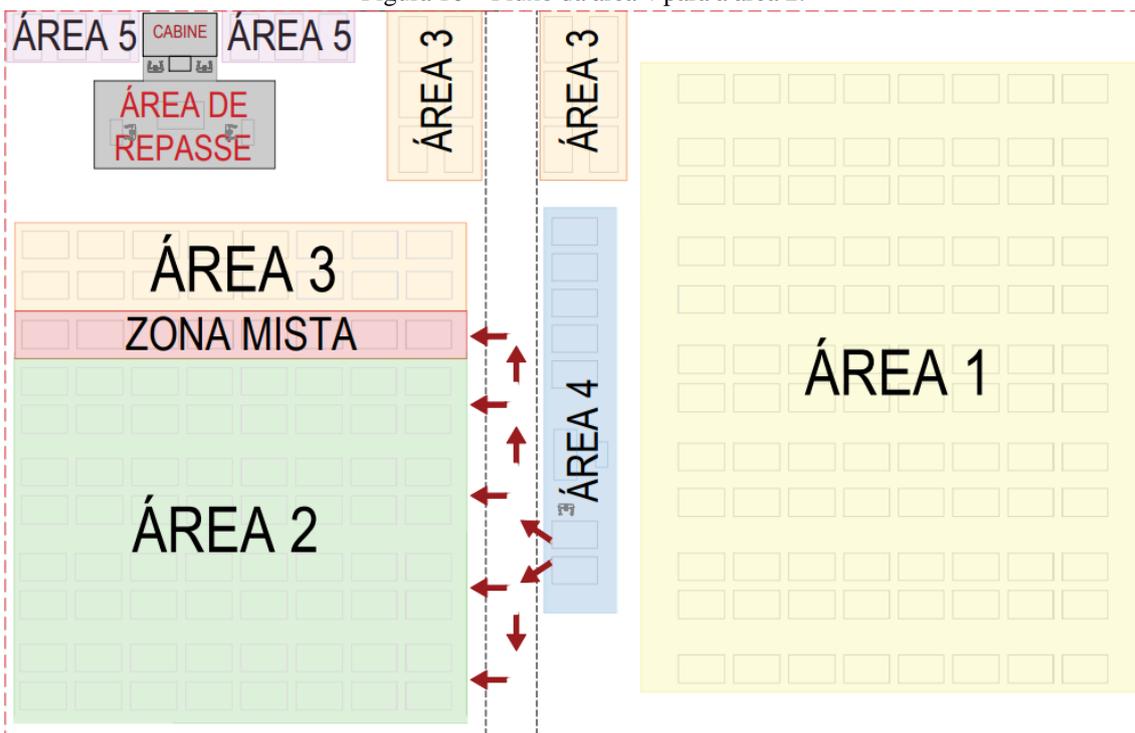
Figura 9 – Fluxo da área 1 para a área 4.



Fonte: Elaborado pelo autor.

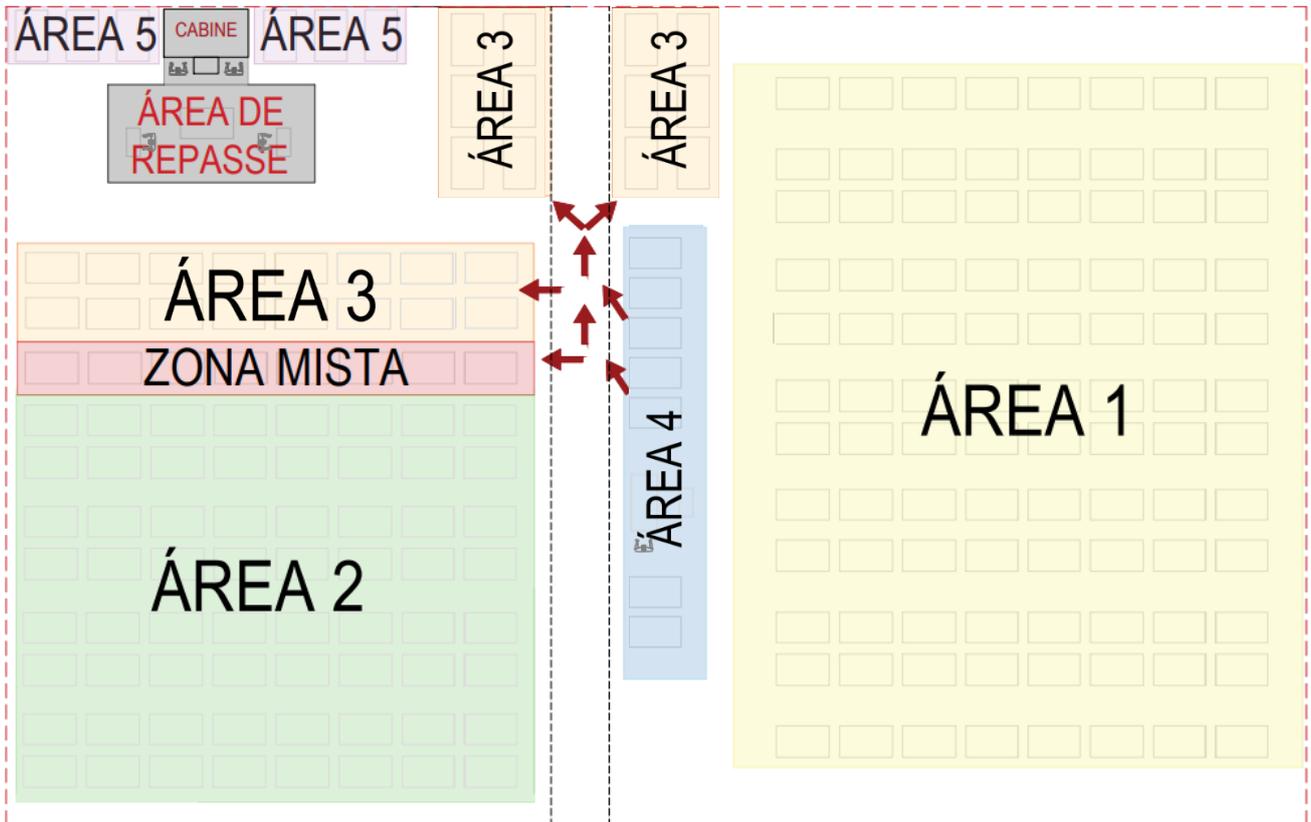
As peças são inspecionadas e seguem ou para a área 2 (figura 10), ou para a área 3 (figura 11), ou para a área 5 (figura 12).

Figura 10 – Fluxo da área 4 para a área 2.



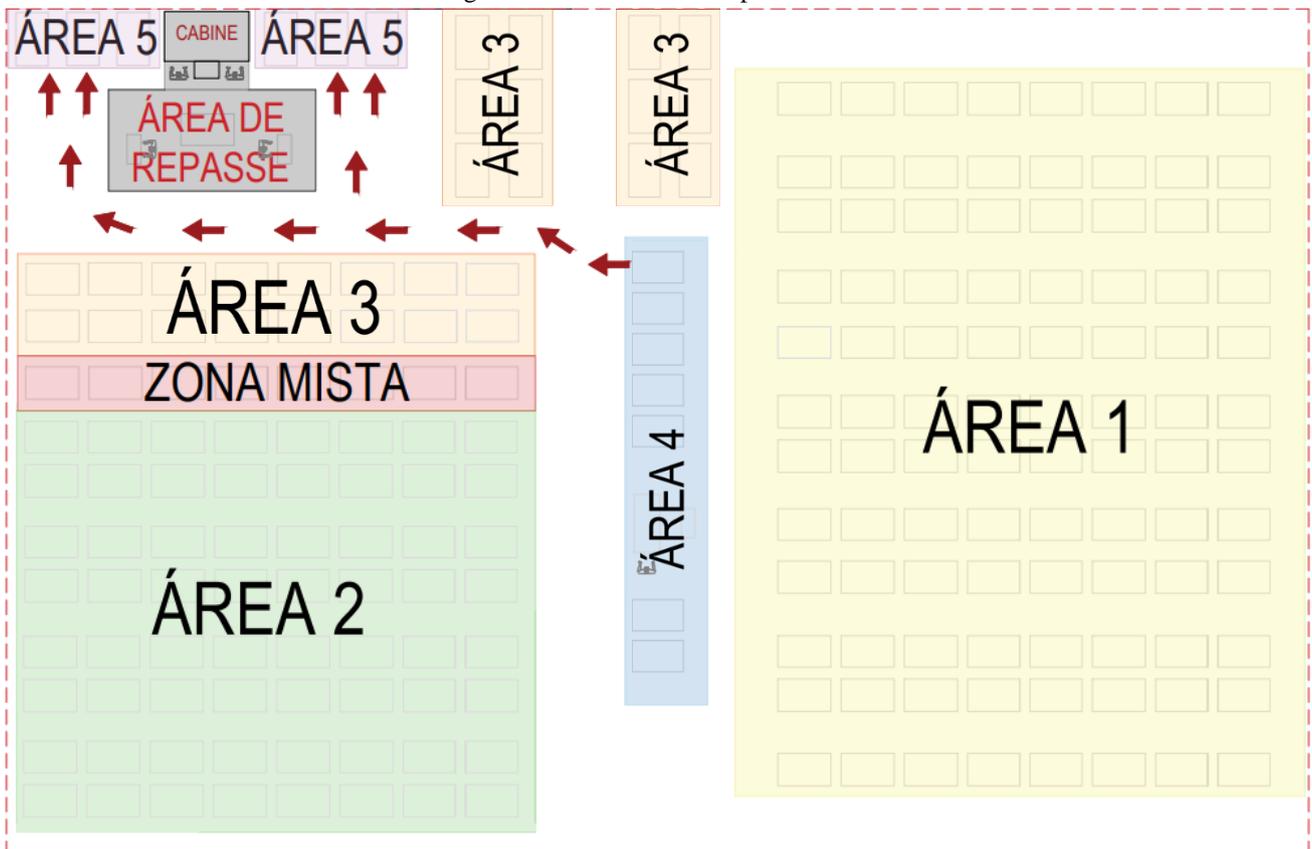
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 – Fluxo da área 4 para a 3.



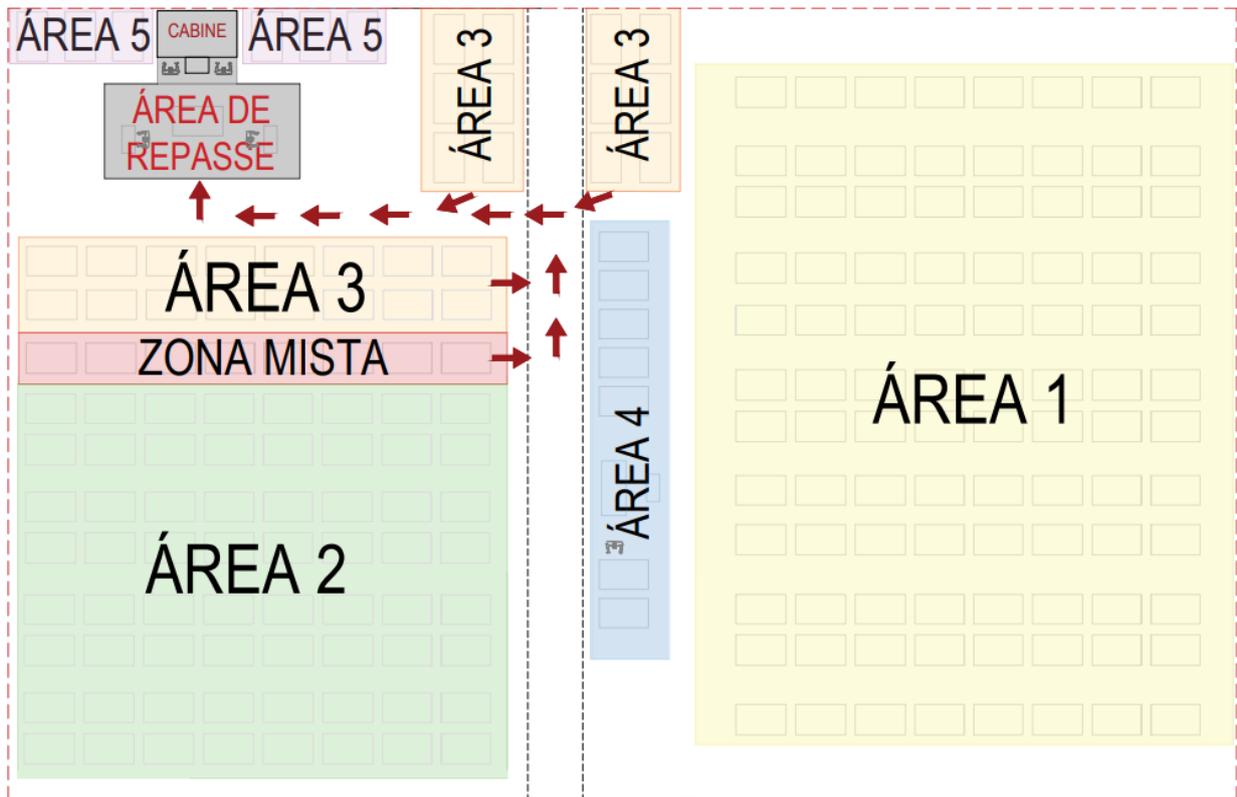
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 - Fluxo da área 4 para a área 5.



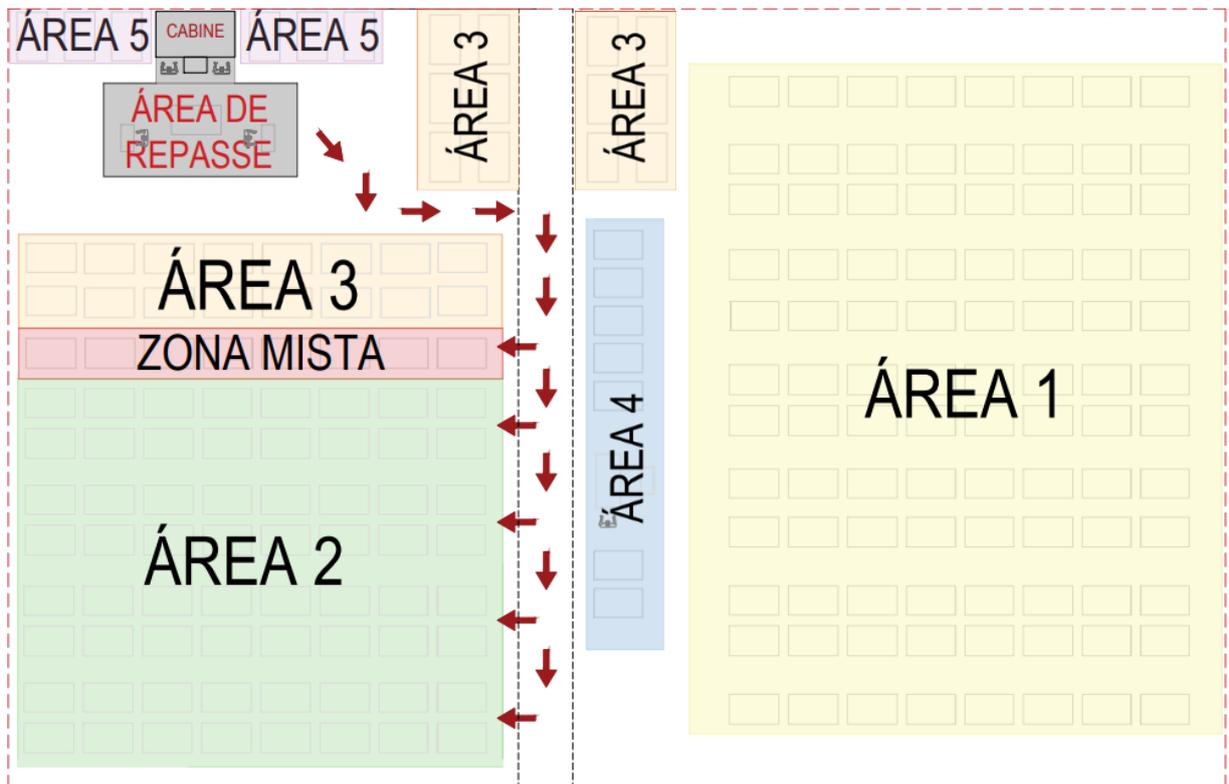
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 – Fluxo da área 3 para o repasse.



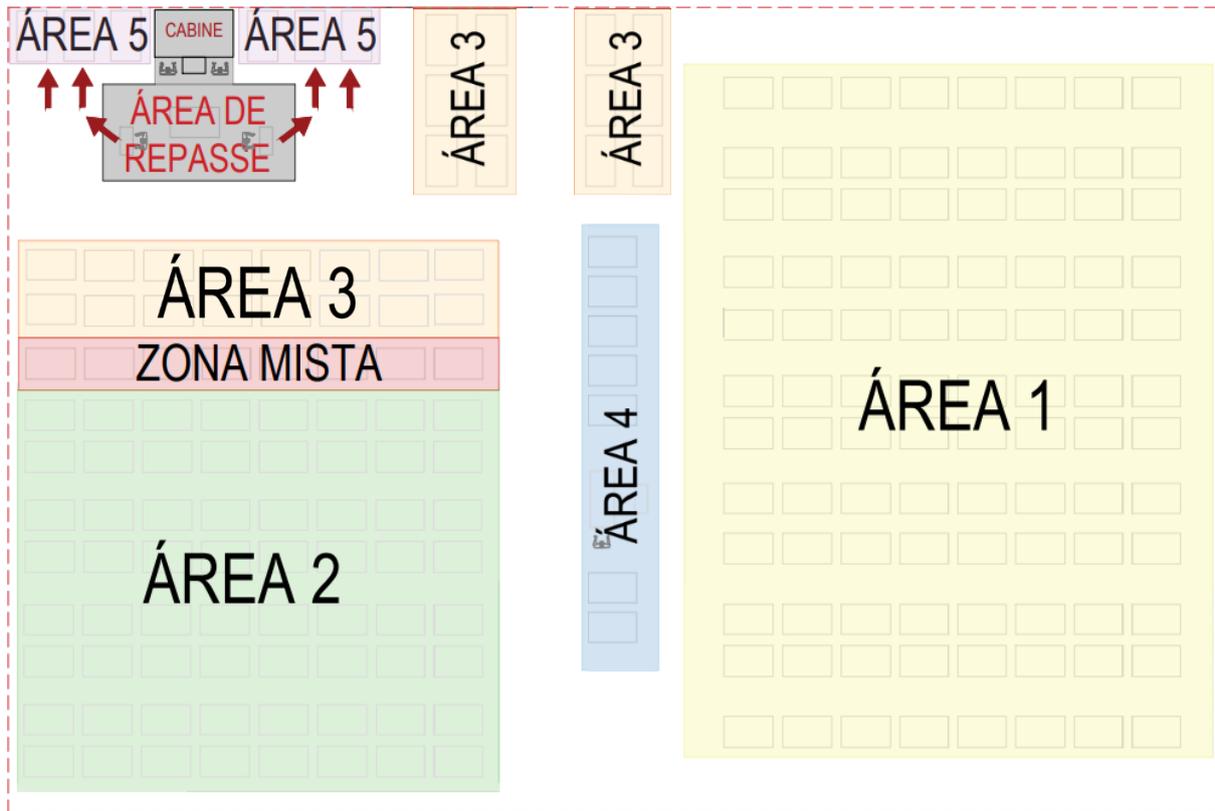
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 – Fluxo da área de repasse para a área 2.



