

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**HERMESON ALCÂNTARA SOUSA**

**CRITÉRIOS PARA A DIVISÃO DE ZONAS DE TRABALHO EM OBRAS DE  
REFORMA HOSPITALARES**

**Porto Alegre**

**2022**

HERMESON ALCÂNTARA SOUSA

**CRITÉRIOS PARA A DIVISÃO DE ZONAS DE TRABALHO EM OBRAS DE  
REFORMA HOSPITALARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Iamara Bulhões  
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Formoso.

**Porto Alegre**

**2022**

HERMESON ALCÂNTARA SOUSA

**CRITÉRIOS PARA A DIVISÃO DE ZONAS DE TRABALHO EM OBRAS  
HOSPITALARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

Aprovada em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_  
Professora Iamara Bulhões (Orientadora)  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

\_\_\_\_\_  
Professor Carlos Formoso (Coorientador)  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

\_\_\_\_\_  
Mestre Fernanda Saidelles Bataglin  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

\_\_\_\_\_  
Mestre Fabrício Vargas  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por tudo, pois sem minha fé nele não seria possível.

Aos meus pais Deusany e Francisco, pelo esforço deles para me darem condições de cursar o ensino superior em uma Universidade Federal.

À toda minha família, em especial aos meus irmãos Eucleson e Euzébio, por serem exemplos pra mim de pessoas com força de vontade.

À Professora Iamara Bulhões, orientadora deste trabalho, pela atenção, compreensão e conhecimentos transmitidos.

Ao Professor Carlos Torres Formoso, co-orientador deste trabalho, pelos conhecimentos transmitidos.

À minha namorada Taís, pela paciência, conselhos, companheirismo e amizade.

A todos os professores, que tive na graduação, pelos ensinamentos passados.

Aos amigos que encontrei e que estiveram comigo durante toda a graduação.

Aos engenheiros e gestores da empresa que trabalho pelas experiências passadas ao longo desses três anos.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo definir critérios para a divisão de zonas de trabalho em obras de hospitais, utilizando o planejamento baseado em localização. Justifica-se a pesquisa em razão das dificuldades para setorizar obras hospitalares, em razão das suas características de obras complexas, especialmente por apresentar tarefas não repetitivas ao longo dos lotes. Assim, busca-se estabelecer um referencial que oriente a elaboração do planejamento de longo prazo por meio da abordagem *Location-Based Management* e utilizando a técnica da linha de balanço. O presente trabalho tem como objetivo principal a definição de critérios para a divisão de uma obra de reforma hospitalar das zonas de trabalho. Foi baseado em um estudo de caso realizado em uma obra de reforma e ampliação de um hospital na cidade de Novo Hamburgo - RS. O estudo foi baseado em uma revisão bibliográfica, abordando conceitos fundamentais sobre o tema, tais como planejamento e controle da produção, planejamento e controle da produção baseado em localização, princípios da filosofia da Produção Enxuta, entre outros. Descreve-se a obra que foi objeto de estudo do presente trabalho, e são sugeridas a divisão da obra em zonas de trabalho, adotando como base, além do referencial teórico, os requisitos do cliente final para recebimento da obra e os fluxos de trabalho dentro de cada pavimento. Além de critérios para as divisões das zonas de trabalho, foi elaborado também um plano de longo prazo utilizando a técnica da Linha de Balanço e tendo como referencial as zonas de trabalho já definidas e as quantidades de serviços de cada disciplina em cada lote, sendo apontadas inconsistências que poderiam ocorrer durante a execução da obra.

**Palavras-chave:** Obras Hospitalares. Zonas de Trabalho. Planejamento e Controle da Produção. Linha de Balanço. Planejamento Baseado em Localização. Produção Enxuta.

## ABSTRACT

The aim of this study is to define criteria for the division of work areas in hospital constructions, using the location-based planning system. The research is justified by the difficulties to sectorise areas in hospital constructions, due to its complex characteristics, such as having non-repetitive tasks throughout its lots. The sectorization becomes even more complex in this particular because of the lack of theoretical reference to guide the elaboration of a long-term planning based in the Location-Based Management approach and using the Line of Balance technique in a hospital construction. Therefore, in this study, in order to understand which is the most efficient criteria for the division of work areas in a hospital construction, bibliographic reviews were carried out, addressing core concepts on the subject, such as planning and production control, planning and production control based on location, Lean Construction principles, amongst others. Afterwards, the practical case under study in this work was presented, which is the execution of a Retrofit in the hole edification of an existing hospital, including refurbishment, expansion and adaptation services. Considering the case, the divisions of the work areas in the buildings were suggested, taking as a basis, besides the theoretical framework already outlined, the necessities of the final client upon receiving the final construction and the relations between the workflows within the floors. In addition to the criteria for the division of work areas, a long-term planning adopting the Line of Balance technique was done, having as a reference the work areas already defined, the quantities of services in each discipline of each lot and the inconsistencies that could happen during the execution of the construction.

**Key words:** Hospital Construction. Work Areas. Planning and Control. Line of Balance. Location.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Estrutura do trabalho em uma linha do tempo.

Figura 2: O processo de planejamento.

Figura 3: Estrutura Hierárquica de Zona de Trabalho.

Figura 4: Visualização da estratégia de pesquisa.

Figura 5: Localização da obra.

Figura 6: Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho existentes na obra

Figura 7: Zonas de trabalho existente na obra – pavimento térreo.

Figura 8: Zonas de trabalho existente na obra – segundo pavimento.