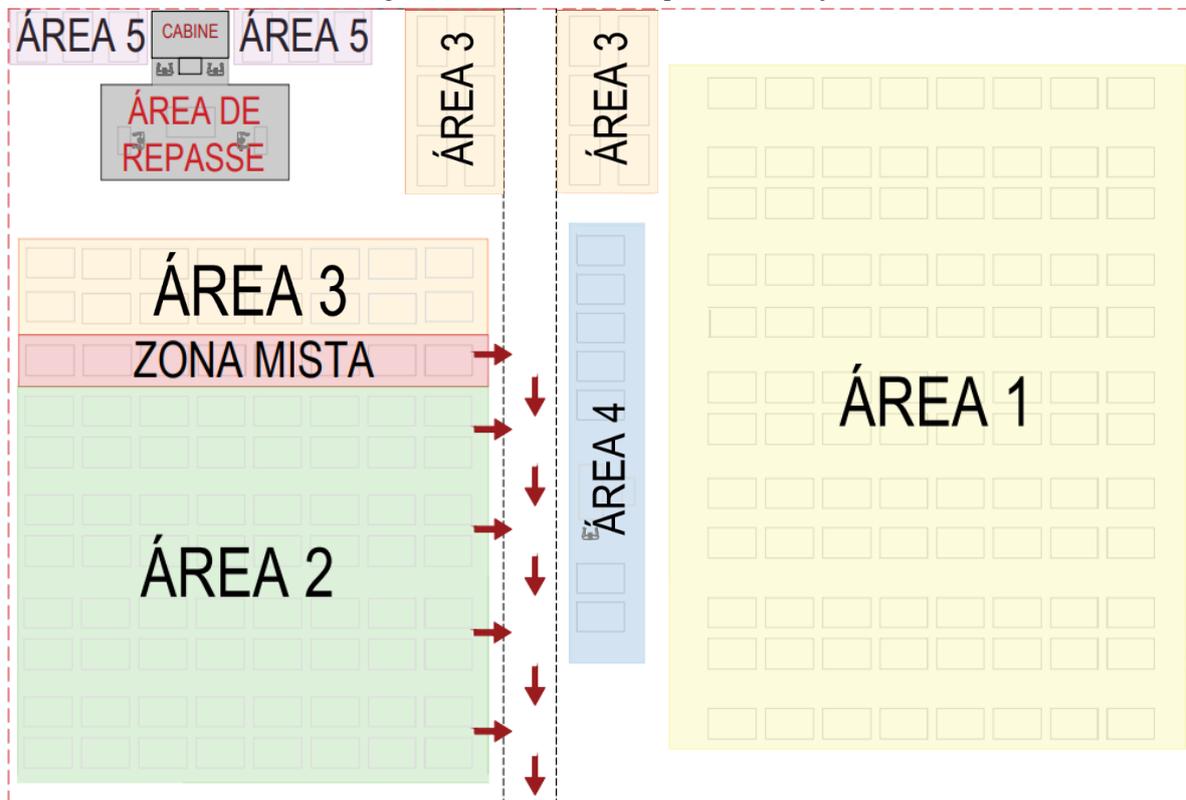
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 15 – Fluxo da área de repasse para a área 5.



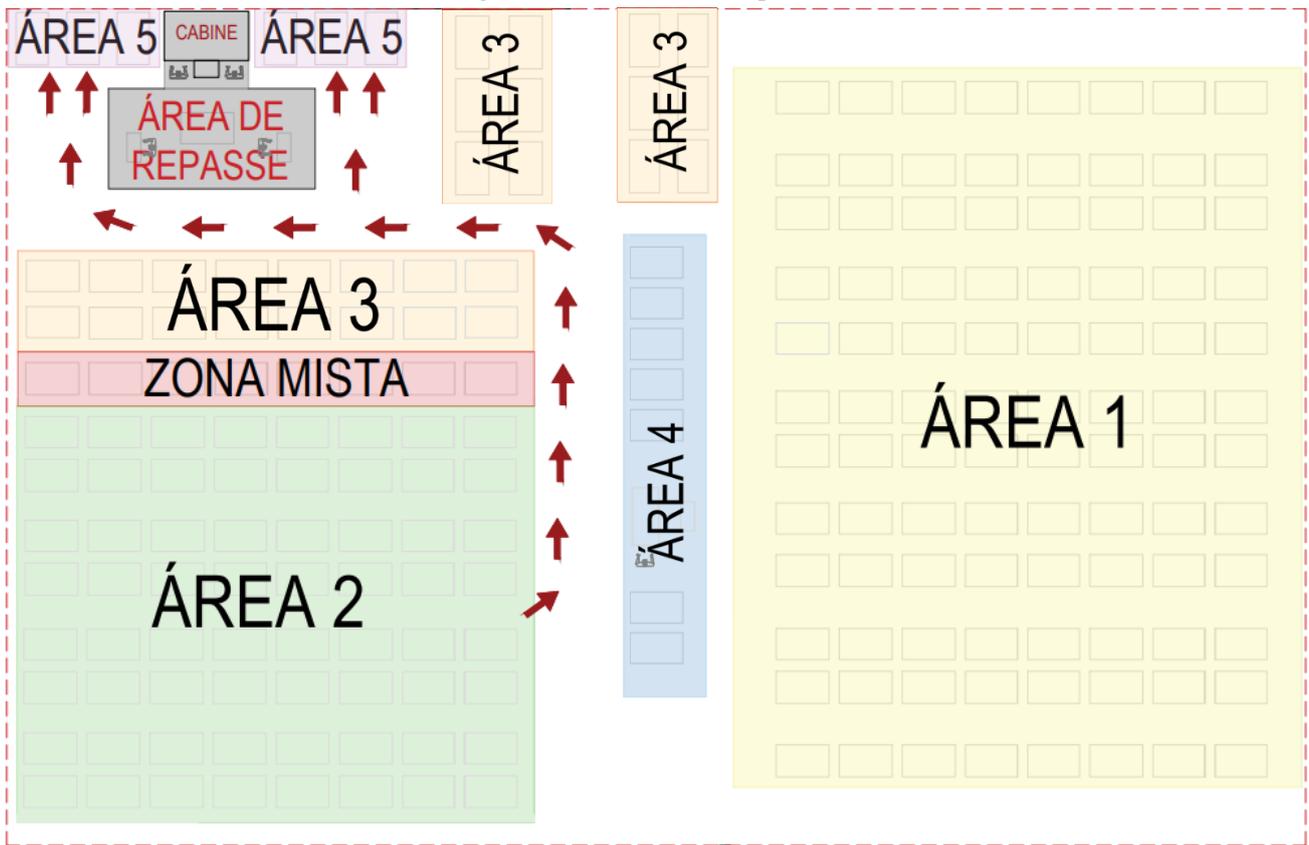
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 – Fluxo da área 2 para a esmaltação.



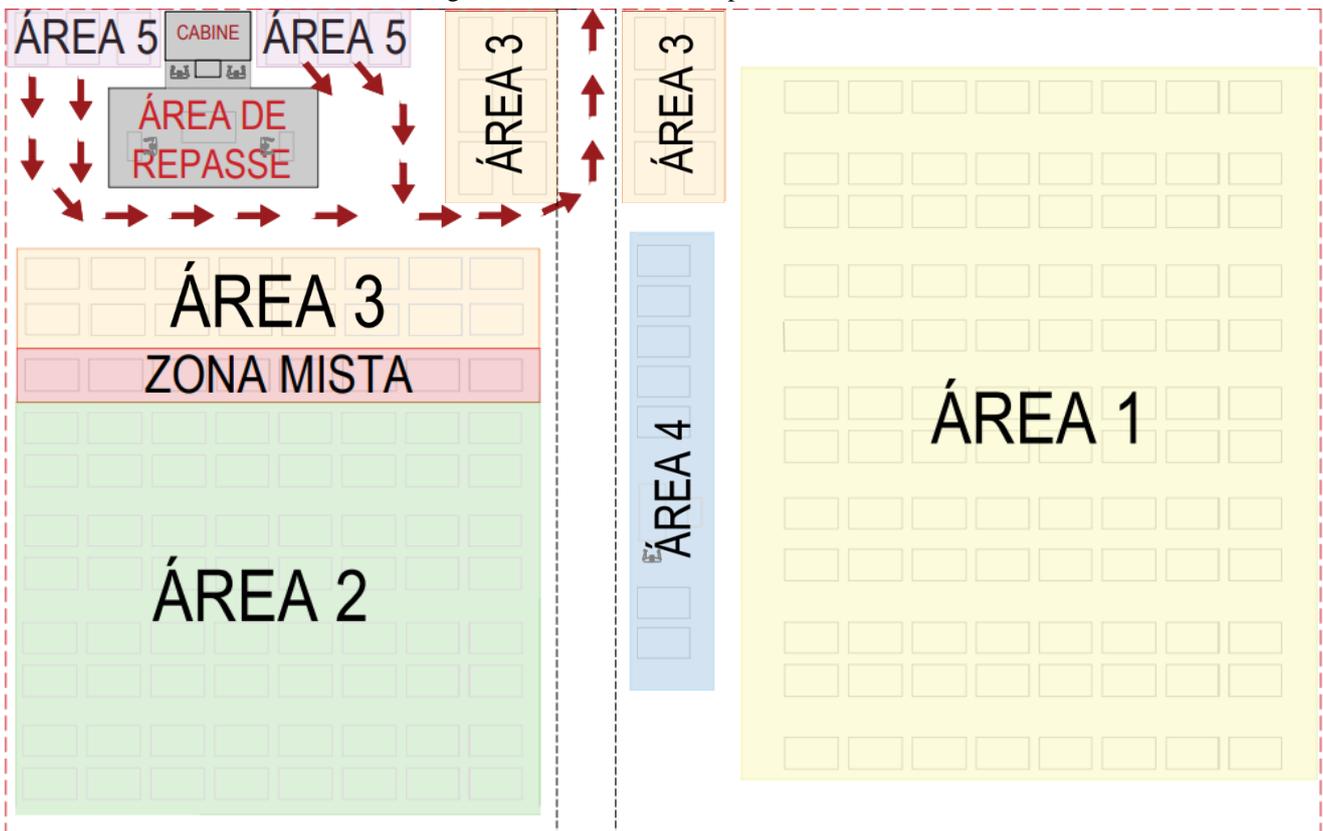
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 – Fluxo da área 2 para a 5.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 – Fluxo da área 5 para o descarte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

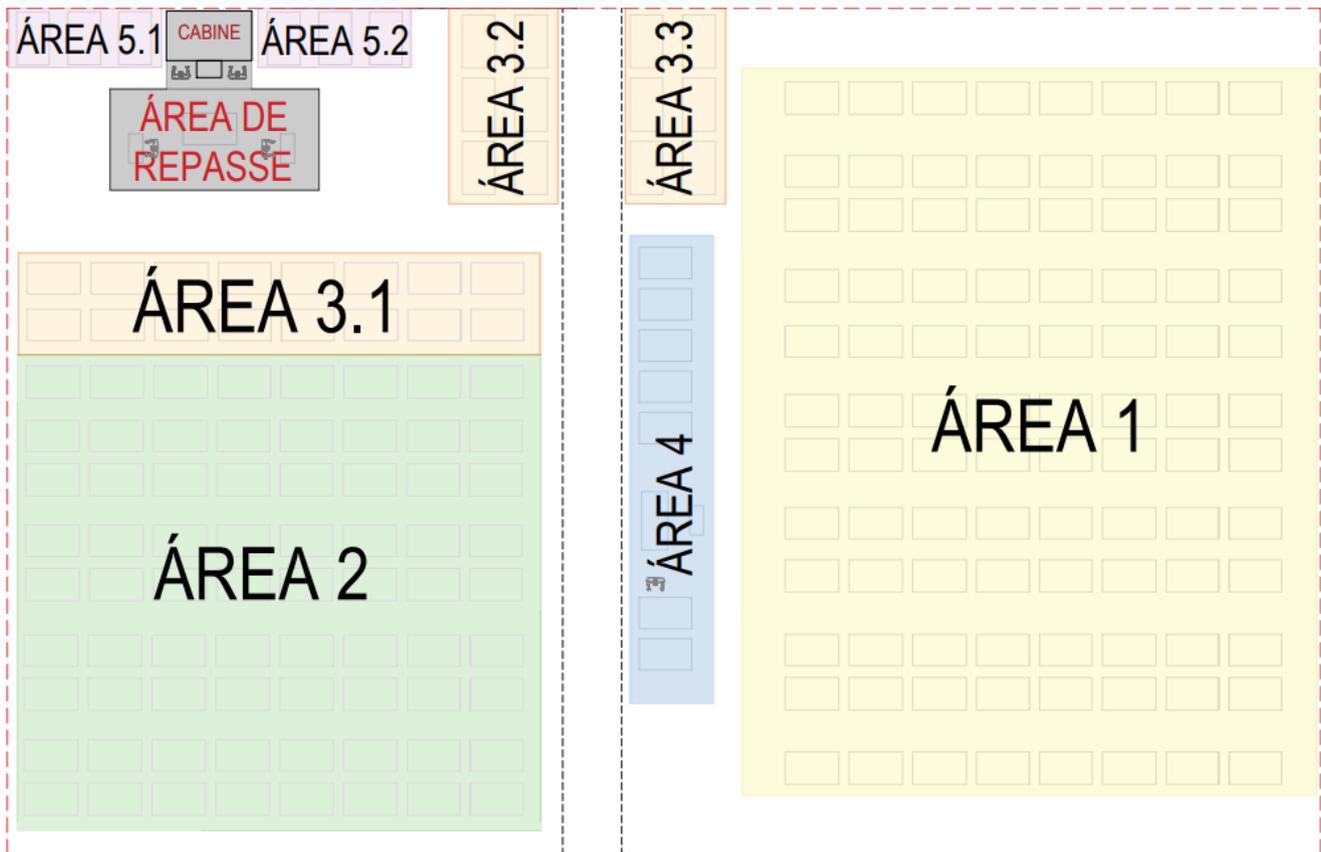
4.1.2.3 Análise de intensidade de fluxo de material

Na análise do fluxo de materiais, além da sequência de movimentos, é necessário estudar a intensidade ou magnitude do fluxo dos materiais e considerar os refugos ou perdas. A análise de fluxo é feita para coordenar as inter-relações entre operações ou atividades. Conhecer a intensidade de fluxo nos diversos roteiros ou caminhos é importante na medida em que indica a proximidade necessária entre o par de atividades consideradas.

Como se pode perceber no layout (figura 19) com os nomes das áreas adaptados, foi necessário desmembrar as áreas 3 e 5, as quais estão repartidas e cujas partes estão dispostas no espaço separadamente, e identifica-las como 3.1, 3.2, 3.3 e 5.1, 5.2, respectivamente, pois para a construção dos diagramas de inter-relações, essas áreas e os fluxos associados a elas precisam aparecer de forma separada. Dessa maneira, no layout os nomes das 3 áreas identificadas como 3 e das 2 áreas identificadas como 5 foram distinguidos, recebendo cada uma delas um nome diferente. Foi necessário fazer essa diferenciação visto que elas estão separadas e localizadas em lugares diferentes, ou seja, o espaçamento (ou a distância) entre cada uma delas e os diferentes blocos que há no setor é diferente e, logo, o trajeto que o material faz ao sair ou entrar nessas áreas também é diferente. Por isso na tabela os fluxos envolvendo as áreas 3.1, 3.2, 3.3, 5.1, e 5.2 aparecem de modo separado, pois foi preciso determinar a intensidade de fluxo para cada uma delas, separadamente.

Nota-se também no layout a seguir (figura 19) que a “zona mista” foi retirada e passou a integrar a área 2 uma vez que na maioria das vezes são peças conformes que a ocupam, sendo ela utilizada para a estocagem de peças defeituosas apenas em momentos de necessidade (quando a quantidade de carros na área 3 chega à sua capacidade máxima). Logo, o fluxo de peças defeituosas na zona mista pode ser considerado desprezível, e por isso não entra em questão.

Figura 19 – Arranjo físico renomeado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como, a priori, a intensidade de fluxo (frequência média de movimentação) da área 3 foi determinada de um modo geral, incluindo/englobando as três áreas nomeadas de “área 3”, como se fossem uma área só, foi necessário dividir as taxas de entrada e de saída da área 3 entre as três áreas (3.1, 3.2, e 3.3) para determinar a intensidade de fluxo das três áreas separadamente. Essa divisão foi feita de modo igualmente proporcional entre as áreas 3.1, 3.2 e 3.3, pois percebeu-se que tanto a chegada quanto a saída desses carros nessas áreas acontecem de modo aleatório e distribuída, sem que o fluxo em nenhuma delas se sobressaia em relação às demais áreas. As mesmas circunstâncias valem para o caso da área 5, de modo que o mesmo procedimento foi feito para determinar os fluxos das áreas 5.1 e 5.2.

Dessa maneira, como o fluxo da área 4 para a área 3 é de 36 carros, em média, por dia e os carros são movimentados para as três áreas 3.1, 3.2 e 3.3 numa mesma frequência média, percebeu-se que cada uma dessas três áreas recebe em média 12 carros por dia provenientes da área 4. Da mesma forma, os carros são retirados das áreas 3.1, 3.2 e 3.3 e levados para a área de repasse num ritmo de saída, para cada uma dessas três áreas, também de 12 carros em média por dia. E em relação aos fluxos nas áreas 5.1 e 5.2 a mesma situação ocorre, percebeu-se que o ritmo de chegada de material nessas áreas ocorre numa mesma média de intensidade. Assim, se o fluxo da área 4 para a área 5 é de 9,33 unidades, tem-se que o fluxo da área 4 é, em média, de 4,66 unidades para a área 5.1 por dia e de 4,66 para a área 5.2. Se o fluxo da área de repasse

para a área 5 é de 43 unidades, logo o fluxo da área 5 é, em média, de 21,5 unidades para a área 5.1 por dia e de 21,5 para a área 5.2; e assim por diante. E, naturalmente, a taxa de saída da área 5 também foi dividida igualmente entre as áreas 5.1 e 5.2, apresentando 6,33 unidades de fluxo cada uma, em média, por dia.

Vale ressaltar que os fluxos que acontecem das áreas 2 e 3 para a área 5 são movimentações de transporte de peça, enquanto que os outros fluxos são movimentações de transporte de carros (contendo as peças). Assim, todas essas movimentações significam ou “o homem carregando a peça” ou o “homem carregando o carro”.

4.1.2.4 Carta “De-para”

O método utilizado para a análise de intensidade de fluxo de materiais entre as áreas foi o “carta de-para”. De acordo com Tompkins *et al.* (2013) e Camarotto (2006), para se medir quantitativamente os fluxos dentro de uma instalação, a carta “De/Para” é a mais utilizada, pois serve para indicar as proximidades relativas em função de um dado critério, o qual, neste caso analisado, é a intensidade de fluxo. Os valores da carta (figura 20) representam a medida da intensidade do fluxo, dada pela frequência de movimentação de material seja do carrinho contendo as peças ou da própria peça, entre cada par de áreas, em média, por dia.

Figura 20 - Carta De/Para.