Figura 9: Zonas de trabalho existente na obra – terceiro pavimento.

Figura 10: Linha de Balanço existente na obra.

Figura 11: Nova Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho.

Figura 12: Nova Zonas de trabalho – Pavimento Térreo.

Figura 13: Nova Zonas de trabalho – Segundo Pavimento.

Figura 14: Nova Zonas de trabalho – Terceiro Pavimento.

Figura 15: Linha de Balanço para novas Zonas de Trabalho.

## LISTA DE ABREVIATURAS

LBMS – *Location-Based Management System*

LBS – *Location Breakdown Structure*

LOB – *Line of Balance*

LPS – *Sistema Last Planner*

CPM – *Critical Path Method*

PCP – *Planejamento e Controle de Produção*

PERT – *Program Evaluation and Review Technique*

PMI – *Project Management Institute*

STP – *Sistema Toyota de Produção*



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO .....	11
1.2 JUSTIFICATIVA .....	13
1.3 QUESTÕES E OBJETIVOS DO TRABALHO .....	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO – CONCEITOS GERAIS .....	15
2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO – TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO.....	17
<b>2.2.1 Método do Caminho Crítico (CPM) .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2 Sistema <i>Last Planner</i>.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.3 Linha de Balanço (LoB) .....</b>	<b>19</b>
2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO BASEADOS EM ATIVIDADES .....	20
2.4 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO BASEADO EM ZONAS DE TRABALHO .....	21
<b>2.4.1 Estrutura Hierárquica de Zonas de Trabalho .....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.2 Quantidades.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.3 Durações .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.4 Relações Lógicas entre Tarefas e Atividades .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.5 <i>Buffers</i> .....</b>	<b>26</b>
2.5 PRINCÍPIOS LEAN APLICADOS NO PLANEJAMENTO E CONTROLE BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO.....	27
2.6 CONCEITOS RELACIONADOS AO FLUXO CONTÍNUO.....	28
<b>3. MÉTODO DE TRABALHO .....</b>	<b>30</b>
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	31
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	32
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA.....	33
<b>4. RESULTADOS DA PESQUISA .....</b>	<b>35</b>

4.1 PLANEJAMENTO BASEADO EM LOCALIZAÇÃO EXISTENTE NA OBRA.....	35
<b>4.1.1 Atual Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho.....</b>	<b>35</b>
<b>4.1.2 Zonas de Trabalho e Critério Utilizado.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.3 Linha de Balanço da Obra .....</b>	<b>41</b>
4.2 CRITÉRIOS PARA NOVAS ZONAS DE TRABALHO E ELABORAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO .....	43
<b>4.2.1 Nova Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2.2 Critérios para a Divisão das Novas Zonas de Trabalho.....</b>	<b>46</b>
4.2.2.1 Proposição de Critérios.....	46
4.2.2.2 Aplicação dos Critérios.....	47
<b>4.2.3 Linha de Balanço para o Novo Zoneamento .....</b>	<b>53</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>58</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao longo dos anos, os problemas decorrentes do baixo desempenho da indústria da construção civil sempre foram destacados. Comparada à manufatura, a construção é marcada por ineficiência de seus processos, falta de qualidade, grande número de acidentes e inovação tecnológica (KOSKELA, 1992). Em virtude do elevado desempenho de alguns segmentos da manufatura, alguns de seus métodos e tecnologia de gestão da produção começaram a ser trazidos para a construção. Por exemplo, muitas iniciativas de industrialização neste setor, tais como a pré-fabricação e modularização são oriundas de ideias originalmente desenvolvidas na manufatura e aplicada na construção (KOSKELA, 1992).

A partir da segunda metade do século XX, a indústria da manufatura, particularmente o setor automotivo, passou a adotar uma nova filosofia de produção, que despertou o interesse também no setor da construção. Esta filosofia, denominada *Lean Production* (Produção Enxuta), apresenta um conjunto de conceitos e princípios diferentes das formas de gestão tradicionais, fortemente baseados no modelo da Produção em Massa (KOSKELA, 1992). Dá-se ênfase à eliminação de perdas, ou seja, das parcelas das atividades que não agregam valor. A partir dos anos 90, alguns elementos da filosofia da Produção Enxuta passaram a ser aplicados na construção, porém ainda sem um referencial bem consolidado para as peculiaridades do setor (KOSKELA, 1992).

Em paralelo, a indústria da construção no Brasil sofreu mudanças substanciais nas últimas duas décadas, provocadas principalmente pelo crescente grau de competição entre as empresas do setor. A globalização dos mercados, o crescente nível de exigência por parte dos consumidores e a reduzida disponibilidade de recursos financeiros para a realização de empreendimentos, entre outros fatores, acabou estimulando as empresas a melhorar seus níveis de desempenho, através de investimento em gestão e tecnologia. Nessa busca por melhorias nas empresas da indústria da construção, o processo de planejamento e controle da produção tem um papel fundamental, à medida que este pode ter um forte impacto nos resultados de produção e, conseqüentemente, do empreendimento (FORMOSO et al., 1999). Existem inúmeros estudos atuais realizados no Brasil e no exterior que comprovam este fato, indicando que deficiências no processo de planejamento e no controle da produção estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor, das suas elevadas perdas e da baixa qualidade dos seus produtos

(FORMOSO et al., 1999). Segundo Formoso et al.(1999), a ineficácia do planejamento e controle acaba expondo o processo de produção à variabilidade e à incerteza, resultando em mudanças de ritmo, interrupções na execução das atividades e queda de produtividade.

O planejamento e controle da produção (PCP) realizado através de rede de precedência, também conhecido como método CPM (*Critical Path Method*), acabou sendo o método mais utilizado durante excessivos anos, tendo como referência o Guia do PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) do PMI (*Project Management Institute*) (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006). Todavia, literatura aponta muitas limitações na utilização do método no que tange ao atendimento das equipes de produção (KOSKELA; HOWELL, 2002). O CPM não é suficiente para identificar todas as interdependências que podem afetar as atividades em obra, não explicita os ritmos de cada processo, nem enfatiza a necessidade de obter fluxo ininterrupto das equipes, entre outros problemas. Com o intuito de melhorar os métodos tradicionais, acadêmicos e profissionais desenvolveram novas ideias para o PCP, com base na Filosofia da Produção Enxuta. Surgiram então novos modelos de PCP com base em mudanças de conceitos e princípios de gestão da produção, como o Sistema *Last Planner* e o *Location-Based Management System*, que buscam reduzir os problemas apontados nos modelos tradicionais (VARGAS, 2018).

O Sistema *Last Planner* tem como foco o uso no último nível, ou nível operacional, sendo uma ferramenta importante para controle e apontamento das causas do não cumprimento das tarefas semanais programadas (OLIVIER et al. 2019). Porém, apesar de englobar os diferentes níveis de planejamento, longo, médio e curto prazo, mostrou deficiências na elaboração de planos de longo prazo (OLIVIER et al., 2019).

*Location-Based Management System* (LBMS) é um método de planejamento que tem origem na técnica de linha de balanço. Essa técnica é amplamente utilizada na construção para planejar e controlar a produção, ao permitir a visualização do fluxo de trabalho, volumes de serviços de cada atividade, necessidade de recursos e informações sobre quando e onde cada restrição precisará ser eliminada para não atrasar o cronograma (KEMMER et al., 2008). Ainda, é um método que busca dividir a obra em zonas de trabalho menores e, apesar de ser amplamente utilizado em obras repetitivas, ainda é pouco disseminadas em obras não repetitivas e reformas (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006).

As obras não repetitivas, por sua vez, podem ser entendidas como obras complexas. Segundo Gidado (1996), no âmbito da construção civil a complexidade tem sua origem na quantidade de elementos empregados, ou seja, na variedade de recursos e de conhecimento

requerido e pelo alto número de inter-relações entre as diferentes partes. Ainda, os empreendimentos são considerados complexos quando contém determinados elementos, como: (i) necessidade de eficiente coordenação, controle de monitoramento, do início ao fim do empreendimento; (ii) realização de uma série de revisões e modificações durante a execução do empreendimento.

Durante o pico da pandemia de COVID-19, ficou evidente a lacuna entre a capacidade dos hospitais e a necessidade por cuidados demandados pela população. Isso teve uma reação na estratégia dos órgãos públicos e empresas privadas em relação à necessidade de novos hospitais pelo país, fazendo com que discutissem planos para a construção de novos hospitais ou antecipação de obras hospitalares previstas para anos futuros, visando a operação dessas unidades o mais breve possível.

Considerando a crescente utilização do LBMS e o cenário após durante o pico da pandemia de COVID-19, o aluno interessou-se pela análise da necessidade de atribuição de critérios para a definição dessas zonas de trabalho, assim como o uso da linha de balanço em obras de alta complexidade, que é o caso de reformas em hospitais.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O planejamento baseado em localização é recomendado na literatura para obras repetitivas (KENLEY E SEPANEN, 2006). Porém, comprovou-se ao longo dos anos que esta forma de planejamento também é muito útil para obras complexas, não repetitivas (KENLEY E SEPANEN, 2006;). Tendo essa situação, a pesquisa se justifica para que se possa definir critérios e diretrizes na divisão de zonas de trabalho em obras hospitalares, ou seja, uma característica de obra não repetitiva.

## 1.3 QUESTÕES E OBJETIVOS DO TRABALHO

Com base na falta de trabalhos anteriores que orientem a elaboração do planejamento de longo prazo baseado em localização em obras hospitalares, o presente trabalho tem como proposta responder às seguintes questões: “Como definir critérios para as divisões das zonas de trabalho? Como equilibrar os volumes de trabalhos entre as zonas de trabalho? Como adequar essa divisão às necessidades de clientes finais?”

O presente trabalho tem como objetivo principal a definição de critérios para a divisão das zonas de trabalho em uma obra hospitalar. Foi baseado em um estudo de caso realizado em uma obra de reforma e ampliação de um hospital na cidade de Novo Hamburgo - RS.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho apresenta cinco capítulos e está organizado da seguinte forma: neste capítulo é introduzido o contexto da pesquisa, a justificativa, objetivo e a estrutura do trabalho. O segundo capítulo apresenta o referencial teórico que serviu como base para a elaboração deste trabalho. O terceiro capítulo descreve o método de trabalho para a elaboração da pesquisa, incluindo as características da empresa e da obra. Já o quarto capítulo apresenta o estudo de caso, apontando como foi feita a divisão da obra analisada por parte da gestão e uma proposta de como deve ser realizada essa divisão adotando novos critérios e diretrizes. Por último, serão explicadas as conclusões à proposta sugerida de divisão de zonas de trabalho no estudo de caso.

A Figura 1 mostra resumidamente a estrutura do trabalho representada em uma linha do tempo e as atividades desempenhadas em cada fase.