DE \ PARA	Secador	Área 1	Área 4	Área 3.1	Área 3.2	Área 3.3	Área de repasse	Área 2	Área 5.1	Área 5.2	Saída para a esmaltação	Saída para descarte
Secador	-	192										
Área 1		-	192									
Área 4			-	12	12	12		156	4,66	4,66		
Área 3.1				-			12					
Área 3.2					-		12					
Área 3.3						-	12					
Área de repasse							-	36	21,5	21,5		
Área 2								-	8,5	8,5	192	
Área 5.1									-			6,33
Área 5.2										-		6,33
Saída p/ a esmaltação											-	
Saída p/ descarte												-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida, cada par de áreas entre as quais há fluxo de material foi classificada de acordo com a intensidade de fluxo (figura 21):

Figura 21 – Classificação de intensidade de fluxo.

Par de setores		Frequência de movimentações transportando peça ou carro, em média, por dia	CLASSIFICAÇÃO
Secador	Área 1	192	A
Área 1	Área 4	192	A
Área 4	Área 3.1	12	O
Área 4	Área 3.2	12	O
Área 4	Área 3.3	12	O
Área 4	Área 2	156	E
Área 4	Área 5.1	4,66	O
Área 4	Área 5.2	4,66	O
Área 3.1	Área de repasse	12	O
Área 3.2	Área de repasse	12	O
Área 3.3	Área de repasse	12	O
Área de repasse	Área 2	36	I
Área de repasse	Área 5.1	21,5	I
Área de repasse	Área 5.2	21,5	I
Área 2	Área 5.1	8,5	O
Área 2	Área 5.2	8,5	O
Área 2	Saída p/ esmaltação	192	A
Área 5.1	Saída p/ descarte	6,33	O
Área 5.2	Saída p/ descarte	6,33	O

Valor	Intensidade de fluxo
A	Acima de 180
E	Entre 150 e 180
I	Entre 20 e 150
O	Entre 1 e 20
U	0
X	-

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.2.5 Carta de inter-relações

4.1.2.6 Diagrama de inter-relações dos espaços

Juntando o fluxo do processo com o grau de proximidade das áreas do layout, o diagrama de inter-relação dos espaços baseado no fluxo de materiais foi desenvolvido para mostrar de uma maneira mais clara como as áreas se relacionam entre si no layout atual. Os valores relativos ao tamanho de cada área e da área total também são apresentados neste diagrama. A localização de cada área corresponde ao seu real posicionamento, o que equivale a dizer que a disposição (o arranjo) das áreas respeita o distanciamento real entre elas no espaço físico atual (o diagrama foi construído sobre ou a partir da planta do layout). Dessa maneira, a partir da carta de inter-relações de atividades (figura 22) foi elaborado um diagrama de inter-relações dos espaços (figura 24), apresentando todas as relações em que há fluxo de material, ou seja, que obtiveram grau de importância A, E, I ou O na classificação de intensidade de fluxo. Cada área é representada por um retângulo e a intensidade do fluxo pelo número de linhas que ligam cada par de áreas. Assim, considera-se que quanto maior o número das linhas que representam as ligações entre as áreas, mais forte é a sua relação (ou a intensidade de fluxo entre elas), isto, é, maior é o grau de importância de proximidade entre elas.

Conforme Corrêa e Corrêa (2010), a disposição deste diagrama obedece a critérios de linha de ligação, no qual a ordem de importância corresponde ao número de valor estabelecido na escala AEIOUX, conforme é mostrado na legenda do diagrama (figura 23), de maneira que cada tipo de linha (cor e número de linhas) indica o tipo de proximidade que as áreas possuem entre si.

Figura 23 – Legenda do diagrama de inter-relações dos espaços.

Letras	Valor	Número de linhas	Proximidade	Código de Cores
A	4		Absolutamente necessário	Vermelho
E	3		Muito importante	Amarelo
I	2		Importante	Verde
O	1		Pouco importante	Azul
U	0		Desprezível	Em branco
X	-1		Indesejável	Marrom

Fonte: Antonioli (2016).

Obs.: A linha pontilhada preta demarca a área do setor analisado, o de inspeção.

O diagrama de inter-relações permite visualizar na planta baixa do layout as localizações das áreas e a ligação/relação entre elas (com o tipo de linha indicando quão intenso é aquele fluxo e qual o grau de importância de proximidade entre as áreas). Ou seja, a ideia é mostrar como estão organizados fisicamente os fluxos de material entre as áreas levando em consideração a sua intensidade. Com isso, pretende-se, posteriormente, analisar e avaliar como ficam organizados os fluxos de material e os trajetos percorridos por ele, de modo a compará-los com o diagrama de inter-relações correspondente ao layout proposto e, a partir disso, tirar conclusões acerca de qual layout se mostra mais adequado.

4.1.2.7 Análise e determinações de espaços

Espaço disponível – O espaço disponível de cada área está indicado na figura 24. E o espaço disponível do setor de inspeção, ou seja, o tamanho de toda a sua área é de 1.296,86 m².

Espaço total ocupado - Representa a soma do tamanho de todas as subáreas que compõe o setor, ou seja, o espaço total ocupado pelas áreas 1,2,3,4,5 e de repasse. Sua medida é de 984,3 m².

Observação - É pertinente pontuar que o restante do espaço no setor (que não está ocupado por nenhuma área), resultado da subtração do espaço disponível pelo espaço ocupado, é o espaço utilizado para trânsito e fluxo de carros e pessoas. Este espaço todo corresponde a 312,56 m².

Essa é a razão por que é preciso manter o caminho livre nos trajetos que os carros/pessoas percorrem, isto é, respeitar esse espaço necessário. Inclusive existe um caminho/corredor demarcado pelas linhas tracejadas (de cor rosa) cortando o setor quase ao meio, em uma linha reta e vertical, que representa um caminho de passagem de carros e pessoas, em cujo espaço não pode ser mantido nenhum material ou objeto.

Espaço necessário - É necessário analisar o nível de estoque gerado/mantido em cada área para o dimensionamento adequado da área, de modo que não falte espaço para atender a demanda de carros “empurrada” pelo cliente interno (processo anterior) para armazenamento. Com isso, o espaço necessário de cada área em que há geração de estoque (áreas 1, 2, 3 e 5) para que seja capaz de receber e armazenar a demanda de carros foi determinado levando em consideração os volumes máximos de carros em estoque registrado em cada área ao longo de todo o ano de 2021. É válido colocar que o espaço disponível, neste caso, significa a capacidade máxima de armazenamento da área.

A tabela 1 mostra a quantidade máxima de carros acumulada em estoque de cada mês, separadamente por área. Com base nessa tabela foi realizada uma análise para verificar se há necessidade de ampliação da capacidade máxima das áreas, em número de carros:

Tabela 1 – Volume de carros em estoque.

QUANTIDADES DE CARROS ACUMULADOS EM ESTOQUE EM 2021				
Meses do ano	Área 1	Área 3	Área 2	Área 5
Janeiro	40	29	55	4
Fevereiro	39	30	51	4
Março	38	30	53	4
Abril	39	29	52	5
Maio	39	30	52	5
Junho	40	29	53	4
Julho	38	28	55	4
Agosto	39	29	55	4
Setembro	39	29	54	5
Outubro	38	30	55	4
Novembro	39	29	51	5
Dezembro	39	30	53	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os números destacados representam o volume máximo em estoque do ano para cada área correspondente.

Sendo assim, o tamanho da área 3 precisou ser alterado para que fosse capaz de atender a demanda de carros nos dias em que o volume em estoque superasse 28 carros (capacidade máxima da área 3 no layout atual). Dias como esse, que registraram uma quantidade em estoque superior a 28 carros, existiram praticamente em todos os meses do ano de 2021 (tabela 1).

Como já existe uma diferença razoável na capacidade de armazenamento das áreas 1, 2 e 5 em relação ao volume máximo de estoque registrado no ano na área correspondente (diferença de no mínimo 20%, como demonstra a tabela 2), constatou-se que a área 3 é a única que precisou ter a sua capacidade de armazenamento - seu tamanho – ampliada.

Visto que o volume máximo de estoque registrado na área 3 foi de 30 carros, julgou-se suficiente o bastante a ampliação da capacidade de armazenamento dessa área para 32 carros (quase 7% a mais em relação ao volume máximo de 30 carros e quase 15% a mais em relação à capacidade original de 28 carros).

Tabela 2 – Análise de capacidade de armazenamento.

Percentual da diferença entre a capacidade máxima atual da área (X) e o volume máximo que o estoque atingiu ao longo do ano (Y), em número de carros, em relação a (Y).			
ÁREAS	X	Y	Diferença (%)
Área 1	96 carros	40 carros	140%
Área 2	72 carros	55 carros	31%
Área 5	6 carros	5 carros	20%

Fonte: Elaborado pelo autor.

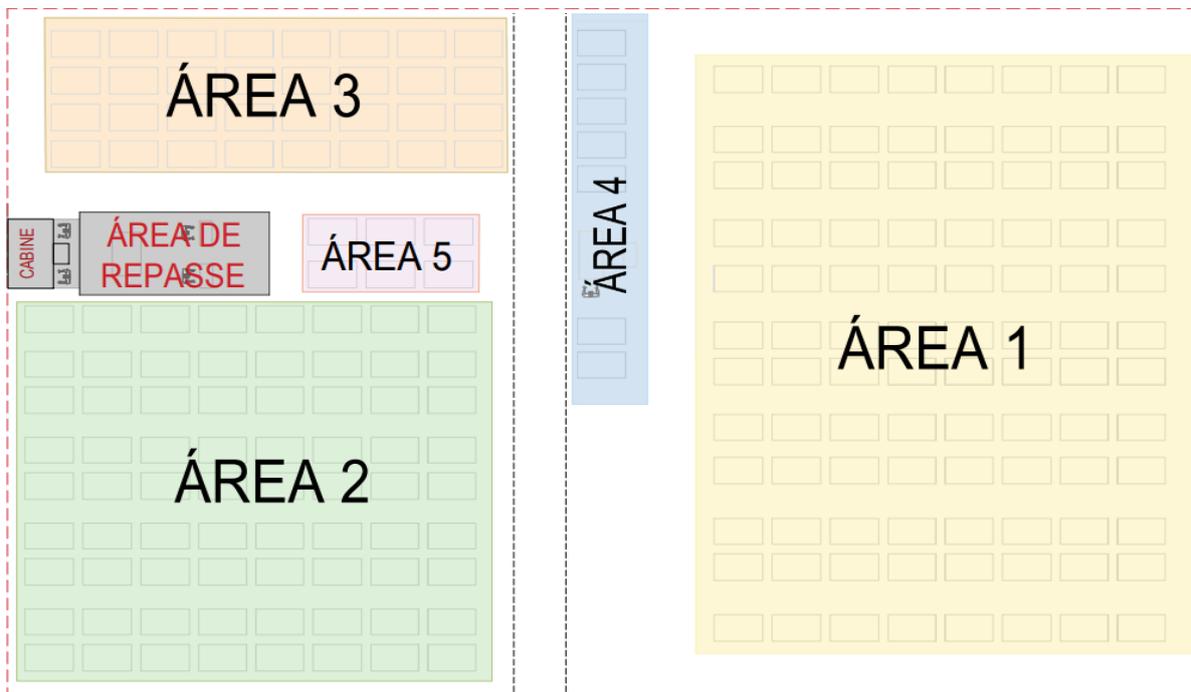
4.1.2.8 Considerações de mudança

Entende-se que a localização e o arranjo físico das áreas 1 e 2 no layout atual não podem ser mais adequados ou melhorados, e que o seu tamanho já é o necessário para atender a demanda, de modo que nada disso precisa ser alterado. De igual maneira, percebeu-se também que o arranjo físico dentro da área 4 e o espaço que ela ocupa também já são adequados, de modo que apenas a sua localização é passível de ser mudada. Além do mais, continua sendo necessário respeitar o espaço destinado à passagem de carros e pessoas (indicada pelas linhas tracejadas cortando o quase o “meio” do setor), o qual deve ser mantido de livre circulação, não podendo haver nenhum material ou objeto.

4.1.3 O layout proposto

A definição do novo layout precisou levar em conta de que forma o *Kanban* poderia ser utilizado/aplicado no arranjo físico. De acordo com isso, segue o layout proposto (figura 25).

Figura 25 – Layout proposto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.3.1 Modificações realizadas

A área 3 foi unificada, ou seja, integrou as áreas 3.1, e 3.2 e 3.3 de modo a formar uma só área, e a sua localização foi redefinida, conforme mostra a figura 25. Além disso, a área 3

foi ampliada a fim de obter a capacidade máxima de armazenamento projetada de 32 carros, conforme justificado no tópico “espaço necessário”. O aumento da área 3 em relação à soma das áreas 3.1, 3.2 e 3.3 foi de 7,55m², passando de 111,45 m² para 119 m².

Com a nova organização física dos carros na área 3, os pontos de entrada e de saída dos carros foram redefinidos, tornando o fluxo dos carros mais adequado para o funcionamento do método PEPS. Assim, o fluxo de peças na área 3 foi melhorado de uma maneira tal que propicia o funcionamento do método PEPS e também porque diminui o trajeto percorrido pelo material ao entrar ou sair da área.

Em relação à área de repasse, percebe-se que a sua localização foi alterada, pois diminuiu o deslocamento de material que entra e/ou sai dela, e que foram ajustados alguns detalhes de posicionamento dos tornos no seu interior (os quais não vem ao caso explorar, pois não houve mudança ou impacto considerável que precisasse ser discutido), mas o espaço ocupado pela área continua sendo o mesmo.

Assim, com o aumento da área 3 de 7,55 m², o espaço total ocupado pelas áreas, naturalmente, também aumentou, passando de 984,3 m² para 991,85 m².

Como já foi demonstrado, a área 5 não precisou ter seu tamanho alterado, pois sua capacidade de armazenamento já atende o necessário, porém foi proposta uma outra maneira de organizar/dispor fisicamente os carros no espaço, que fosse mais adequado aos fluxos. A área 5 unificou as áreas 5.1 e 5.2, como se tivesse colocado uma em cima da outra, formando uma área só (cujo tamanho equivale à soma do tamanho das áreas 5.1 e 5.2), pois assim foram eliminados alguns fluxos confusos e desnecessários. E, além disso, a localização da área 5 foi alterada para uma posição que favorecesse os fluxos de materiais e diminuísse os trajetos percorridos por material que a envolvessem.

O tamanho da área 4 e a sua organização física se mantiveram as mesmas, por outro lado, a sua localização foi ligeiramente alterada, sendo posicionada um pouco acima em relação à sua posição original. Julgou-se adequada essa mudança uma vez que reduziu o deslocamento, em termos de distância, da área 1 em relação à área de inspeção e aproximou a área de inspeção da área 3 (que foi reposicionada), encurtando a distância percorrida por material entre elas.

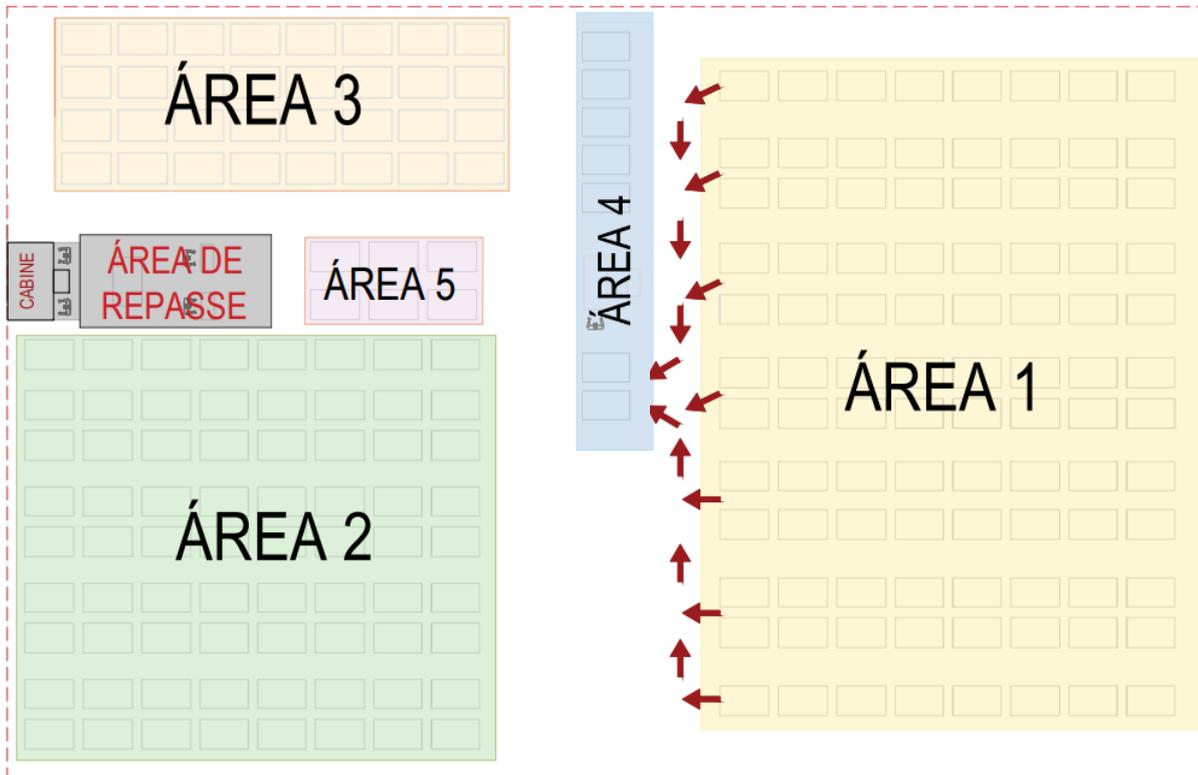
Como consequência positiva dessa mudança, não é mais necessária a existência de uma “zona mista”, que pode receber tanto peças conformes como defeituosas, e onde às vezes as peças acabam se misturando e, por falta de padronização, o espaço sendo prejudicado em termos de organização.

Portanto, de maneira geral, o rearranjo das áreas diminuiu os deslocamentos de material, ou seja, as distâncias que ele percorre pelo setor.

4.1.3.2 Fluxos de material

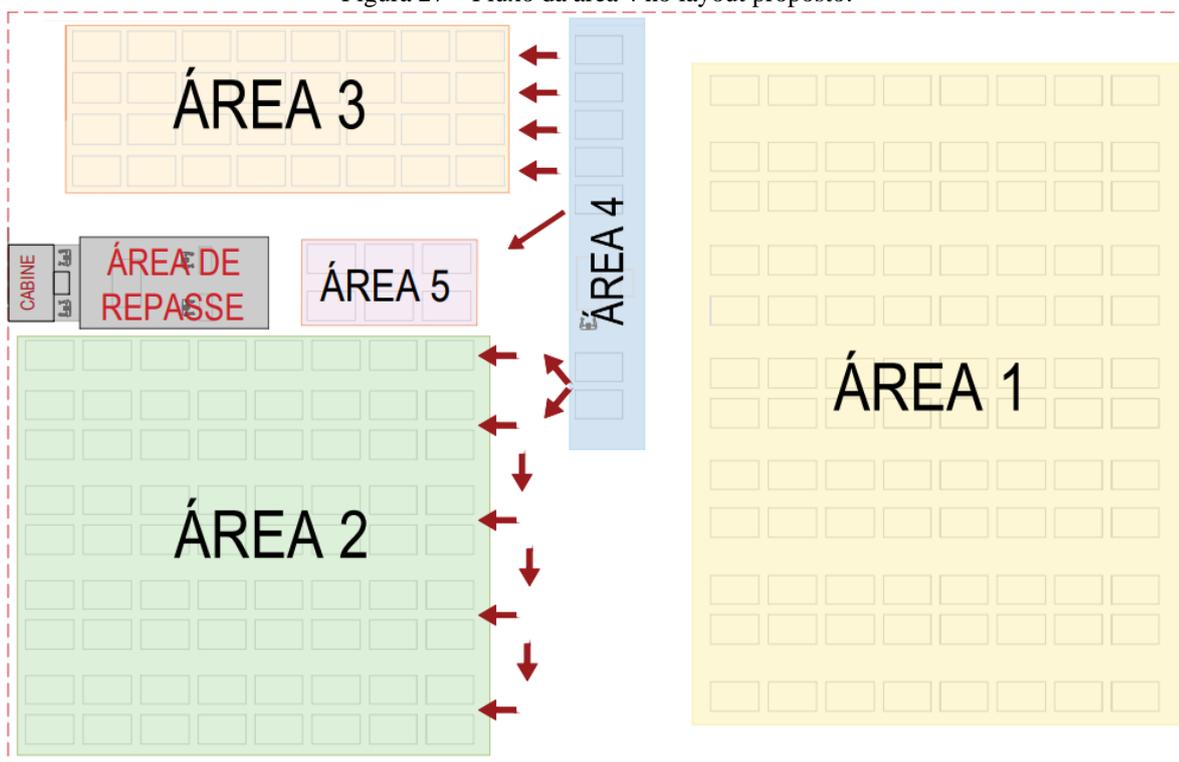
Foram gerados também as figuras 26, 27, 28, 29 e 30, referentes ao layout reestruturado, para demonstrar os fluxos de materiais com as mudanças propostas.