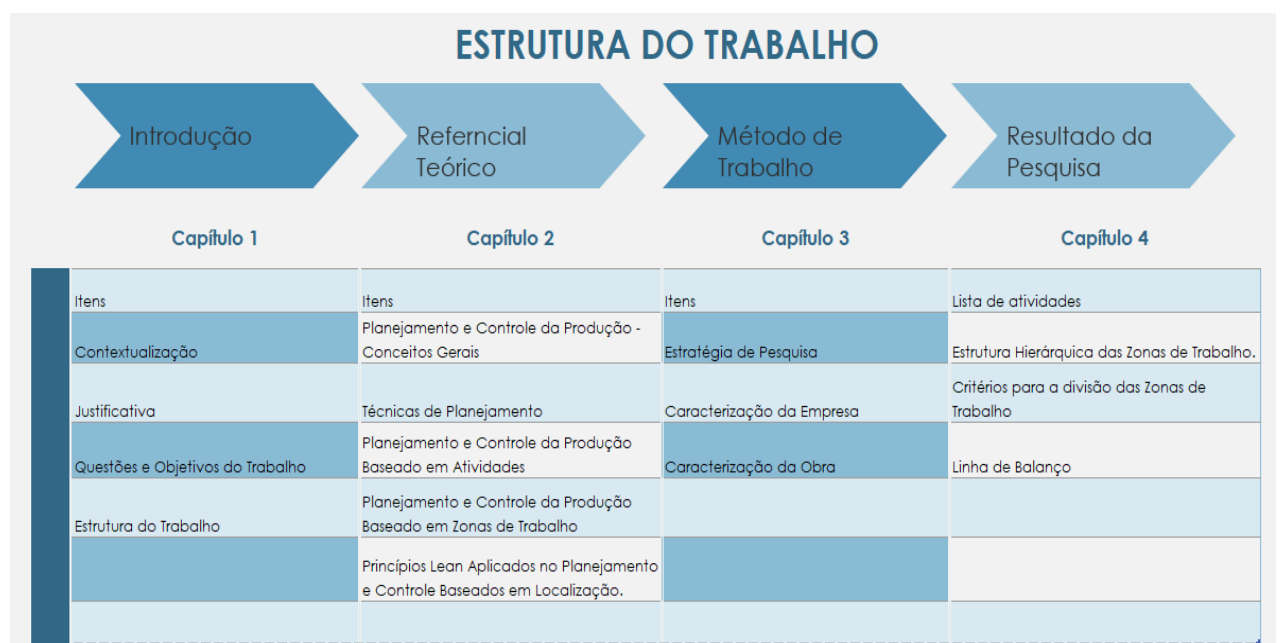


Figura 1: Estrutura do trabalho em uma linha do tempo.

Fonte: elaborada pelo aluno.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO – CONCEITOS GERAIS

O planejamento é entendido como um processo gerencial que busca antecipar as necessidades para execução de tarefas. Essas necessidades podem ser de qualquer natureza e o processo de planejamento exige a tomada de decisões na busca por estabelecer um futuro desejado e formas eficazes na realização (LAUFER E TUCKER, 1987).

Ainda segundo Laufer e Tucker (1987), o planejamento busca responder às seguintes questões:

- O que deve ser feito? (Atividades)
- Como as atividades devem ser realizadas? (Métodos)
- Quem deve realizar cada atividade e com quais meios? (Recursos)
- Quando as atividades devem ser realizadas? (Sequenciamento e Tempo)

O planejamento só é considerado eficaz quando realizado em paralelo com o controle da produção. Assim, pode-se afirmar que planejamento e controle são indissociáveis, ou seja, o planejamento não é eficaz se não for seguido de um o controle e, por razões lógicas, não há utilidade no controle se não houver planejamento (FORMOSO et al., 1999).

O processo normativo de planejamento também é definido através de um modelo proposto por Laufer e Tucker (1987), o qual é dividido em cinco fases, conforme ilustrado na Figura 2.

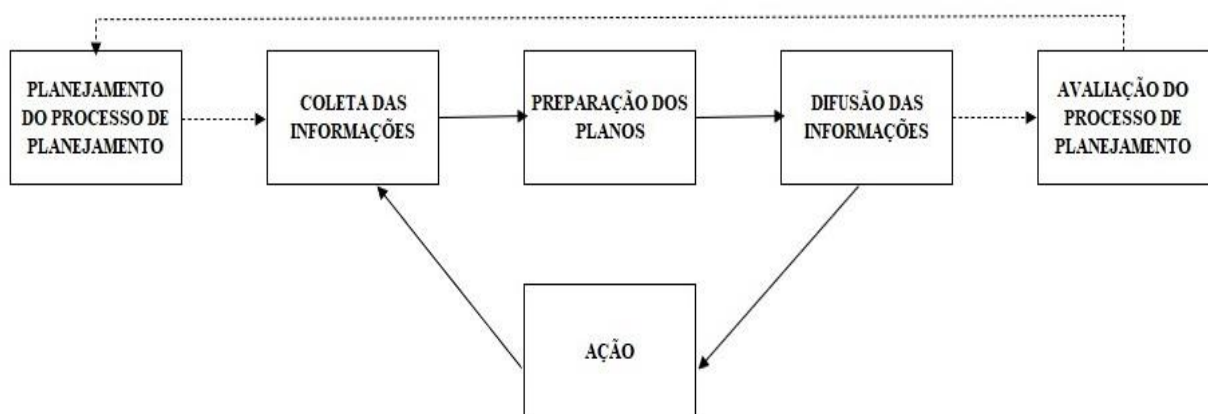


Figura 2 – O processo de planejamento. ——— processos contínuos; - - - - - processos intermitentes.

Fonte: adaptado de Laufer; Tucker, 1987.

Na primeira fase de planejamento do processo de planejamento, é realizada uma análise do empreendimento no que diz respeito as suas características que o tornam único em termos construtivos, tecnológicos, ambientais, e também se define o nível de detalhe do planejamento e da forma de controle (LAUFER E TUCKER, 1987). Na segunda fase, é realizada a coleta de informações referente aos materiais necessários para a elaboração do projeto, como projetos executivos e especificações, localização e condições ambientais, tecnologia de construção adotada, recursos financeiros disponíveis, tempo de execução e produtividade de mão de obra e equipamentos. (LAUFER E TUCKER, 1987). Na terceira fase é realizada a elaboração dos planos, com base nas informações coletadas, utilizando-se de técnicas disponíveis ao planejamento (Gantt, LOB, CPM, PERT) (LAUFER E TUCKER, 1987). Logo após a terceira fase, tem-se a quarta fase, com a divulgação das informações do plano para os usuários dos planos. Laufer e Tucker (1987) alertam que nessa fase de divulgação das informações, é importante que o planejador considere as necessidades de informações dos usuários. Assim, deve-se divulgar apenas o que for necessário, pois assim como a escassez de informação prejudica o andamento do processo de planejamento, o excesso de informações também pode ser prejudicial. Na última fase acontece a avaliação do processo de planejamento, realizada ao final do empreendimento. Junto com a primeira fase, faz parte do ciclo do controle do empreendimento. O ciclo de controle de projeto envolve a segunda, terceira e quarta fase (LAUFER E TUCKER, 1987). A ordem de cada fase do processo é indicada por linhas e setas. As linhas contínuas indicam as fases que são realizadas durante todo o período de planejamento. Já as linhas tracejadas, identificam os processos intermitentes, que são realizados no início ou avaliação e adaptação do processo de planejamento.

Outro fator importante de ser relatado em relação ao planejamento é sobre sua hierarquização. Devido à complexidade e incertezas de seu processo, geralmente o planejamento e controle da produção é dividido em três níveis hierárquicos diferentes (FORMOSO et al., 1999):

- a) **Nível estratégico:** é realizado no início do empreendimento, sendo gerado o plano de longo prazo, o qual define as metas do empreendimento em termos de prazos de obra, sendo que este se refere a todo o horizonte de tempo da obra. Devem ser coletadas muitas informações sobre o empreendimento, incluindo as necessidades do cliente, os objetivos do projeto, fontes de financiamento para o empreendimento, parcerias e definição de prazos da obra, entre outras informações. Para realização



do Plano de longo, são utilizadas as técnicas Gráfico de Gantt, redes PERT/CPM ou linhas de balanço;

- b) **Nível tático:** é também denominado de planejamento de médio prazo. Neste nível se analisa o cronograma da obra, em um intervalo de tempo menor (em geral entre 1 e 3 meses), a fim identificar os recursos necessários para execução de atividades previstas. Por se tratar de um nível que lida com a aquisição de recursos para obra, o nível tático tem uma forte interface com o setor de suprimentos do empreendimento, a fim de estabelecer marcos e datas de necessidade de recursos na obra;
- c) **Nível operacional:** também conhecido como planejamento de curto prazo, é o nível no qual ocorrem as definições das atividades a serem efetivamente executadas. Normalmente tem frequência semanal. As definições que ocorrem nesse nível devem ser estabelecidas pela gerência da obra em sintonia com as equipes de produção. No curto prazo as atividades a serem executadas são planejadas em maior grau de detalhamento.

Porém, o planejamento não está limitado a apenas esses níveis de hierarquização. Dependendo da complexidade do empreendimento e o nível de detalhe que se deseja alcançar, o PCP pode ser dividido em mais níveis hierárquicos. Vale ressaltar a necessidade de se tomar cuidado quanto ao grau de detalhamento, uma vez que quanto mais elevado esse grau mais difícil a compreensão por parte do tomador de decisão e, conseqüentemente, mais tempo será gasto para disseminação e atualização do planejamento (FORMOSO et al., 1999).

## 2.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO – TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO.

Para que se possa estabelecer um referencial para técnicas de PCP utilizados na construção, são descritos a seguir os métodos mais utilizados na construção. São eles: (a) o Método do Caminho Crítico – *Critical Path Method* (CPM); (b) O Sistema *Last Planner*; e (c) a Linha de Balanço – *Line of Balance* (LOB), utilizada fortemente para representação do planejamento baseado em localização.

### 2.2.1 Método do Caminho Crítico (CPM)

O método do caminho crítico, *Critical Path Method* em inglês, doravante denominado pela sua sigla CPM, é uma técnica de planejamento utilizada para agendar um conjunto de atividades de um projeto. Busca-se identificar qual o caminho crítico, ou seja, qual o trecho mais longo das atividades dentro de um espaço de tempo necessário para completá-las do início ao fim. Este método é utilizado muitas vezes em conjunto com a técnica de avaliação e revisão do programa, denominada em inglês *Program Evaluation and Review Technique*, doravante referida nesse trabalho pela sua sigla PERT (KHAN A.; SARWAR M., 2021).