Figura 26 – Fluxo da área 1 para a área 4 no layout proposto.



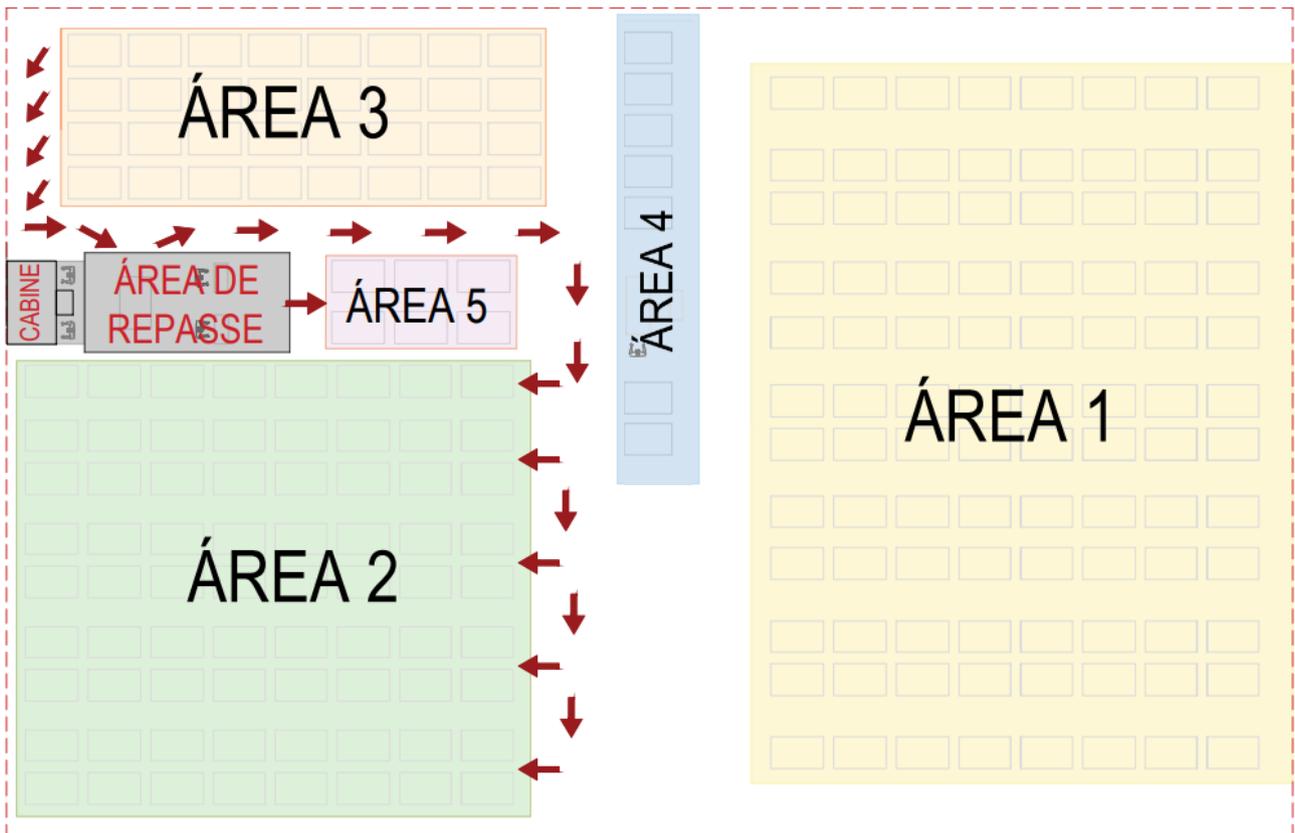
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 27 – Fluxo da área 4 no layout proposto.



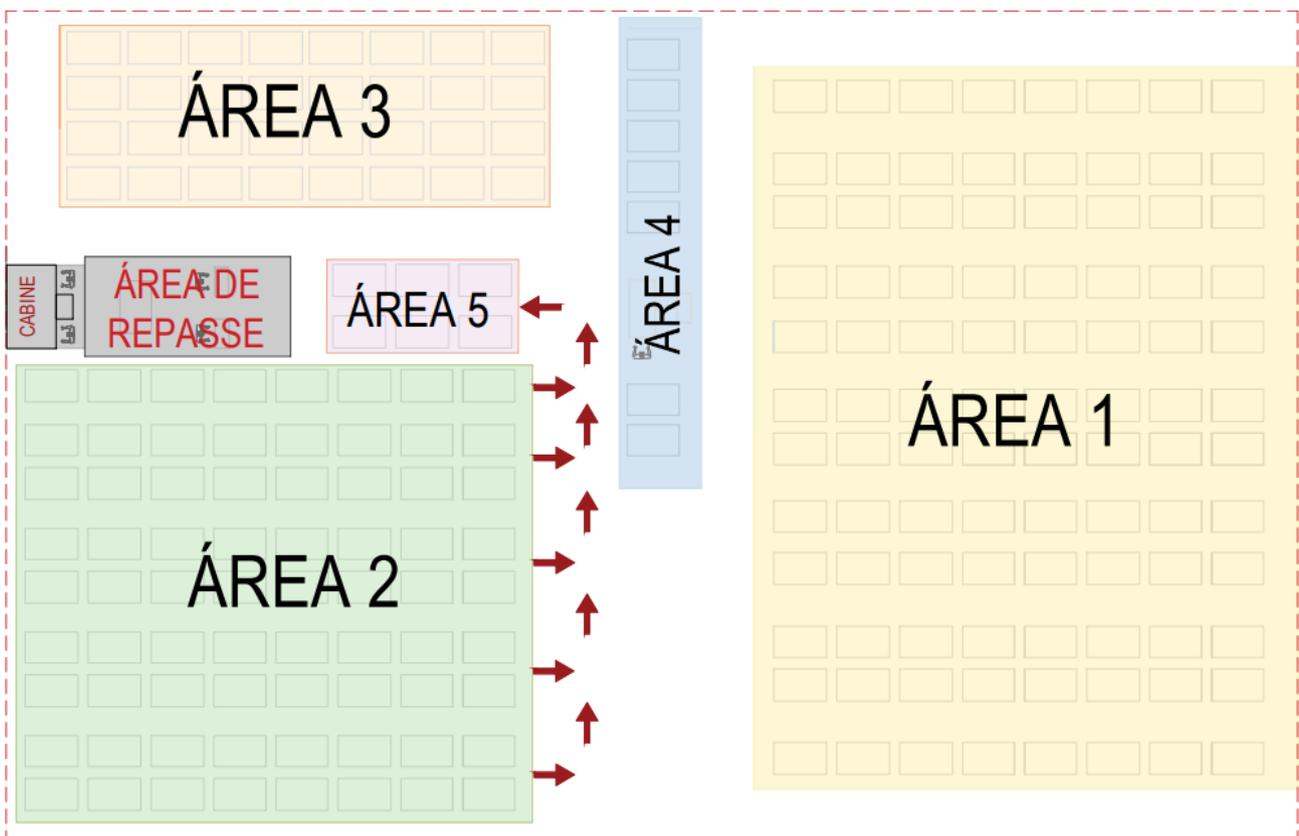
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 28 – Fluxo envolvendo as áreas 2, 3, 5 e a área de repasse.



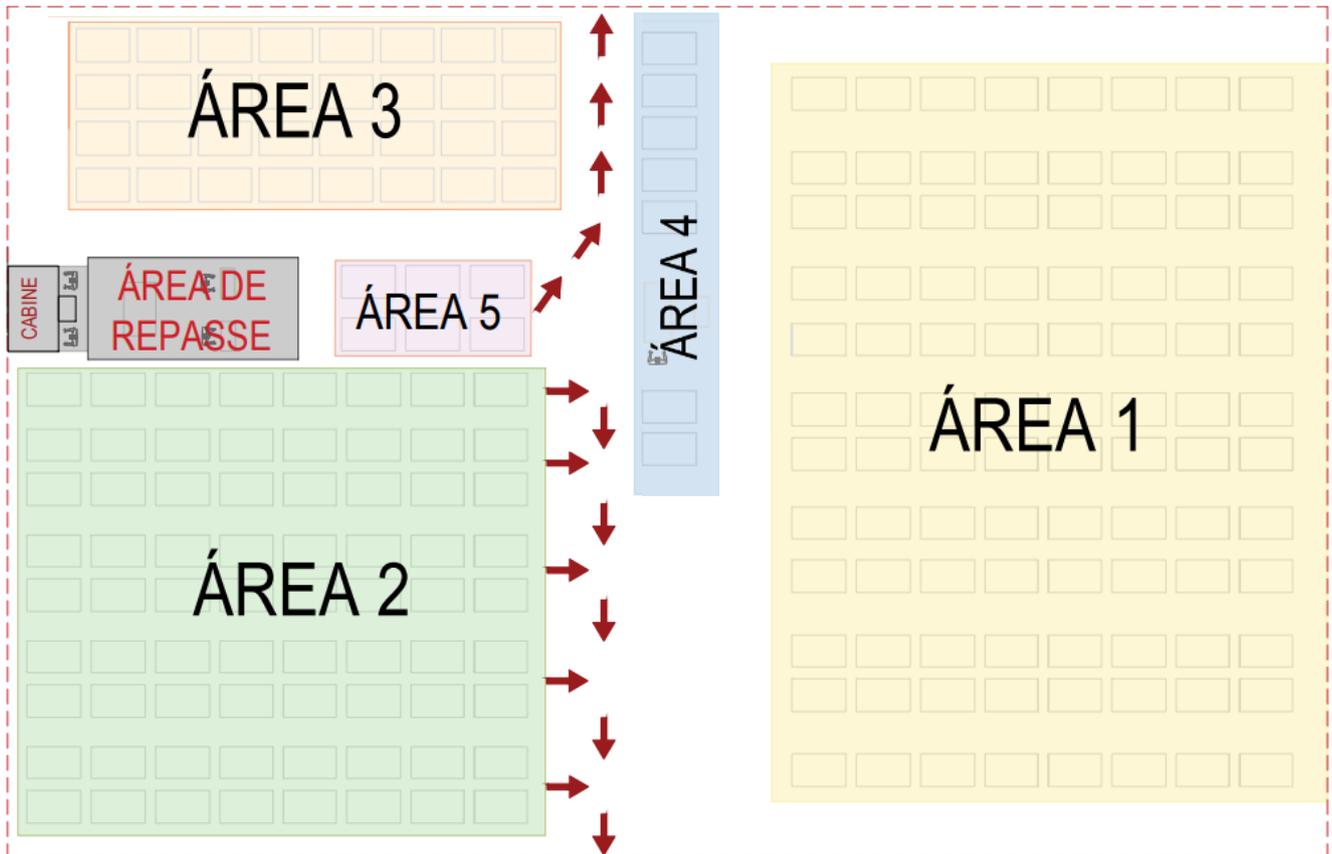
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 29 – Fluxo da área 2 para a área 5 no layout proposto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 30 – Fluxo da área 2 para a esmaltação e da área 5 para o descarte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Vale ressaltar que o fato da ampliação da área 3 ter implicado a redução do “espaço vazio”, isto é, que não é ocupado por nenhuma área, não prejudicou em nada o espaço necessário para trânsito e fluxo de carros e pessoas, pois foi mantido o espaço que os carros e as pessoas necessitam para se locomover. Em outras palavras, as mudanças propostas no espaço físico respeitaram e levaram em consideração também essa questão do espaço.

4.1.3.3 Classificação de intensidade de fluxo

Com todas as áreas unificadas, foi necessário criar uma nova tabela (tabela 3) com os números relativos à intensidade de fluxo para cada par de área, a fim de gerar a inter-relação de atividades e, assim, identificar o grau de importância da proximidade entre as áreas.

Tabela 3 - Intensidade de fluxo e inter-relações no layout proposto.

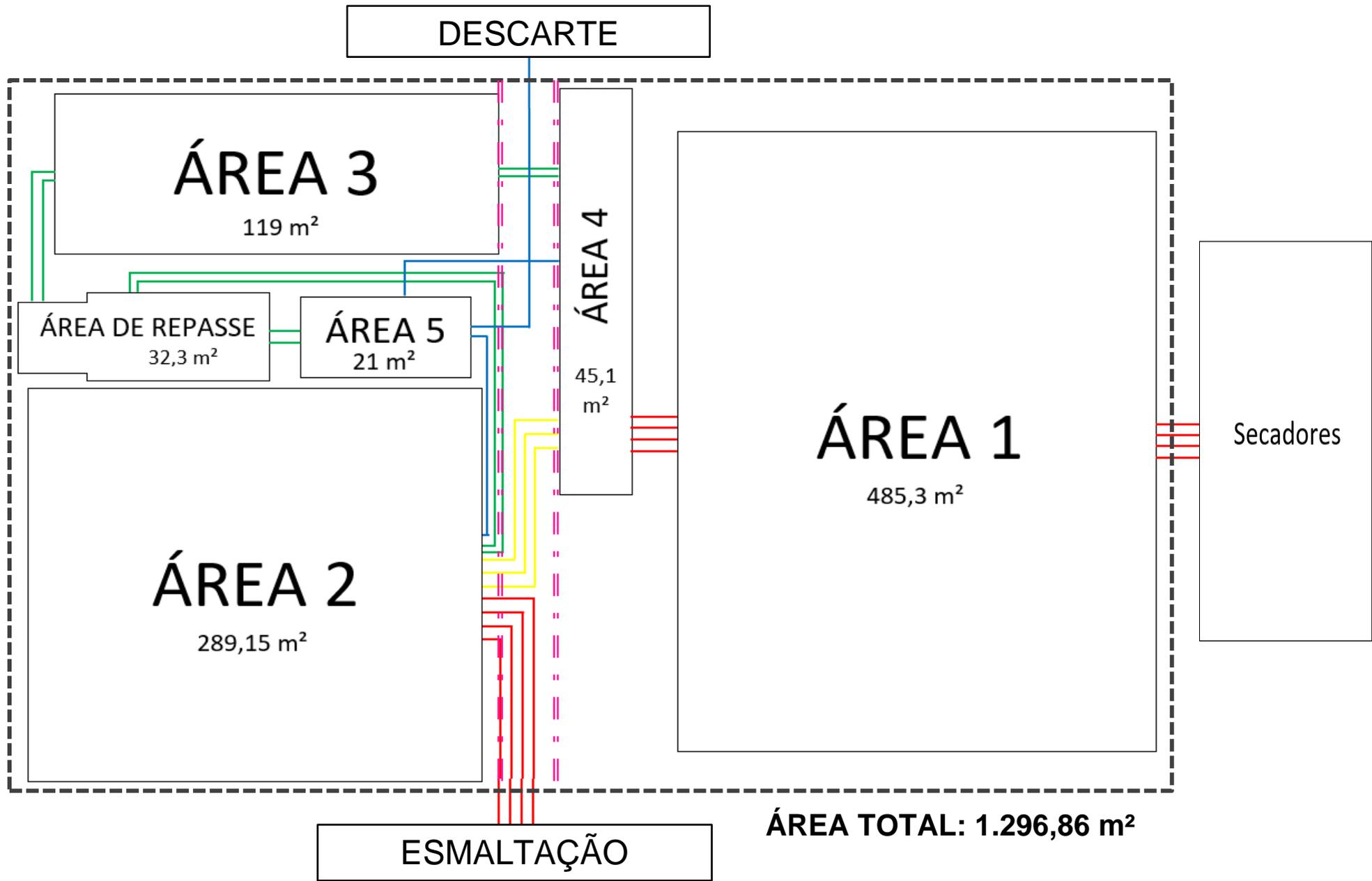
Par de setores		Frequência de movimentações transportando peça ou carro, em média, por dia	Classificação
Secador	Área 1	192	A
Área 1	Área 4	192	A
Área 4	Área 3	36	I
Área 4	Área 2	156	E
Área 4	Área 5	9,33	O
Área 3	Área de repasse	36	I
Área de repasse	Área 2	36	I
Área de repasse	Área 5	43	I
Área 2	Área 5	17	O
Área 2	Saída p/ esmaltação	192	A
Área 5	Saída p/ descarte	12,66	O

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.3.4 Diagrama de inter-relações de espaços

A proposta desta etapa é determinar as posições das áreas no espaço disponível, integrando o mapeamento do fluxo de materiais com as inter-relações de atividades apresentadas anteriormente. A figura 31 mostra como ficou o diagrama de inter-relações de espaços do layout proposto e o quadro da figura 23 mostra, pelo tipo de linha (cor e número de linhas), o grau de importância de proximidade que as áreas têm entre si.

É importante ressaltar que, como a localização do arranjo já estava definida, foi conveniente fazer o diagrama de inter-relações dos espaços diretamente sobre a planta.



Comparando os diagramas do layout atual com o proposto, é perceptível a melhora significativa em relação à disposição físicas das áreas e à organização dos fluxos de material. Percebe-se que os deslocamentos, ou os trajetos percorridos por material, foram reduzidos.

4.1.3.5 Cálculo de distância percorrida por material

Para demonstrar esses resultados de forma quantitativa, foram determinadas as distâncias percorridas por material em cada um dos layouts a fim de calcular o deslocamento associado aos fluxos de material no setor.

Neste cálculo, feito para cada layout, separadamente, a intensidade de fluxo - medida em quantidade de deslocamentos, em média, por dia, como mostra a figura 20 no caso do layout original, e a tabela 3 correspondendo ao layout proposto - entre cada par de áreas do layout é multiplicada pela distância percorrida pelo material entre as áreas correspondentes. (Essa distância equivale ao comprimento das linhas que ligam cada par de área nas figuras 32 e 33. A figura 32 representa os deslocamentos no layout atual e a figura 33 no layout proposto. Buscou-se encontrar o “ponto médio” para colocar as linhas, ou seja, “uma posição média” aproximada por onde o material entra/sai. Assumiu-se que essa foi a maneira mais coerente e adequada de tentar representar as distâncias reais percorridas. Sendo assim, uma vez que os carros são posicionados em diferentes e variados pontos/lugares da área, as medidas de distância/deslocamento são aproximadas. Vale ressaltar que essas medidas foram determinadas de modo coerente, imparcial e seguindo uma mesma lógica para os dois layouts).