O CPM foi aplicado, inicialmente, no planejamento e controle da produção da indústria e marcou a história da gestão moderna, porém, as primeiras aplicações na construção foram na década de 1950 (KENLEY; SEPPÄNEN, 2009). A base do método é simples, tem usualmente sua representação gráfica em barras, na qual se lista as atividades na ordem de necessidade da execução e a relação de precedência entre as atividades. É característico de todo projeto que as atividades que necessitam ser feitas e suas respectivas ordens sejam integralmente descritas. Por exemplo, na construção, o trabalho de confecção de formas de madeiras e montagem de armaduras de aço precisam ser executadas antes da atividade de concretagem (KENLEY; SEPPÄNEN, 2009).

Para a montagem de um diagrama de redes, ou seja, a representação gráfica das tarefas de um projeto e conseqüentemente da identificação do caminho crítico, Kenley e Seppänen (2006) apontam que cada tarefa deve responder as seguintes perguntas:

- O que antecipa imediatamente este trabalho?
- O que se faz imediatamente a este trabalho?
- O que pode ser concomitante a este trabalho?

Os mesmos autores citam ainda que, se esse roteiro for continuamente verificado, as chances de omissões acontecerem ao longo do projeto são pequenas.

### 2.2.2 Sistema *Last Planner*

O Sistema *Last Planner* (LPS) considera o planejamento e controle com um processo colaborativo, que envolve o estabelecimento de compromissos confiáveis e a busca pela aprendizagem (BALLARD, 2000). Conforme alguns estudos apontam (BALLARD 2000; BALLARD E HOWELL 2003, KOSKELA et al. 2010), o Sistema *Last Planner* contém quatro

principais elementos que servem para conectar o planejamento nos níveis longo, médio e curto prazo, sendo eles: (i) planejamento mestre ou cronograma de marcos; (ii) programação de fases, que é a divisão do planejamento mestre e que pode ser considerado a ligação entre o longo e médio prazo; (iii) planejamento de médio prazo ou *lookahead*, que busca detalhar as atividades e identificar e remover restrições; e (iv) planejamento semanal, a partir do qual se monitora as atividades executadas. Caso alguma atividade não seja concluída, analisa-se a causa raiz desta falha, e são definidas ações para o problema ocorrido.

O LPS tem como objetivo em melhorar a confiabilidade do processo de planejamento, sendo utilizadas métricas para medir esta confiabilidade, as quais podem ser utilizadas para avaliar a ocorrência de aprendizagem ao longo da obra (OLIVIERI et al., 2019).

Ainda, Olivieri et al. (2019), citam que o LPS apesar de ser uma tradicional ferramenta utilizada no planejamento, principalmente no nível operacional, demonstrou falhas nos níveis de longo e médio prazo ao longo dos anos

### 2.2.3 Linha de Balanço (LoB)

A técnica de planejamento com a linha de balanço, em inglês *Line of Balance*, doravante denominada pela sua sigla LOB, teve suas primeiras utilizações na indústria da manufatura na década de 1940, pela *Goodyear Company*, e foi aprimorada pela Marinha dos EUA, na década de 50 (ARDITI; TOKDEMIR; SUK, 2001). A linha de balanço é representada por um gráfico de “*tempo x unidades*”, uma vez que seu conceito principal é o fluxo ininterrupto das equipes, em uma unidade de *tempo* determinada, sobre as *unidades* de construção (MENDES Jr.; HEINECK, 1998).

Os principais objetivos da técnica de linha de balanço é fornecer, na forma de um gráfico, a taxa de produção, de duração das atividades em cada localização e da data de início e de término, bem como o ritmo de cada equipe (VALENTE et al., 2014).

Esta técnica é muito indicada para projetos repetitivos, porém como tem sua ênfase em localização, também pode ser usada para empreendimentos não repetitivos (KENLEY; SEPPÄNEN; 2009). Muitos estudos com a LOB foram desenvolvidos por pesquisadores em trabalhos ao longo dos últimos anos, recomendando ou aplicando a linha de balanço para variadas finalidades no processo de planejamento e para diferentes tipos de empreendimentos (MENDES JR; HEINECK, 1998; KEMMER et al., 2008; KENLEY E SEPPÄNEN, 2009).

Apesar de vários autores terem descrito estudos de caso e metodologia para o uso da linha de balanço, poucos são os estudos que descreveram a utilização da LOB em projetos não repetitivos e quais as principais dificuldades para implementá-los nesses projetos (VALENTE et al., 2014).

### 2.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO BASEADOS EM ATIVIDADES

Antes de tratar sobre planejamento baseado em localização e o que foi determinístico para a realização deste trabalho, necessário realizar um breve resumo sobre o sistema de programação baseado em atividades.

O planejamento e controle baseado em atividades é um método que se concentra na unidade de trabalho a ser feito. O trabalho é composto por uma série de pacotes de atividades relacionados entre si e que tem o tempo como sua representação. O método não considera explicitamente a localização física e as relações entre localizações vizinhas (KENLEY; SEPPÄNEN; 2006).

A literatura mostra que o planejamento baseado em atividades também é dividido em duas subcategorias, sendo elas: (i) uma abordagem determinística, desenvolvida com o método do caminho crítico (CPM), no qual, como já descrito anteriormente neste trabalho, o foco está no cálculo de uma duração mínima para uma rede completa de atividades; e, de maneira alternativa, (ii) uma abordagem probabilística (PERT), tendo como foco a avaliação da probabilidade de cumprir os prazos estabelecidos. (KENLEY; SEPPÄNEN; 2009).