Na sequência, uma vez obtidos todos esses resultados, de cada par de área, somam-se todos os valores a fim de obter um resultado que represente a distância total percorrida por material no setor segundo o layout analisado. Assim, a partir desses resultados, é possível saber em qual layout o deslocamento total de material é menor e o fluxo de materiais acontece e está organizado de forma mais eficiente.

A tabela 4 mostra os valores referentes aos fluxos de material no layout proposto, enquanto que a tabela 5 mostra os valores referentes aos fluxos de material no layout atual.

A linha de cor bege das tabelas 4 e 5 denota o par de áreas entre as quais há fluxo de material, e as três linhas abaixo dela significam, respectivamente, a distância, em metros, percorrida por material, a intensidade do fluxo (em quantidade de movimentação de material, em média, por dia) e o resultado da multiplicação entre as duas linhas anteriores, e a linha de cor amarela mostra o resultado representando a distância total percorrida por material no setor.

Tabela 4 – Cálculo de distância percorrida por material do layout proposto.

1 ---> 4	4 ---> 3	4 ---> 2	4 ---> 5	Área de repasse ---> 2	Área de repasse ---> 5	2 ---> 5	5 ---> descarte
3,26	2,9	7,1	7,08	14,6	6,25	14,7	12,72
192	36	156	9,33	36	43	17	12,67
625,92	104,4	1107,6	66,06	525,6	268,75	249,9	161,16
RESULTADO FINAL: 5279 metros							

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5 – Cálculo de distância percorrida por material do layout atual.

1 ---> 4	4 ---> 3.1	4 ---> 3.2	4 ---> 3.3	4 ---> 2	4 ---> 5.1	4 ---> 5.2	3.1 ---> Área de repasse	3.2 ---> Área de repasse
7,58	4,71	9,13	9,13	4,56	31,28	22,75	20,32	13,78
192	12	12	12	156	4,66	4,66	12	12
1455,36	56,52	109,56	109,56	711,36	145,76	106,01	243,84	165,36
3.3 ---> Área de repasse	Área de repasse ---> 2	Área de repasse ---> 5.1	Área de repasse ---> 5.2	2 ---> 5.1	2 ---> 5.2	5.1 ---> descarte	5.2 ---> descarte	
19,54	30,18	4,57	4,57	37,18	28,67	30,03	21,51	
12	36	21,5	21,5	8,5	8,5	6,33	6,33	
234,48	1086,48	98,25	98,25	316,03	243,7	190,09	136,16	
RESULTADO FINAL: 7676,4 metros								

Fonte: Elaborado pelo autor.

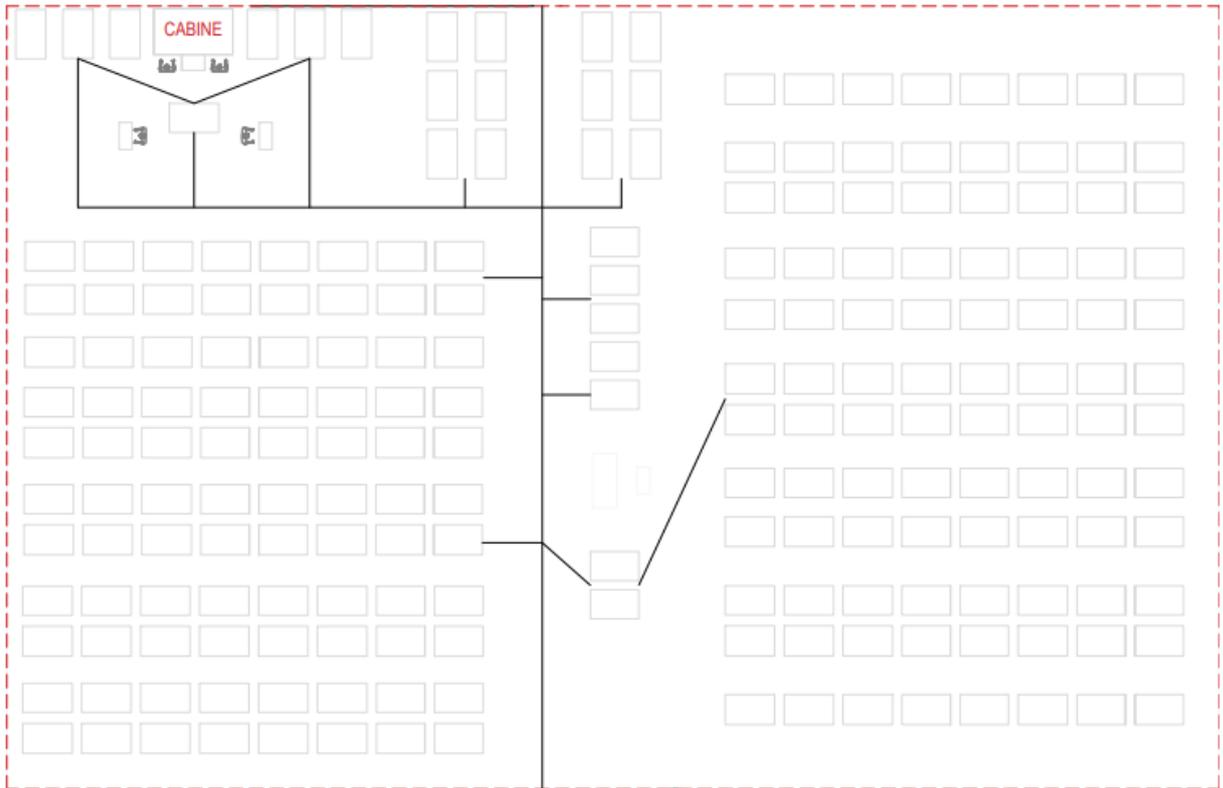
4.1.3.6 Resultados obtidos do cálculo de distância percorrida

Verifica-se que a distância total percorrida do layout proposto (5279 metros) é consideravelmente menor em relação ao atual (7676,4 metros). A diferença equivale a 31,23% em relação à distância no layout atual. Disso se conclui que o layout proposto é mais eficiente em questão de fluxo de material, isto é, que o fluxo de material no setor foi otimizado com o rearranjo de layout proposto.

Além disso, outra modificação que teve um impacto relevante nos resultados foi em relação à área 3 e à área de repasse, por propiciar que as fileiras sejam formadas de tal maneira que os primeiros carros que entram sejam os primeiros a terem suas peças reparadas (o que não é propício com o layout atual). Assim, essa nova configuração de posicionamento e fluxo dos carrinhos viabiliza que os carros de repasse se movimentem na ordem certa (segundo o PEPS) e conforme os padrões de movimentação planejados no *Kanban*, cujo projeto será apresentado no tópico seguinte.

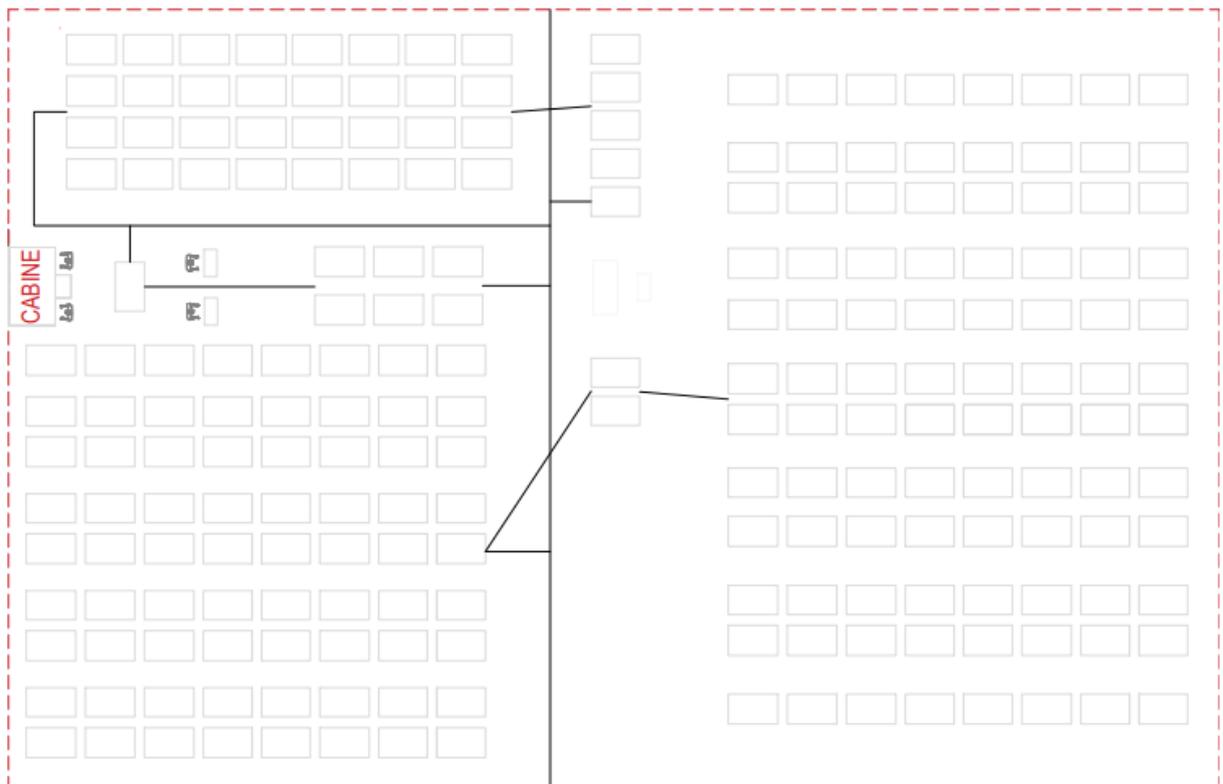
Somado isso, a escolha de transformar as áreas 3.1, 3.2, 3.3 em uma só área fez uma diferença significativa para que os fluxos fossem melhor organizados, pois diminuiu a “diversidade” de fluxos, isto é, a quantidade de ligações/inter-relações entre áreas diferentes entre as quais há fluxo de material, deixando menos “poluído” o espaço e otimizando o seu aproveitamento. E, por fim, é importante destacar também que a unificação da área 5 e a sua nova localização contribuíram consideravelmente para um melhor fluxo de material nessa área.

Figura 32 – Deslocamento de material no layout atual.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 33 – Deslocamento de material no layout proposto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 KANBAN

4.2.1 O propósito da aplicação do *Kanban* neste trabalho

O propósito é que este *Kanban* seja um quadro de gestão à vista, que coloca à disposição de todos as informações de momento relativas ao andamento do processo e ao fluxo do trabalho, além de orientar/ordenar os processos de retirada e deslocamento das peças, indicando em qual lugar posicionar as peças e de onde retirá-las.

O problema que o *Kanban* busca eliminar é a falta de padronização e ordem em relação à organização física dos carros e às operações de posicionar e retirar os carros das áreas. Não existe uma ordem ou um padrão na escolha/determinação de qual carro ou fileira movimentar, nem em qual posição na área certa colocar. Os carros são apostos na sua área correspondente, porém o local onde posicionar e de onde retirar o carro não segue nenhum critério, de modo que o carro é escolhido de modo aleatório e a posição na área para onde ele será movimentado também é.

Assim, por não ser possível saber qual é o carro que está há mais tempo em espera no setor (ou seja, que saiu primeiro do secador), ocorre de alguns carros ficarem mantidos em estoque por um tempo além do apropriado e, por isso, a peça apresentar algum tipo de defeito lá no final do processo, como produto acabado.

De forma prática, este problema de a peça ficar mais que o tempo devido em espera para ser retirada acontece porque nas áreas 2 e 3 (do layout original) as peças são colocadas no sentido da parede para o centro, e são retiradas no sentido/ordem do centro para a parede. Ou seja, nessas áreas, à medida que os carros vão chegando, aleatoriamente um lugar na área é escolhido para posicionar eles, e eles vão sendo posicionados de maneira a não deixar espaço entre ele e a parede, ou entre ele o último carro que entrou antes na fileira. O primeiro carro que forma uma fileira sempre estará “encostado” na parede, e o segundo vem “encostado” nele, o terceiro carro próximo ao segundo e assim por diante. Ao retirar um carro de uma fileira, é retirado o último carro no sentido da parede para o centro, ou seja, mais distante da parede. É comum acontecer de os carros chegarem e ir completando as fileiras já formadas, cujos primeiros carros, mais próximos à parede, já estão ali há horas. E também pode ocorrer de, à medida que vão sendo retirados os últimos carros da fileira, no sentido da parede para o centro, serem colocados outros carros nas últimas posições, fazendo com que os primeiros carros fiquem ali por mais tempo até que sejam retirados. A tendência natural, na formação de uma fileira neste sentido “da parede para o centro” (em que os primeiros vão para a parede e os

últimos vão se distanciando da parede), é que o primeiro carro que entra seja o último a sair, e o último que entra seja o primeiro sair (método UEPS) – que é justamente o contrário do método PEPS (primeiro que entra, primeiro que sai). E assim é descrito o funcionamento do fluxo de produção no setor de inspeção atualmente.

Por essa razão, foi adotado o método PEPS para que a movimentação das peças ao longo do fluxo respeite a regra de dar saída nas peças que entraram primeiro no processo. E para gerenciar e controlar os fluxos dos carros (determinando qual carro movimentar, em que posição colocar e em que momento) segundo o método PEPS, foi implementado o *Kanban*, de modo a garantir que as peças sigam para a próxima etapa do processo dentro do prazo necessário. Dessa maneira, espera-se que baixe o índice de produtos – acabados - reprovados por apresentar defeito associado a essa questão do longo tempo de armazenamento na área.

É necessário destacar que o *Kanban* foi projetado para ser aplicado sobre o layout gerado/proposto no tópico anterior.

4.2.2 O tipo de *Kanban* utilizado

Foi identificado que o modelo de *Kanban* escolhido para gerenciar este fluxo de produção é o de movimentação. Neste *Kanban* produzido, os cartões de movimentação informam a localização dos carros e permitem saber em que ordem/sequência os carros deverão ser retirados ou em que posição deverão/poderão ser introduzidos. Eles autorizam a transferência de um lote determinado de peças, depositados/estocados em uma das áreas do processo, de uma estação de trabalho (de alimentação) para a estação de trabalho seguinte (de consumo). Dessa maneira, esses cartões de requisição ou de movimentação podem ser entendidos como uma requisição de materiais ou como uma autorização para apanhar as peças. Vale ressaltar também que se trata de *Kanban* interno pois ele o controla a movimentação das peças entre as etapas ou fases de produção, ou seja, as peças movimentadas não saem de dentro da empresa.

4.2.3 O funcionamento dos quadros *Kanban*

Para o desenvolvimento do *Kanban*, foi definido um padrão de organização, disposição e fluxo dessas informações no quadro a fim de regular e gerenciar o fluxo de produtos em processo. Os processos de movimentação e estocagem de peças seguirão uma ordem, indicada pelo *Kanban*. O quadro está organizado em colunas e cartões, e é neste quadro que os cartões

são posicionados e movimentados manualmente pelos próprios colaboradores, à medida que movimentam e deslocam os carrinhos de acordo com cada fase/etapa do processo. Dessa forma, os cartões se movimentam no quadro à medida que os carrinhos fluem pelo processo.

Foram criados dois quadros *Kanban* denominados de *Kanban* principal e de *Kanban* de repasse, sendo que o principal é utilizado para gerenciar e controlar os fluxos entre as áreas 1, 2, 3 e 4, e o de repasse para gerenciar e controlar os fluxos na área 3.

4.2.4 *Kanban* principal

No *Kanban* principal, as colunas representam a fase ou momento em que se encontra cada fileira de peça. A primeira coluna (SECADOR) corresponde às fileiras que estão saindo do secador e que ainda não foram inspecionadas, isto é, localizadas na saída do secador. A segunda coluna (TRANSIÇÃO) significa a transição que está sendo feita no momento, indicando qual fileira na saída do secador está sendo inspecionada no momento e para qual posição (número) na área 2 os carrinhos dessa fileira estão indo – para formar uma nova fileira. A terceira coluna (*TO DO*) representa as fileiras na área 2 que estão prontas para começarem a ter seus carros retirados pela estação de trabalho seguinte (esmaltação). Em outras palavras, assim que todos os carros de uma fileira do secador são inspecionados, é formada uma fileira na área 2 e o cartão com o número representando a posição dessa fileira é movimentado da segunda coluna para a terceira coluna, demonstrando que esta fileira está “liberada” para ter seus carros consumidos. A quarta coluna (*DOING*) representa a fileira na área cujos carrinhos de peças estão sendo retirados pela esmaltação naquele instante. E assim que uma fileira toda acaba de ser retirada, o cartão que a representa deve ser movimentado da quarta para a quinta coluna (*DONE*), indicando que aquela fileira já foi “consumida” e que está vazia, disponível para ser reabastecida (livre para receber uma fileira de peças conformes proveniente do secador). Desse modo, os cartões posicionados na quinta coluna estão “livres” para serem colocados na segunda coluna, para indicar a posição em que uma fileira de peças conformes está sendo formada na área 2 naquele momento.

Desse modo, os cartões são números que representam a posição onde se encontra uma fileira de carros formada (colunas 1 e 3), ou onde uma fileira está sendo formada/desfeita (coluna 2, este é o momento de inspeção/transição, no qual é desfeita uma fileira na área 1 e formada uma outra na área 2), ou onde uma fileira está sendo desfeita (coluna 4, fileira sendo consumida pela esmaltação) ou onde uma fileira de carros poderá ser formada (coluna 5, fileira vazia).

O quadro principal é formado por quatro linhas (sem contar os títulos), cada qual corresponde a um modelo de bacia diferente, por isso as linhas separadas por código de peça: 18353, 18303, 09355, 50355.

A ordem de movimentação dos cartões no quadro principal segue da esquerda para a direita, conforme a regra PEPS (primeiro que entra, primeiro que sai). Os cartões entram na primeira coluna à esquerda, representando a primeira etapa do processo (peças que saem do secador) e vão andando no sentido da esquerda para a direita até chegar na última coluna, que representa o último processo (de retirada das peças/ saída das peças deste fluxo produtivo analisado). Sendo assim, o cartão que estiver mais à direita em uma coluna, é o primeiro a ser movimentado para a coluna seguinte (à direita), essa é a ordem.

As fileiras de peças saindo do secador (posicionadas na área 1) vão da posição 1 à posição 12, estando estes números indicados nas portas do secador (dizer “fileira 2” equivale a dizer “fileira localizada na posição 2”, e isso para todos os casos). Há 3 secadores, sendo que de cada um saem 4 fileiras de 8 carros cada, de modo paralelo, ou seja, uma fileira ao lado da outra, totalizando assim 12 fileiras. Cada uma dessas fileiras tem um número que a representa, este número corresponde à posição da fileira na saída do secador, que, como já foi dito, vai de 1 a 12 e está indicado em cada uma das 12 portas do secador por onde saem os carros. Já os carros mantidos em estoque na área de peças conformes (área 2) formam fileiras que podem ir da posição 5 à posição 13, estando esses números sinalizados na parede. Cada fileira dessas tem um número que a representa, este número corresponde à posição em que se encontra a fileira.

Sobre os cartões usados no quadro principal, os cartões amarelos são para representar a posição da fileira na saída do secador, por isso os seus números vão de 1 a 12 e só podem aparecer na coluna 1 ou na 2. Enquanto que os cartões verdes são usados para representar as fileiras/posições relativas à área 2, que vão de 5 a 13 e só podem aparecer na coluna 2, 3, 4 ou 5.

Quando o colaborador inicia a inspeção de uma determinada fileira do secador, ou seja, do primeiro carro desta fileira, ele determina para qual posição na área 2 os carros contendo peças conformes dessa fileira serão carregadas. O colaborador procurará alguma posição que esteja vazia, ou seja, cujo cartão correspondente esteja posicionado na quinta coluna, e começar a levar os carrinhos até ela. Neste instante, ele pega o cartão correspondente da quinta coluna e movimenta para a segunda coluna (de transição), para indicar que os carrinhos estão sendo enfileirados em tal posição. No mesmo instante, ele movimenta o cartão amarelo representando a fileira do secador que começou a ser inspecionada da primeira coluna para a segunda coluna,

à esquerda do cartão verde, indicando então segunda coluna qual é a movimentação/transição que está sendo feita da área 1 para a área 2;

Todas as peças conformes inspecionadas de uma mesma fileira que saiu do secador precisam estar numa mesma fileira na área 2, ou seja, à medida que vão sendo formados carros contendo peças conformes de uma mesma fileira que sai do secador, esses carros vão formando uma fileira para ser posicionada na área 2; de maneira que, se não fecharem os oito carros e/ou se sobrar espaço em um carro, havendo assim espaço para mais carro/peça, não é permitido, por via de regra, complementar a fileira com carros/peças de outra fileira do secador. Nesse caso, forma-se ou uma fileira com menos de 8 carros, ou uma fileira com o oitavo carro incompleto ou uma fileira com menos de 8 carros e com o último carro incompleto. A única situação em que essas fileiras incompletas podem ser completadas é no caso de carros com peças reparadas que chegam da área 3.

É importante frisar que quando há um cartão na quarta coluna, todos os carros da fileira correspondente precisam ser retirados antes que se comece a retirar carros (do mesmo modelo de peça) de uma outra fileira, isso equivale a dizer que os carros contendo peças do mesmo modelo devem ser retirados fileira por fileira, uma por vez (jamais, por via de regra, carros de diferentes fileiras devem ser retirados simultaneamente, a não ser que sejam fileiras formadas de carros que contenham peças de modelos diferentes). Assim, só pode haver um cartão por vez na coluna “*DOING*” de uma mesma linha, de modo que quando a fileira tem todos os seus carros consumidos pela esmaltação, o cartão correspondente é movimentado da coluna “*DOING*” para a coluna “*DONE*”, ficando essa posição disponível para receber um novo lote de carros.

No momento em que as peças reparadas são movimentadas para a área 2, o colaborador verificará se há cartões na terceira coluna do quadro (*TO DO*), na linha correspondente ao modelo de peça que ele está reparando, que correspondem à fileira com menos de 8 carrinhos. Em caso positivo, ele escolherá a fileira correspondente ao cartão que está mais à direita da coluna e a completará/preencherá com os carrinhos que ele está reparando. Após completada essa fileira e havendo mais carros com aquele tipo de peça nas filas de repasse, o colaborador verificará se há alguma outra na mesma condição e repetirá o mesmo processo (e sempre pegando a fileira correspondente ao cartão que estiver mais à direita da coluna), até que não encontre mais. Caso não haja cartões na terceira coluna que correspondem à fileira com menos de 8 carrinhos daquele determinado tipo de peça que está sendo reparado, o colaborador procurará uma posição qualquer na área 2 que estiver vazia, ou seja, um cartão correspondente

na quinta coluna, e começará a levar os carrinhos até ela, iniciando a formação de uma nova fileira (contendo carros que carreguem só aquele tipo de peça). Isso deve ser feito separadamente por modelo de peça; toda vez que o colaborador terminar de fazer o reparo do primeiro carro de um determinado modelo de peça, inicia-se o processo de formar uma nova fileira a partir daquele primeiro carrinho. Caso esta fileira seja completada com 8 carrinhos, o colaborador deve pegar o cartão correspondente à fileira que ele formou e colocar na terceira coluna, à direita de todos os outros que estiver nesta coluna (se houver). E se ainda houver, depois de fechada a fileira com 8 carrinhos, mais carros na fila de reparo com aquele mesmo modelo de peça, o colaborador repete o processo de procurar uma nova posição disponível para a formação de uma outra fileira com aqueles carros. Caso ocorra de acabarem os carrinhos de reparo daquele modelo de bacia (não tendo mais na fila de repasse carros com aquele tipo de peça) e a fileira não fechar em 8 carros (tendo menos de 8), não tem problema, o colaborador deve pegar o cartão correspondente à fileira que ele formou e colocar na terceira coluna, à direita de todos os outros que estiver nesta coluna (se houver). E se acontecer de acabar o tempo de atividade de reparo já tendo iniciado a formação de uma fileira (ou seja, estando a fileira em “construção”) ou uma fileira completa de 8 peças seja formada (caso já mencionado), o colaborador deve pegar o cartão correspondente à fileira que ele formou e colocar na terceira coluna, à direita de todos os outros que estiver nesta coluna (se houver). Esse procedimento (regra) foi escolhido pois coloca as peças que passaram pelo repasse à frente no processo das peças que vieram direto do secador, e isso está alinhado com o objetivo de minimizar o tempo em que a peça fica nesta etapa do processo até passar para a fase seguinte, da esmaltação (uma vez que as peças do repasse saíam do secador há mais tempo e estão há mais tempo no setor em questão).

É importante fazer algumas considerações:

- Um carrinho é capaz de comportar até 18 peças;
- Quando se diz que um carro está completo, significa que nele há 18 peças;
- Oito é a quantidade máxima de carros que pode haver numa fileira;
- Cada fileira de carros só pode conter um único modelo de peça;
- Necessariamente toda carga de peças que sai de um secador sai em 4 fileiras contendo 8 carros completos cada;
- De um mesmo secador podem sair peças de diferentes modelos, desde que cada fileira do secador contenha só um modelo de peça;
- Os carros reparados na área 3 são encaminhados para a área 2 e posicionados nas fileiras separadamente por tipo de peça;

- Toda fileira que sai do secador (situada na área 1), havendo peças conformes, formará necessariamente uma nova fileira na área 2, ou seja, a fileira inspecionada de onde saírem carrinhos com peças conformes nunca poderá enviar esses carrinhos para uma fileira já contendo carro (s) na área 2;

- Enquanto os cartões verdes relativos às fileiras na área 2 (que foram esvaziadas e estão livres) ficam na coluna 5, os cartões amarelos (relativos às posições da área 1 que estão vazias) são mantidos no canto inferior esquerdo do quadro.

4.2.5 Kanban de repasse

Caso na fase de inspeção sejam identificadas peças com algum defeito, tais peças vão sendo juntadas num mesmo carrinho, separadamente por modelo de peça, até formar um carrinho com 18 peças, momento então em que o carro é levado até a área 3. Nesta área há espaço para 4 fileiras de carros, enumeradas de 1 a 4 (figura 32), indicando a posição em que cada fileira se encontra.

No quadro *Kanban* de repasse, há três colunas e os cartões se movimentam no sentido da esquerda para a direita. Na primeira coluna (VAZIO) aparecem os cartões com os números representando a posição que está livre para receber carro com peças defeituosas e formar uma fileira. A segunda coluna (CARREGANDO) representa a fileira que está sendo formada ou recebendo carrinhos com peça defeituosa naquele momento. Na terceira coluna (PRONTO) ficam os cartões que representam as fileiras prontas para serem reparadas, ou seja, as fileiras cujos carros podem ser puxados para que as peças sejam reparadas. Como a sequência é da esquerda para a direita, isso significa que as fileiras representadas pelos cartões da terceira coluna que estão mais à direita são as primeiras a serem puxadas para a cabine de reparo.

Todos os cartões desse quadro citados até aqui ficam na primeira linha e são da cor vermelha. O cartão posicionado na segunda linha (de cor alaranjada), da terceira coluna, indica a quantidade de carros que faltam ser reparados daquela fileira. Dessa forma, os cartões vermelhos representam as fileiras/posições relativas à área 3 (esses cartões vão de 1 a 4) e os cartões laranjas indicam a quantidade de peças que estão faltando naquela fileira representada pelo cartão acima para serem reparadas.

É importante ressaltar que, estando todas as outras fileiras cheias e não havendo mais espaço para colocar carrinho com peças defeituosas (e somente nessa condição), a fileira que “ficou pela metade”, em função de não ter sido possível reparar todos os carros da fileira (por conta do tempo), pode receber carros até fechar os oito carros da fileira. Nessa situação, mesmo

a fileira correspondente podendo receber carros, o cartão continua na terceira coluna, para que essa fileira seja a primeira a ser puxada no próximo horário designado para fazer o reparo das peças (pois ela foi a fileira que ainda não acabou de ser reparada por completo). Por isso a necessidade de se colocar um cartão na linha abaixo indicando quantos carrinhos da fileira faltavam para serem reparados no momento em que o processo de reparação foi “interrompido”, pois assim faz com que os carrinhos que ficaram faltando reparar (e que estão há mais tempo aguardando) sejam os primeiros a serem reparados – os carros que chegaram na fileira depois não são reparados neste momento. Assim que eles forem reparados, se tiver havido a necessidade de colocar mais carros além dos que já estavam, o cartão vai para a coluna 2 (uma vez que ainda cabem carros ainda na fileira), se não tiver havido a necessidade de colocar carros nessa fileira (ou seja, se ficaram só os carros que faltaram reparar mesmo), naturalmente a fileira é esvaziada e o cartão correspondente vai para a primeira coluna, de vazio. É válido salientar também que se não houver nenhum cartão na terceira coluna, a fileira correspondente ao primeiro cartão à direita que estiver na segunda coluna é a primeira a ser reparada.

Sendo assim, para o *Kanban* de repasse, os cartões da primeira linha são números que representam a posição onde se encontra uma fileira de carros formada (coluna 3), ou onde uma fileira de carros está sendo formada (coluna 2), ou onde a fileira está vazia (coluna 1). Enquanto que os cartões posicionados na segunda linha correspondem à quantidade de carros que estão faltando na fileira indicada pelo cartão acima para serem reparadas.

A posição certa para onde o carrinho de peças com defeito deve ser movimentado é indicada ou pelo cartão posicionado na segunda coluna ou, caso não haja nenhum cartão nessa coluna, pelo cartão (caso houver mais de um, considerar o que estiver mais à direita da coluna) posicionado na primeira coluna ou, caso não haja nenhum cartão em nenhuma dessas duas colunas, pelo cartão posicionado na terceira coluna que ainda haja espaço para carros. À medida que os carros contendo peças defeituosas são formados na área 4 (não importa qual modelo de peça seja, pois as fileiras da área 3 podem receber carros de peças diferentes) e levados para a área 3, eles vão para a fileira indicada no quadro, entrando na fila, um atrás do outro, seguindo a ordem de chegada. As quatro posições destinadas a peças para reparo, na área 3, aceitam os carros misturados e de diferentes modelos de peças, no entanto num mesmo carro não pode haver mais de um modelo de peça;

Sempre no momento de escolher uma posição disponível na área 3 para iniciar a formação uma nova fileira de carros, o colaborador procurará a posição de maior numeração entre 1 e 4 que estiver vazia (pois a posição 4 está mais próxima das cabines onde é feito o reparo das peças do que as posições 3, 2 e 1, e isso encurta o deslocamento), ou seja, procurar

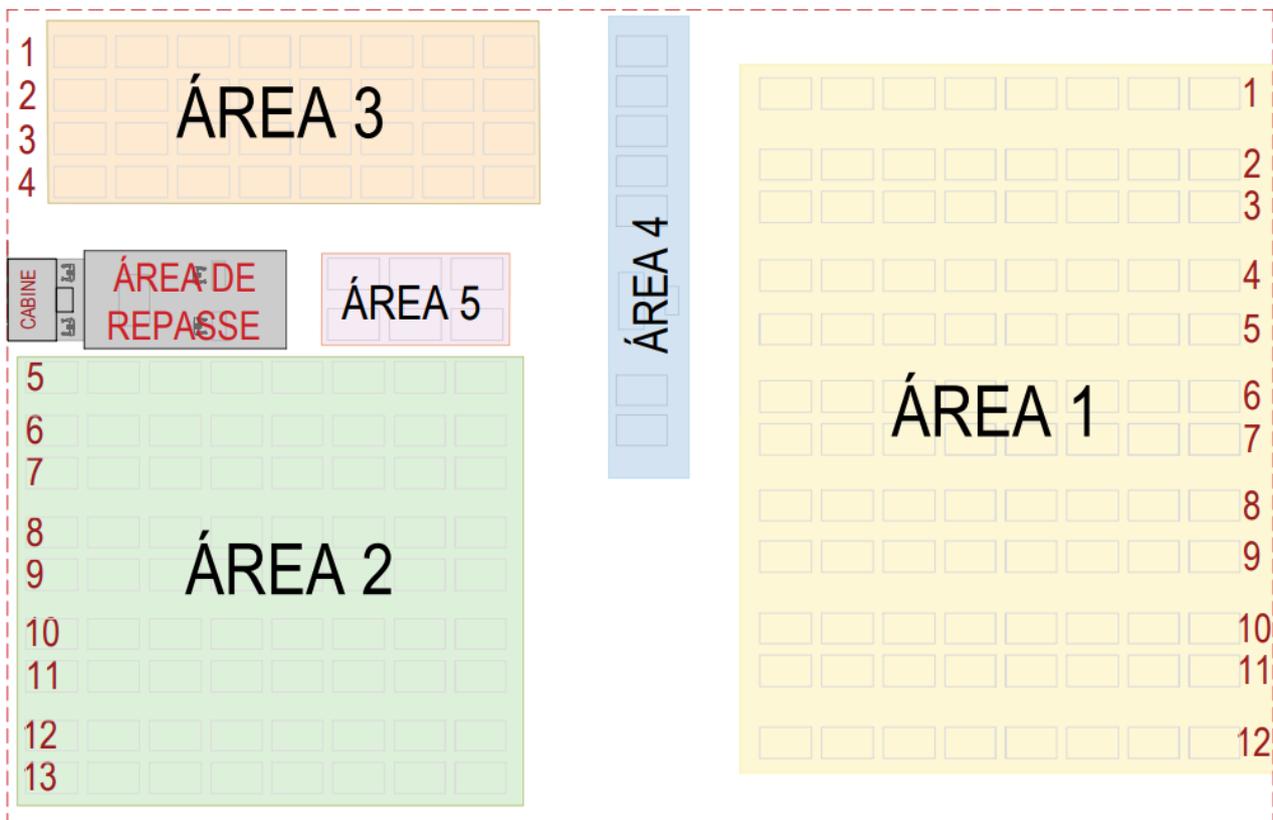
um cartão correspondente posicionado na primeira coluna, e começar a levar os carrinhos até ela. Neste instante, ele pega o cartão correspondente da primeira coluna e movimenta para a segunda coluna, para indicar que os carrinhos estão sendo enfileirados em tal posição.

OBS.: Os cartões laranjas, relativos à quantidade de carros da fileira que ficou faltando reparar, que não estão sendo utilizados no momento são mantidos no canto inferior esquerdo do quadro.

4.2.6 Apresentação dos quadros *Kanban* e do espaço físico para o qual ele foi projetado

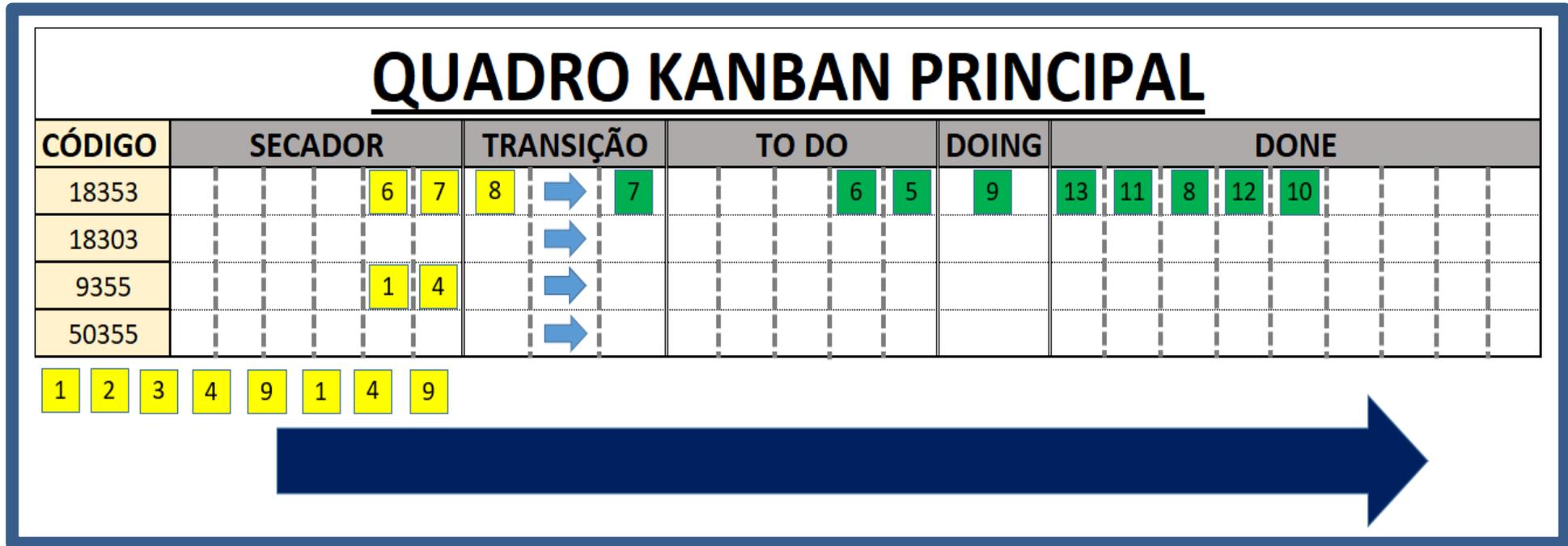
A figura 34 representa o espaço físico, ou o layout, onde o *Kanban* foi projetado para ser aplicado, indicando as posições de 1 a 12 referentes às fileiras que saem do secador e as posições de 1 a 13 relativas às áreas 2 e 3.

Figura 34 – Layout para o qual o *Kanban* foi projetado.



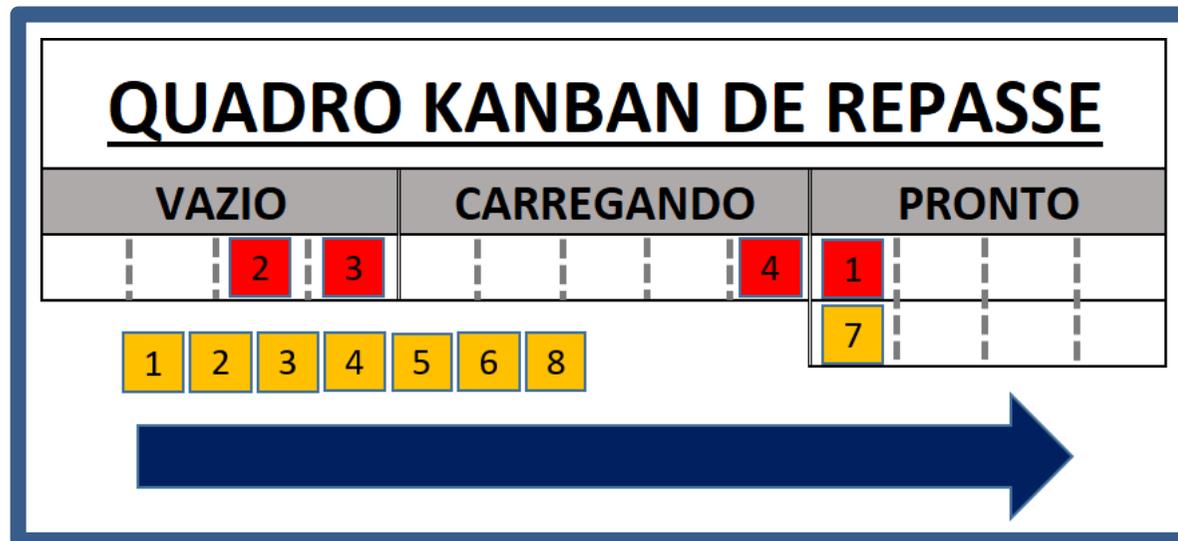
Fonte: Elaborado pelo autor.