Dessas subcategorias descritas anteriormente, o CPM é o método que mais foi utilizado ao longo dos anos para planejamento na construção (OLIVIERI et al., 2016). Esse método, como já descrito anteriormente, resume-se em listar todas as atividades do projeto, estabelecer prazos para o atingimento delas e ligar as mesmas através de uma relação lógica. Após isto, realiza-se o controle das atividades em relação aos seus prazos e necessidade de recursos, como materiais, equipamentos, máquinas e mão de obra (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006).

Entretanto, o planejamento baseado em atividades possui diversas limitações, tais como dificuldades de impor ritmos às equipes de trabalho, direcioná-las no sequenciamento da execução de cada parte do empreendimento e controlar aquilo que foi estabelecido. Essas dificuldades levaram pesquisadores e profissionais da área a estudar novos métodos de planejamento para a indústria da construção (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006).

Dentro desse contexto, por busca de melhorias no planejamento e controle da produção, surgiram novos métodos, dentre eles aquele baseado em localização, a ser discutida com maior detalhamento dentro dos próximos tópicos deste trabalho.

#### 2.4 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO BASEADO EM ZONAS DE TRABALHO

O planejamento baseado em localização, em inglês *Location-Based Management System* e doravante também denominado pela sua sigla, LBMS, pressupõe que dividir a obra em locais menores e usá-los para planejar, analisar e controlar o trabalho à medida que o trabalho flui por essas localizações, traz benefícios de valor (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006). O PCP baseado em localização está preocupado com o processo do fluxo de trabalho para proteger a eficiência da produção na medida que o trabalho se move pelos locais. De forma mais específica, o foco do planejamento baseado em localização é planejar a produtividade, pois, diferente de outros métodos, o planejamento baseado em localização busca gerenciar os recursos para a continuidade do trabalho e, assim, proteger e otimizar a produção (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006). Sua representação gráfica é geralmente realizada pela técnica de planejamento da LOB, descrita anteriormente.

O LBMS não é um concorrente de outros sistemas de planejamento existentes, mas sim uma ferramenta de extensão e sobreposição que busca a melhoria do gerenciamento da produção. O planejamento baseado em localização tem como objetivo otimizar o fluxo de trabalho para que o trabalho não espere pelos trabalhadores e os trabalhadores não esperem pelo trabalho (SEPPÄNEN; BALLARD, 2010).

Kenley e Seppänen (2006) definem as principais etapas para a elaboração de um planejamento baseado em localização, com a intenção de ajudar a construir uma imagem abrangente do processo de planejamento. Em um primeiro momento, os autores descrevem que deve ser definida a Estrutura Hierárquica de Zonas de Trabalho – *Location Breakdown Structure* (doravante denominada pela sigla LBS). Na etapa posterior, devem ser definidos os quantitativos de cada tarefa. Através das quantidades deve-se então determinar as durações do trabalho e os recursos necessários. Por último, deve-se definir as ligações lógicas entre as tarefas. A partir de então, é criada uma visão global do planejamento e realizada uma análise de possíveis ajustes, como a adição de *buffers*, modificação de ritmos de produção e ajustes de sequência construtiva.

A seguir, estas etapas são descritas com mais detalhes, para melhorar a visão de cada processo.

#### 2.4.1 Estrutura Hierárquica de Zonas de Trabalho

O LBMS tem a localização como unidade de análise e deve ser feita dentro do nível de detalhe da sua Estrutura Hierárquica de Zona de Trabalho, em inglês denominada *Location Breakdown Structure* (LBS) (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006).

Kenley e Seppänen (2006) estabelecem as seguintes orientações para a definição da estrutura hierárquica de obras tradicionais:

- As hierarquias de local de nível mais alto devem consistir em locais onde é possível construir a estrutura independentemente de outras seções (por exemplo, edifícios individuais ou partes estruturalmente independentes de grandes edifícios);
- Os níveis médios são definidos para que o fluxo de trabalho e equipes possam ser planejados em locais (por exemplo, pavimentos de uma construção residencial, onde um pavimento geralmente é finalizado antes de passar para o próximo andar);
- Já os locais de nível mais baixo geralmente devem ser pequenos, de modo que apenas uma tarefa possa efetivamente ser executada na área (por exemplo, apartamentos, espaços individuais de varejo, corredores). Ainda, o local de nível mais baixo deverá ser monitorado com precisão, ou seja, avaliar se o trabalho foi ou não concluído naquele local.

De forma lógica, o nível superior precisa conter todos os níveis de locais inferiores. Geralmente, a hierarquização de divisões de zonas de trabalho utiliza o nível mais alto para otimizar a sequência de construção, sendo que suas estruturas são independentes e, portanto, é possível iniciá-los em qualquer sequência ou construí-los paralelamente. Já os níveis médios são utilizados para dar fluxo e ritmo às equipes de produção. Por último, os níveis inferiores são utilizados para maior detalhamento definindo o sequenciamento das atividades e a forma de controle da produção (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006). Dentro do nível mais inferior da Estrutura Hierárquica, a lista de quantidades de cada tarefa deve ser definida explicitamente em quantidades, deve-se definir também quais as tarefas serão de fato executada e concluídas em

um local, antes que as equipes possam se mover para o próximo local (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006).