Seguem o modelo do quadro *Kanban* principal (figura 35) e o do quadro *Kanban* de repasse (figura 36) que foram desenvolvidos, mostrando as linhas e colunas que os compõem, bem como as posições onde são colocados os cartões.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 36 – Quadro Kanban de repasse.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme abordado neste trabalho, o arranjo físico é um fator de fundamental importância na eficiência dos processos produtivos e na otimização dos fluxos de material. Dessa maneira, um dos propósitos do trabalho foi desenvolver um projeto de rearranjo de layout (com base na metodologia *SLP*) para o setor de inspeção da fábrica Louças Sanitárias Brasil visando obter uma organização física dos departamentos, dos produtos em processos e de seus fluxos mais adequada e eficiente – além de viabilizar a implementação dos quadros *Kanban*.

Os resultados apresentados mostram que o conhecimento dos processos e fluxos associados, das inter-relações entre as áreas e dos espaços disponíveis e necessários são fundamentais na definição de um arranjo físico adequado. Por essa razão, a adoção da metodologia *SLP*, com a aplicação das ferramentas e a observação das etapas propostas por Muther, mostrou-se efetivamente válida e eficaz no desenvolvimento deste projeto.

A partir dos resultados apresentados do projeto de rearranjo do layout, pode-se concluir que no layout proposto os fluxos de carros/peças ficam menos confusos e mais bem organizados que o atual e que as distâncias entre as áreas, os deslocamentos de material e os cruzamentos de fluxos são reduzidos, além de haver menor quantidade de pares de áreas entre as quais há fluxo de material (isto é, quantidade de ligações/inter-relação entre áreas diferentes). A partir desta proposta, observa-se que as áreas estão melhores dispostas no espaço e de maneira mais adequada aos fluxos, o que significa que a nova disposição física das áreas torna os fluxos dos produtos mais claros e menos embaraçados, deixando menos “poluído” o espaço e otimizando o seu aproveitamento.

Além disso, como resultado do projeto, a área 3 foi adequada de acordo com a capacidade de armazenamento (tamanho) necessária, que no layout original está mal planejada.

Dessa maneira, conclui-se que o resultado deste projeto de rearranjo de layout favorece os processos de movimentação e armazenamento de carros/peças do setor, isto é, otimiza os fluxos de material e, logo, por consequência, minimiza o desperdício de excesso de transporte de material.

Somado a isso, a partir do layout proposto, com uma nova configuração de disposição e fluxo de materiais no setor, foi desenvolvido um sistema de gestão à vista por meio de quadros *Kanban* os quais, concluiu-se, podem ser eficazes no controle e o gerenciamento do fluxo de trabalho (mais especificamente dos processos de entrada e saída de material). Tornou-se necessário adotar o método PEPS para que a movimentação dos carros ao longo do fluxo respeitasse a regra de dar saída nas peças que entraram primeiro no processo.

A ferramenta *Kanban* se mostrou potencialmente útil e capaz de resolver o problema das peças defeituosas cujas não conformidades são provocadas pela falta de controle dos fluxos de material pelo setor, que faz com que a peça não seja movimentada adiante no processo dentro do prazo necessário (sabe-se que, quanto mais tempo a peça fica em espera, mais propícia ela fica a apresentar defeitos).

Sendo assim, com os quadros *Kanban* sendo utilizados para controlar e regular as movimentações dos carros entre as áreas, (determinando qual carro movimentar, em que posição colocar e em que momento) de acordo com o método PEPS, tem-se como resultado a movimentação das peças na ordem certa para não extrapolar o tempo limite de “espera” (que é a causa dos defeitos citados acima).

Dessa maneira, espera-se que seja reduzido o índice de produtos – acabados - reprovados por apresentar defeito associado a essa questão do longo tempo de armazenamento na área e, por conseguinte, seja minimizado o desperdício de “defeitos e retrabalhos”.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERBEL, N. A. N. **Metodologia da problematização: experiências com questões de ensino superior**. Londrina: EDUEL, 1998.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies (contemporary social research)**. 1st ed. London: Routledge, 1989.

CHARBEL, Antonio Atalla. FIFO/PEPS no Estoque/Almoxarifado. 2007

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração de Materiais: uma abordagem introdutória**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CORRÊA, Henrique L. & CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2010.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just In Time, MRP II e OPT**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1996.

ESPARRAGO JR, R. A. Kanban. **Production and Inventory Management Journal**. 1º Quarter, 1988, p. 6-10.

FALCONI, V. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do dia a dia**, 9ª Edição, Editora Falconi, 2013.

FRANCISCHINI, Paulino G.; GURGEL, Floriano do A. **Administração de Materiais e do Patrimônio**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GALSWORTH, G.D. **Visual Workplace**, Visual Thinking. Visual-Lean Enterprise Press, Portland, ME, 2005.

IVANQUI, I. L. **Um modelo para a solução do problema de arranjo físico de instalações interligadas por corredores**. Tese de doutorado, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

KRAFCIK, J. **Triumph of the lean production system**. MIT Sloan Management Review, Vol. 30 No. 1, pp. 41-51, 1988.

LAGE, Muris. GODINHO, Moacir. **Adaptações ao Sistemas Kanban: revisão, classificação, análise e avaliação**. Gestão e Produção. Volume 15, número 1, São Carlos, 2008.

LINS, N. V. M.; HOLANDA, M. S. **Proposta de Gestão Visual da Produção Naval em Estaleiros**. XXII COPINAVAL. Congresso Panamericano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Portuária. Buenos Aires, AR, 2011.

MARTINS, P.; LAUGENI, F. **Administração da produção**. 2 Ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MOURA, R. A. **KANBAN. A Simplicidade do Controle da Produção**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, IMAM, 1989.

MUTHER, R. **Planejamento do layout: sistema SLP**. São Paulo: Edgard Blucher, 1986.

MUTHER, R. (1955). **Practical plant layout**. Nova Iorque: McGraw-hill.

MUTHER, R., & WHEELER, J. (2000). **Simplified Systematic Layout Planning**. 1ª ed. São Paulo: IMAM.

NUNES, S. **Gestão de produção e operações**. Batatais: Claretiano, 2013.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas, 1997.

Oliveira, I. M. D., da Paz, C. C., da Silva, A. M., & de Paula Ferreira, W. (2017). **Balanceamento de linha e arranjo físico: estudo de caso em uma linha de produção de cabines para máquinas de construção**. Exacta, 15(1), 101-110.

OLIVÉRIO, J.L. **Projeto de Fábrica: Produtos, Processos e Instalações Industriais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Livro Científico Ltda, 1985.

Rocha, F. B. A.; Campos, M. C.; Pacheco, N. O.; Silveira, R. R.; Falani, S. Y. A. (2011). **Estudo do layout através do SLP: uma proposta com validação pelo método score para uma fábrica de polpas de frutas.**

ROCHA, D. Fundamentos técnicos da produção – São Paulo: Makron Books, 1995

SCHULTZ, A. L. **Integrating lean visual management in facilities management systems.** School of the Built Environment College of Science and Technology University of Salford, Salford, UK, 2016.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção:** do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Editora Artes Médicas, 1996.

SILVA, E.L. da; MENEZES, E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001.

SILVA, Jessica Belém da; ANASTÁCIO, Francisca Alexandra de Macedo. **Método Kanban como Ferramenta de Controle de Gestão.** Id on Line Rev.Mult. Psic., 2019, vol.13, n.43, p. 1018-1027. ISSN: 1981-1179.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção e Materiais.** Tradução Maria Teresa C. de Oliveira. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOARES, P; SILVA, R E SCHIAVON, L. **Resultados obtidos com a implementação de conceitos de lean manufacturing em uma indústria metal – mecânica.** Revista Produção em destaque, BebedouroSP, 1: p.484-508,2017.

STEVENSON, W. J. (2001). **Administração das Operações de Produção.** Rio de Janeiro: LTC.

VASCONCELLOS, M. M. M. **Aspectos pedagógicos e filosóficos da metodologia da problematização.** Londrina: EDUEL, 1999. p. 29-59.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Figura A1 – Número de viagens realizadas.

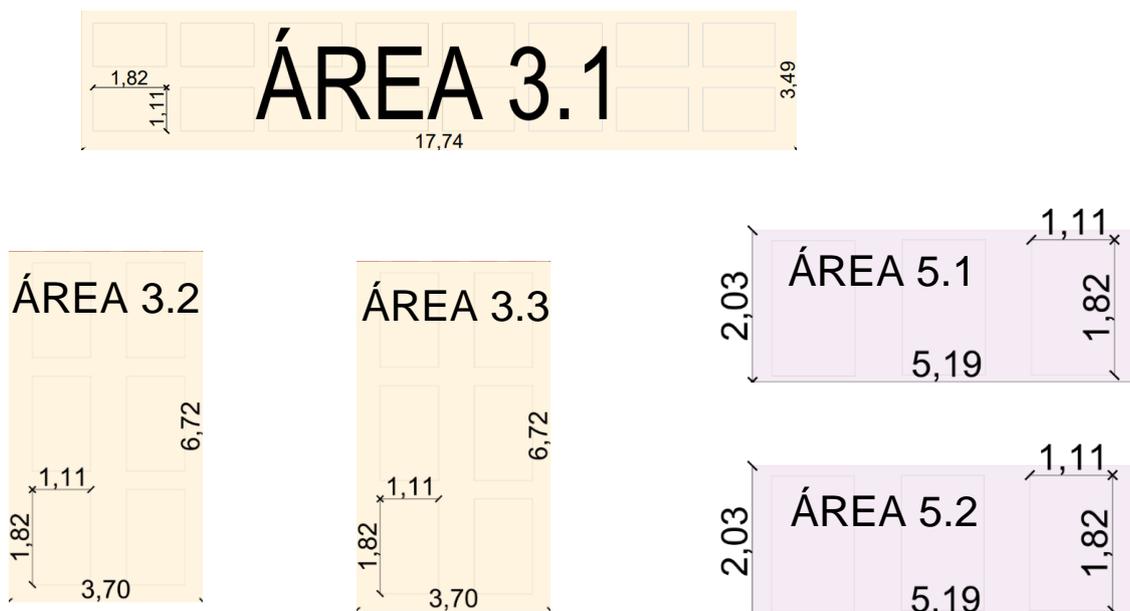
Número de viagens realizadas (transportando material), em média, por dia entre as áreas								
1 ---> 4	4 ---> 3	4 ---> 2	4 ---> 5	3 ---> 2	3 ---> 5	2 ---> esmaltação	2 ---> 5	5 ---> descarte
192 (transporte de carro)	36 (transporte de carro)	156 (transporte de carro)	9,33 (transporte de carro)	36 (transporte de carro)	43 (transporte de peça)	192 (transporte de carro)	17 (transporte de peça)	12,67 (transporte de carro)

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE B

Visto que as áreas 3 e 5 foram as únicas que tiveram a disposição física dos carros no seu interior alterada, o arranjo físico detalhado foi representado somente para essas áreas.

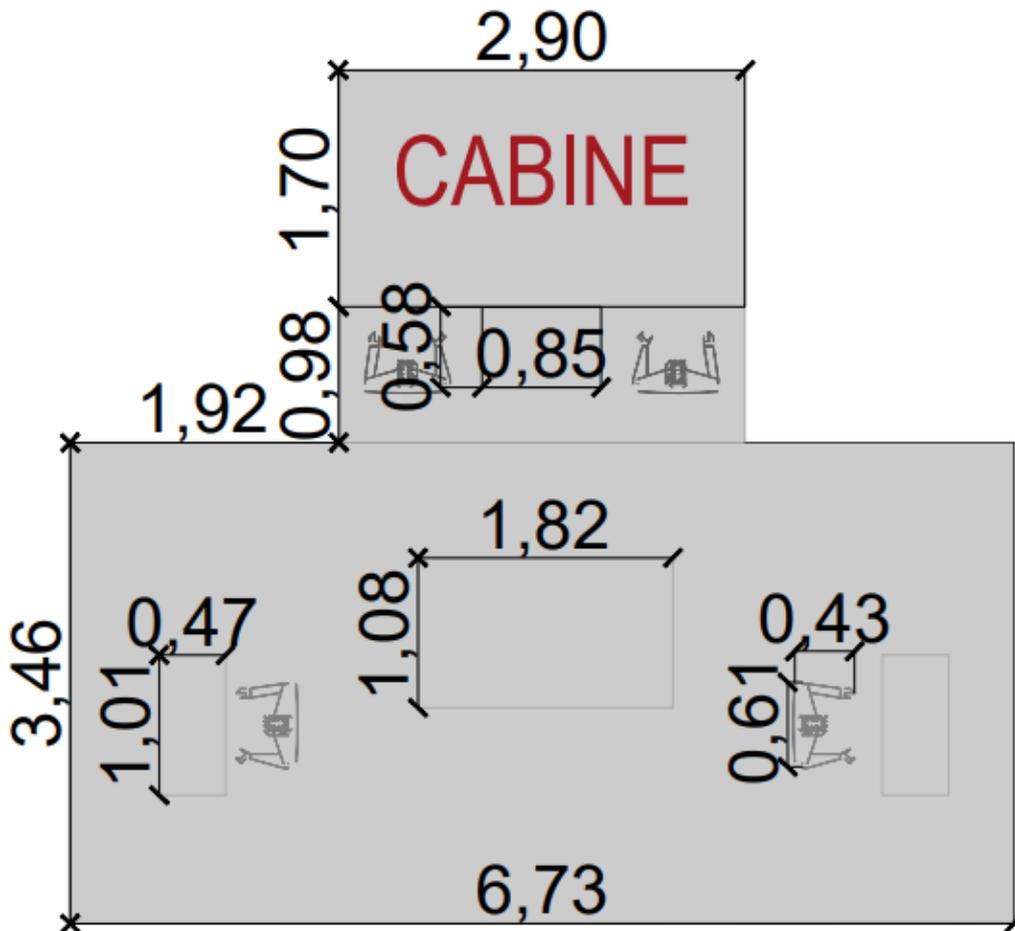
As figuras a seguir mostram o espaço das áreas 3 e 5 e como são organizados os carros dentro delas, as quais, posteriormente, foram modificadas. Nas figuras são apontadas as medidas de tamanho (dimensão e largura), em metros, do carro e da área. A área 3 foi adequada de acordo com a capacidade de armazenamento (tamanho) necessária e a área 5 de acordo com a organização física dos carros que a ocupam.



APÊNDICE C

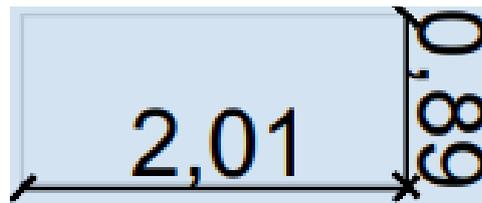
Seguem as medidas, em m², da bancada (figura C2), da cabine, do carro de transporte, do torno e do operador (figura C1), que são todos os elementos que ocupam espaço no setor analisado.

Figura C1 – Dimensões dos objetos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura C2 – Dimensões da bancada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

TAXA DE ENTRADA (POR LOTE DE 32 CARROS) DO SECADOR PARA A ÁREA 1					TAXA DE SAÍDA/ENTRADA DA ÁREA 1 PARA A ÁREA 4			
Número de observações	Intervalo de tempo	Volume de carros	Volume de peças		Número de observações	Intervalo de tempo	Volume de carros	Volume de peças
1	4 horas	32 carros	576	Peças	1	24 horas	190 carros	3420 peças
2	4 horas	32 carros	576	peças	2	24 horas	193 carros	3474 peças
3	4 horas	32 carros	576	peças	3	24 horas	192 carros	3456 peças
4	4 horas	32 carros	576	peças	4	24 horas	193 carros	3474 peças
5	4 horas	32 carros	576	peças	5	24 horas	193 carros	3474 peças
6	4 horas	32 carros	576	peças	6	24 horas	191 carros	3438 peças
7	4 horas	32 carros	576	peças	7	24 horas	191 carros	3438 peças
8	4 horas	32 carros	576	peças	8	24 horas	192 carros	3456 peças
9	4 horas	32 carros	576	peças	9	24 horas	192 carros	3456 peças
10	4 horas	32 carros	576	peças	10	24 horas	190 carros	3420 peças
11	4 horas	32 carros	576	peças	11	24 horas	191 carros	3438 peças
12	4 horas	32 carros	576	peças	12	24 horas	194 carros	3492 peças
13	4 horas	32 carros	576	peças	13	24 horas	192 carros	3456 peças
14	4 horas	32 carros	576	peças	14	24 horas	194 carros	3492 peças
15	4 horas	32 carros	576	peças	15	24 horas	191 carros	3438 peças
16	4 horas	32 carros	576	peças	16	24 horas	192 carros	3456 peças
17	4 horas	32 carros	576	peças	17	24 horas	191 carros	3438 peças
18	4 horas	32 carros	576	peças	18	24 horas	191 carros	3438 peças
19	4 horas	32 carros	576	peças	19	24 horas	192 carros	3456 peças
20	4 horas	32 carros	576	peças	20	24 horas	190 carros	3420 peças
21	4 horas	32 carros	576	peças	21	24 horas	191 carros	3438 peças
22	4 horas	32 carros	576	peças	22	24 horas	193 carros	3474 peças
23	4 horas	32 carros	576	peças	23	24 horas	193 carros	3474 peças
24	4 horas	32 carros	576	peças	24	24 horas	192 carros	3456 peças
25	4 horas	32 carros	576	peças	25	24 horas	193 carros	3474 peças
26	4 horas	32 carros	576	peças	26	24 horas	194 carros	3492 peças
27	4 horas	32 carros	576	peças	27	24 horas	190 carros	3420 peças
28	4 horas	32 carros	576	peças	28	24 horas	194 carros	3492 peças
29	4 horas	32 carros	576	peças	29	24 horas	193 carros	3474 peças
...	30	24 horas	192 carros	3456 peças

TAXA DE SAÍDA/ENTRADA DA ÁREA 4 PARA A ÁREA 3				TAXA DE SAÍDA/ENTRADA DA ÁREA 4 PARA A ÁREA 3			
Número de observações	Intervalo de tempo	Volume de carros	Volume de peças	Número de observações	Intervalo de tempo	Volume de carros	Volume de peças
1	12 horas	17 carros	306 peças	31	12 horas	18 carros	324 peças
2	12 horas	18 carros	324 peças	32	12 horas	18 carros	324 peças
3	12 horas	20 carros	360 peças	33	12 horas	17 carros	306 peças
4	12 horas	17 carros	306 peças	34	12 horas	16 carros	288 peças
5	12 horas	18 carros	324 peças	35	12 horas	20 carros	360 peças
6	12 horas	19 carros	342 peças	36	12 horas	18 carros	324 peças
7	12 horas	16 carros	288 peças	37	12 horas	18 carros	324 peças
8	12 horas	15 carros	270 peças	38	12 horas	16 carros	288 peças
9	12 horas	18 carros	324 peças	39	12 horas	17 carros	306 peças
10	12 horas	19 carros	342 peças	40	12 horas	18 carros	324 peças
11	12 horas	17 carros	306 peças	41	12 horas	19 carros	342 peças
12	12 horas	17 carros	306 peças	42	12 horas	21 carros	378 peças
13	12 horas	19 carros	342 peças	43	12 horas	17 carros	306 peças
14	12 horas	16 carros	288 peças	44	12 horas	17 carros	306 peças
15	12 horas	17 carros	306 peças	45	12 horas	16 carros	288 peças
16	12 horas	18 carros	324 peças	46	12 horas	18 carros	324 peças
17	12 horas	21 carros	378 peças	47	12 horas	18 carros	324 peças
18	12 horas	18 carros	324 peças	48	12 horas	19 carros	342 peças
19	12 horas	20 carros	360 peças	49	12 horas	18 carros	324 peças
20	12 horas	18 carros	324 peças	50	12 horas	19 carros	342 peças
21	12 horas	18 carros	324 peças	51	12 horas	20 carros	360 peças
22	12 horas	19 carros	342 peças	52	12 horas	19 carros	342 peças
23	12 horas	19 carros	342 peças	53	12 horas	19 carros	342 peças
24	12 horas	15 carros	270 peças	54	12 horas	16 carros	288 peças
25	12 horas	22 carros	396 peças	55	12 horas	16 carros	288 peças
26	12 horas	22 carros	396 peças	56	12 horas	17 carros	306 peças
27	12 horas	20 carros	360 peças	57	12 horas	18 carros	324 peças
28	12 horas	18 carros	324 peças	58	12 horas	18 carros	324 peças
29	12 horas	16 carros	288 peças	59	12 horas	17 carros	306 peças
30	12 horas	19 carros	342 peças	60	12 horas	16 carros	288 peças

TAXA DE SAÍDA/ENTRADA DA <u>ÁREA 4 PARA A ÁREA 2</u>				TAXA DE SAÍDA/ENTRADA DA <u>ÁREA 4 PARA A ÁREA 5</u>			
Número de observações	Intervalo de tempo	Volume de carros	Volume de peças	Número de observações	Intervalo de tempo	Volume de carros	Volume de peças
1	24 horas	157 carros	2651 peças	1	24 horas	9 carros	162 peças
2	24 horas	155 carros	2659 peças	2	24 horas	8 carros	144 peças
3	24 horas	155 carros	2618 peças	3	24 horas	9 carros	162 peças
4	24 horas	161 carros	2599 peças	4	24 horas	16 carros	288 peças
5	24 horas	155 carros	2612 peças	5	24 horas	9 carros	162 peças
6	24 horas	158 carros	2630 peças	6	24 horas	11 carros	198 peças
7	24 horas	157 carros	2674 peças	7	24 horas	8 carros	144 peças
8	24 horas	157 carros	2659 peças	8	24 horas	9 carros	162 peças
9	24 horas	153 carros	2633 peças	9	24 horas	6 carros	108 peças
10	24 horas	154 carros	2604 peças	10	24 horas	9 carros	162 peças
11	24 horas	155 carros	2641 peças	11	24 horas	8 carros	144 peças
12	24 horas	158 carros	2625 peças	12	24 horas	12 carros	216 peças
13	24 horas	148 carros	2629 peças	13	24 horas	3 carros	54 peças
14	24 horas	154 carros	2649 peças	14	24 horas	6 carros	108 peças
15	24 horas	157 carros	2632 peças	15	24 horas	10 carros	180 peças
16	24 horas	156 carros	2618 peças	16	24 horas	11 carros	198 peças
17	24 horas	159 carros	2649 peças	17	24 horas	12 carros	216 peças
18	24 horas	154 carros	2658 peças	18	24 horas	7 carros	126 peças
19	24 horas	158 carros	2640 peças	19	24 horas	12 carros	216 peças
20	24 horas	157 carros	2666 peças	20	24 horas	9 carros	162 peças
21	24 horas	152 carros	2621 peças	21	24 horas	7 carros	126 peças
22	24 horas	158 carros	2703 peças	22	24 horas	8 carros	144 peças
23	24 horas	158 carros	2649 peças	23	24 horas	11 carros	198 peças
24	24 horas	155 carros	2688 peças	24	24 horas	6 carros	108 peças
25	24 horas	155 carros	2618 peças	25	24 horas	10 carros	180 peças
26	24 horas	153 carros	2662 peças	26	24 horas	6 carros	108 peças
27	24 horas	157 carros	2628 peças	27	24 horas	11 carros	198 peças
28	24 horas	159 carros	2630 peças	28	24 horas	13 carros	234 peças
29	24 horas	156 carros	2642 peças	29	24 horas	10 carros	180 peças
30	24 horas	159 carros	2613 peças	30	24 horas	14 carros	252 peças

TAXA DE SAÍDA/ENTRADA (POR UNIDADE DE CARRO COMPLETO OU INCOMPLETO) DA ÁREA 3 PARA A ÁREA 2				TAXA DE SAÍDA/ENTRADA (POR UNIDADE DE PEÇA) DA ÁREA 3 PARA A ÁREA 5		
Número de observações	Intervalo de tempo	Volume de carros	Volume de peças	Número de observações	Intervalo de tempo	Volume de peças
1	12 horas	17 carros	287 peças	1	12 horas	19 peças
2	12 horas	18 carros	300 peças	2	12 horas	24 peças
3	12 horas	20 carros	342 peças	3	12 horas	18 peças
4	12 horas	17 carros	281 peças	4	12 horas	25 peças
5	12 horas	18 carros	293 peças	5	12 horas	31 peças
6	12 horas	19 carros	313 peças	6	12 horas	29 peças
7	12 horas	16 carros	261 peças	7	12 horas	27 peças
8	12 horas	15 carros	250 peças	8	12 horas	20 peças
9	12 horas	18 carros	300 peças	9	12 horas	24 peças
10	12 horas	19 carros	324 peças	10	12 horas	18 peças
11	12 horas	17 carros	283 peças	11	12 horas	23 peças
12	12 horas	17 carros	279 peças	12	12 horas	27 peças
13	12 horas	19 carros	317 peças	13	12 horas	25 peças
14	12 horas	16 carros	269 peças	14	12 horas	19 peças
15	12 horas	17 carros	285 peças	15	12 horas	21 peças
16	12 horas	18 carros	306 peças	16	12 horas	18 peças
17	12 horas	21 carros	355 peças	17	12 horas	23 peças
18	12 horas	18 carros	307 peças	18	12 horas	17 peças
19	12 horas	20 carros	334 peças	19	12 horas	26 peças
20	12 horas	18 carros	302 peças	20	12 horas	22 peças
21	12 horas	18 carros	303 peças	21	12 horas	21 peças
22	12 horas	19 carros	322 peças	22	12 horas	20 peças
23	12 horas	19 carros	316 peças	23	12 horas	26 peças
24	12 horas	15 carros	253 peças	24	12 horas	17 peças
25	12 horas	22 carros	372 peças	25	12 horas	24 peças
26	12 horas	22 carros	376 peças	26	12 horas	20 peças
27	12 horas	20 carros	337 peças	27	12 horas	23 peças
28	12 horas	18 carros	303 peças	28	12 horas	21 peças

29	12 horas	16 carros	268 peças	29	12 horas	20 peças
30	12 horas	19 carros	321 peças	30	12 horas	21 peças
31	12 horas	18 carros	300 peças	31	12 horas	24 peças
32	12 horas	18 carros	306 peças	32	12 horas	18 peças
33	12 horas	17 carros	281 peças	33	12 horas	25 peças
34	12 horas	16 carros	268 peças	34	12 horas	20 peças
35	12 horas	20 carros	339 peças	35	12 horas	21 peças
36	12 horas	18 carros	305 peças	36	12 horas	19 peças
37	12 horas	18 carros	304 peças	37	12 horas	20 peças
38	12 horas	16 carros	266 peças	38	12 horas	22 peças
39	12 horas	17 carros	285 peças	39	12 horas	21 peças
40	12 horas	18 carros	300 peças	40	12 horas	24 peças
41	12 horas	19 carros	324 peças	41	12 horas	18 peças
42	12 horas	21 carros	356 peças	42	12 horas	22 peças
43	12 horas	17 carros	286 peças	43	12 horas	20 peças
44	12 horas	17 carros	283 peças	44	12 horas	23 peças
45	12 horas	16 carros	263 peças	45	12 horas	25 peças
46	12 horas	18 carros	302 peças	46	12 horas	22 peças
47	12 horas	18 carros	301 peças	47	12 horas	23 peças
48	12 horas	19 carros	324 peças	48	12 horas	18 peças
49	12 horas	18 carros	303 peças	49	12 horas	21 peças
50	12 horas	19 carros	321 peças	50	12 horas	21 peças
51	12 horas	20 carros	345 peças	51	12 horas	15 peças
52	12 horas	19 carros	317 peças	52	12 horas	25 peças
53	12 horas	19 carros	320 peças	53	12 horas	22 peças
54	12 horas	16 carros	267 peças	54	12 horas	21 peças
55	12 horas	16 carros	269 peças	55	12 horas	19 peças
56	12 horas	17 carros	290 peças	56	12 horas	16 peças
57	12 horas	18 carros	306 peças	57	12 horas	18 peças
58	12 horas	18 carros	307 peças	58	12 horas	17 peças
59	12 horas	17 carros	284 peças	59	12 horas	22 peças
60	12 horas	16 carros	269 peças	60	12 horas	19 peças

TAXA DE SAÍDA/ENTRADA DA <u>ÁREA 2</u> PARA A <u>ESMALTAÇÃO</u>				TAXA DE SAÍDA/ENTRADA DA <u>ÁREA 2</u> PARA A <u>ÁREA 5</u>		
Número de observações	Intervalo de tempo	Volume de carros	Volume de peças	Número de observações	Intervalo de tempo	Volume de peças
1	24 horas	190 carros	3223 peças	1	24 horas	15 peças
2	24 horas	193 carros	3265 peças	2	24 horas	17 peças
3	24 horas	193 carros	3208 peças	3	24 horas	16 peças
4	24 horas	191 carros	3094 peças	4	24 horas	16 peças
5	24 horas	193 carros	3218 peças	5	24 horas	18 peças
6	24 horas	192 carros	3174 peças	6	24 horas	18 peças
7	24 horas	192 carros	3244 peças	7	24 horas	16 peças
8	24 horas	191 carros	3232 peças	8	24 horas	18 peças
9	24 horas	192 carros	3280 peças	9	24 horas	15 peças
10	24 horas	191 carros	3222 peças	10	24 horas	18 peças
11	24 horas	193 carros	3251 peças	11	24 horas	15 peças
12	24 horas	191 carros	3176 peças	12	24 horas	18 peças
13	24 horas	193 carros	3360 peças	13	24 horas	17 peças
14	24 horas	193 carros	3272 peças	14	24 horas	17 peças
15	24 horas	192 carros	3203 peças	15	24 horas	18 peças
16	24 horas	193 carros	3205 peças	16	24 horas	19 peças
17	24 horas	191 carros	3182 peças	17	24 horas	16 peças
18	24 horas	192 carros	3282 peças	18	24 horas	20 peças
19	24 horas	191 carros	3195 peças	19	24 horas	15 peças
20	24 horas	193 carros	3235 peças	20	24 horas	16 peças
21	24 horas	191 carros	3285 peças	21	24 horas	16 peças
22	24 horas	192 carros	3253 peças	22	24 horas	19 peças
23	24 horas	191 carros	3198 peças	23	24 horas	16 peças
24	24 horas	193 carros	3296 peças	24	24 horas	17 peças
25	24 horas	192 carros	3225 peças	25	24 horas	17 peças
26	24 horas	191 carros	3306 peças	26	24 horas	18 peças
27	24 horas	192 carros	3195 peças	27	24 horas	20 peças
28	24 horas	193 carros	3171 peças	28	24 horas	18 peças
29	24 horas	192 carros	3239 peças	29	24 horas	16 peças
30	24 horas	193 carros	3151 peças	30	24 horas	15 peças

TAXA DE ENTRADA (POR UNIDADE DE PEÇAS) PARA A <u>ÁREA 5</u>							TAXA DE SAÍDA (POR CARRO) DA <u>ÁREA 5</u> PARA A <u>ÁREA</u> <u>DE DESCARTE</u>
Número de observações	Intervalo de tempo	Volume de peças que entrou da <u>área 4</u>	Volume de peças que entrou da <u>área 3</u>	Volume de peças que entrou da <u>área 2</u>	Total em número de peças	Total em número de carros	
1	24 horas	162 peças	43 peças	15 peças	220 peças	12 carros	12 carros
2	24 horas	144 peças	43 peças	17 peças	204 peças	11 carros	11 carros
3	24 horas	162 peças	60 peças	16 peças	238 peças	13 carros	13 carros
4	24 horas	288 peças	47 peças	16 peças	351 peças	18 carros	18 carros
5	24 horas	162 peças	42 peças	18 peças	222 peças	12 carros	12 carros
6	24 horas	198 peças	50 peças	18 peças	266 peças	14 carros	14 carros
7	24 horas	144 peças	44 peças	16 peças	204 peças	11 carros	11 carros
8	24 horas	162 peças	39 peças	18 peças	219 peças	12 carros	12 carros
9	24 horas	108 peças	40 peças	15 peças	163 peças	9 carros	9 carros
10	24 horas	162 peças	48 peças	18 peças	228 peças	12 carros	12 carros
11	24 horas	144 peças	41 peças	15 peças	200 peças	11 carros	11 carros
12	24 horas	216 peças	43 peças	18 peças	277 peças	14 carros	14 carros
13	24 horas	54 peças	44 peças	17 peças	115 peças	6 carros	6 carros
14	24 horas	108 peças	44 peças	17 peças	169 peças	9 carros	9 carros
15	24 horas	180 peças	41 peças	18 peças	239 peças	13 carros	13 carros
16	24 horas	198 peças	42 peças	19 peças	259 peças	15 carros	15 carros
17	24 horas	216 peças	45 peças	16 peças	277 peças	16 carros	16 carros
18	24 horas	126 peças	40 peças	20 peças	186 peças	11 carros	11 carros
19	24 horas	216 peças	42 peças	15 peças	273 peças	15 carros	15 carros
20	24 horas	162 peças	45 peças	16 peças	223 peças	13 carros	13 carros
21	24 horas	126 peças	40 peças	16 peças	182 peças	11 carros	11 carros
22	24 horas	144 peças	43 peças	19 peças	206 peças	12 carros	12 carros
23	24 horas	198 peças	47 peças	16 peças	261 peças	15 carros	15 carros
24	24 horas	108 peças	41 peças	17 peças	166 peças	10 carros	10 carros
25	24 horas	180 peças	42 peças	17 peças	239 peças	14 carros	14 carros
26	24 horas	108 peças	40 peças	18 peças	166 peças	10 carros	10 carros
27	24 horas	198 peças	43 peças	20 peças	261 peças	15 carros	15 carros
28	24 horas	234 peças	35 peças	18 peças	287 peças	16 carros	16 carros
29	24 horas	180 peças	35 peças	16 peças	231 peças	13 carros	13 carros
30	24 horas	252 peças	41 peças	15 peças	308 peças	17 carros	17 carros

APÊNDICE E

A partir da Tabela D1, foi calculada a média das taxas de entrada e de saída de material para cada par de áreas e, por conseguinte, obteve-se o volume total médio de material que passa por cada área por dia. Além disso, foi verificado, para cada caso, que a soma de todas as entradas de um processo/área é igual à soma de todas as saídas desse mesmo processo/área:

FLUXOS DE ENTRADA E DE SAÍDA DA ÁREA 1

Fluxo de material do secador para a área 1: 32 carros completos ou 576 peças a cada 4 horas, o que dá o total de 192 carros ou 3456 peças por dia (sendo essa a capacidade máxima). Trata-se de uma taxa constante e invariável, pois sempre de 4 em 4 horas, o secador dá a saída de 32 carros que são dispostos na área 1.

Fluxo de material da área 1 para a área 4: Tem-se uma média de 192 carros completos ou 3456 peças por dia.

Pode-se verificar que o volume médio de peças que entra na área 1 por dia (3456) é igual ao volume médio de peças que sai da área 1 para a área 4 por dia (3456), ou seja, todas as peças que deixam os secadores (e são dispostas na área 1) passam pela área 4 para serem inspecionadas.

FLUXOS DE ENTRADA E DE SAÍDA DA ÁREA 4

Fluxo de material da área 4 para a área 3: Tem-se uma média de 36 carros completos ou 648 peças por dia.

Fluxo de material da área 4 para a área 2: Tem-se uma média de 156 carros, completos ou não, carregando 2640 peças, em média, por dia.

Fluxo de material da área 4 para a área 5: Tem-se uma média de 9,3 carros completos ou 168 peças por dia.

Pode-se verificar que o volume médio de peças que entra na área 4 por dia (3456) é igual à soma dos volumes médios de peças que saem da área 4 por dia ($648 + 2640 + 168 = 3456$).

FLUXOS DE ENTRADA E DE SAÍDA DA ÁREA 3

Fluxo de material da área 3 para a área 2: Tem-se uma média de 36 carros, completos ou não, carregando 605 peças, em média, por dia.

Fluxo de material da área 3 para a área 5: Tem-se uma média 43 peças por dia.

Pode-se verificar que o volume médio de peças que entra na área 3 por dia (648) é igual à soma dos volumes médios de peças que saem da área 3 por dia ($605 + 43 = 648$).

FLUXOS DE ENTRADA E DE SAÍDA DA ÁREA 2

Fluxo de material da área 2 para a esmaltação: Tem-se uma média de 192 carros, completos ou não, carregando 3228 peças, em média, por dia.

Fluxo de material da área 2 para a área 5: Tem-se uma média de 17 peças por dia.

Pode-se verificar que o volume médio de peças que entra na área 2 por dia ($2640 + 605$) é igual à soma dos volumes médios de peças que saem da área 2 por dia ($3228 + 17 = 3245$).

FLUXOS DE ENTRADA E DE SAÍDA DA ÁREA 5

Fluxo de material da área 5 para a área de descarte: Tem-se uma média de 12,67 carros completos ou 228 peças por dia.

Pode-se verificar que o volume médio de peças que entra na área 5 por dia ($168 + 43 + 17 = 228$) é igual à soma dos volumes médios de peças que saem da área 5 por dia (228).

FLUXOS DE ENTRADA E DE SAÍDA DO SETOR INSPEÇÃO

Pode-se verificar também, por fim, que o valor médio de entrada no processo como um todo (3456 peças) – a única entrada são as peças que entram na área 1, ou seja, que deixam o secador – é igual à soma dos valores médios de saída ($228 + 3228 = 3456$) - as duas saídas possíveis do processo são as peças que saem da área 5 para a área de descarte e as que saem da área 2 para a esmaltação.

Sendo assim, analisando o setor como um todo, tem-se que o volume de peças total que fluem pelo setor por dia é, em média, de 3456 peças (sendo que, das 3456 peças que entram no setor, em média 3228 são peças conformes, as quais seguem para a esmaltação, e 228 peças são peças refugadas, que são descartadas).