A Figura 3 demonstra um exemplo de Estrutura Hierárquica de Zonas de Trabalho de uma obra residencial:

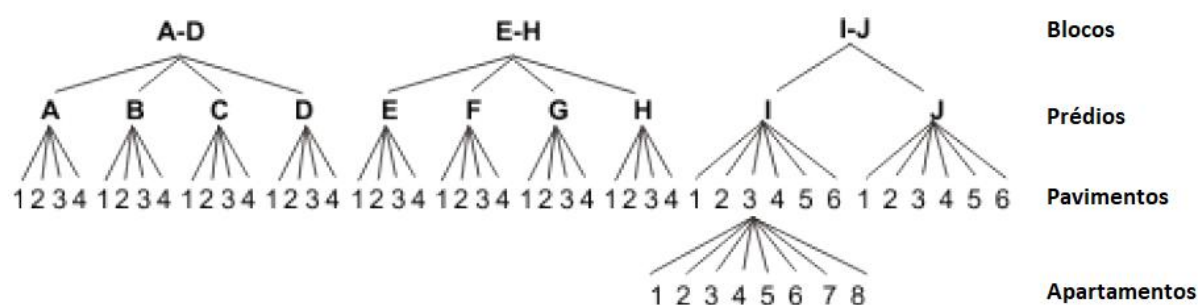


Figura 3: Estrutura Hierárquica de Zona de Trabalho de uma obra residencial de um condomínio com múltiplos prédios.

Fonte: Adaptado Kenley e Seppänen (2006)

#### 2.4.2 Quantidades

As quantidades são uma parte integrante do LBMS (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006). Os quantitativos de uma tarefa definem explicitamente todo o trabalho que deve ser executado antes que um local seja considerado concluído e a equipe executora possa mudar para o próximo local. Uma tarefa pode não conter apenas uma atividade, por exemplo, uma mesma tarefa pode conter os serviços de impermeabilização e reboco de um apartamento inteiro a ser realizado pela mesma equipe (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006). Logo, a lista de quantidades de uma tarefa pode incluir mais de um item, mesmo com unidades diferentes, reunidas em um único pacote e podendo variar de local para local (KENLE; SEPPÄNEN, 2006).

Conforme Kenley e Seppänen (2006), os itens podem ser agrupados em uma única tarefa seguindo uma relação lógica, a depender se o trabalho:

- Pode ser feito com uma única equipe;
- Tem a mesma lógica de dependência fora do pacote (por exemplo, alvenaria e depois reboco);
- Pode ser completamente finalizado em um local antes de passar para o próximo.

Se for de interesse da obra, a lista de quantitativos de cada serviço pode ainda ajudar a revelar quaisquer erros cometidos na estimativa de quantidades levantadas durante a fase de orçamentos. Também garante que as mesmas premissas sejam usadas para um efetivo controle de custos e do cronograma, ou seja, que as considerações para o levantamento de quantidades sejam as mesmas usadas tanto na fase de orçamento da obra como na etapa de planejamento. Outro fator importante, é a verificação dos índices de produtividade das tarefas, pois isso permite calcular as durações e dimensionar as equipes ao longo de cada local estabelecido na estrutura hierárquica da obra (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006). Válido ressaltar que os índices de produtividade são muito variáveis em razão da característica de cada obra, ou mesmo dentro de uma mesma equipe, dependendo das condições de trabalho.

#### 2.4.3 Durações

Na seção anterior foi feita menção aos índices de produtividade, que indica a quantidade de tempo que uma equipe levará para concluir uma unidade de local. Esse índice pode variar de acordo com a quantidade de trabalhadores que uma mesma equipe possui e quais os recursos disponíveis (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006). Geralmente, as durações são calculadas como a necessidade de horas de trabalho para a conclusão de uma tarefa, em um local analisado como unidade de medida. Essas durações podem ser baseadas em coleta de dados históricos de tempos de produtividade ou, não menos importante, podem ser baseadas em experiências do planejador em obras passadas. Quando a coleta de dados históricos é utilizada para parametrizar as durações, é importante saber quais eram as circunstâncias particulares dessas obras que serviram como referência, a fim de obter o maior grau de assertividade nas estimativas de tempo (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006).

#### 2.4.4 Relações Lógicas entre Tarefas e Atividades

O planejamento baseado em localização envolve relações lógicas interativas, divididas em cinco camadas e que se combinam para formar uma poderosa lógica no LBMS (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006). A lógica em camadas não segue uma hierarquia, pelo contrário, todas as lógicas se aplicam igualmente. Pode-se argumentar que a relação lógica baseada em localização é uma extensão do CPM, embora as relações de precedência do CPM tradicional não suportam



os requisitos necessários para o planejamento baseado em localização (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006).

As camadas das relações lógicas propostas por Kenley e Seppänen (2006), são descritas a seguir.

- a) **Relação lógica - Camada 1:** nesta camada a relação lógica é externa entre as atividades ou tarefas dentro dos locais de trabalho. Com isso, é necessário criar a relação em apenas um local e replicá-las para as diversas zonas de trabalho.
- b) **Relação lógica - Camada 2:** é uma extensão da camada 1, na qual existem relações de tarefas em diferentes níveis de precisão. Cada tarefa baseada em localização possui um nível de precisão, que corresponde a um nível na estrutura hierárquica de zonas de trabalho. O nível de precisão significa o nível mais baixo de locais que é relevante para aquela tarefa. Por exemplo, o nível de precisão natural para a estrutura de concreto armado seria o pavimento, dependendo do projeto, pelo fato da estrutura ser levantada sequencialmente por pavimento. Já o nível natural para acabamentos pode ser o nível de um apartamento ou até mesmo um cômodo.
- c) **Relação lógica - Camada 3:** é a lógica interna dentro de uma tarefa ou atividades dentro de um local. É considerada a camada fundamental para o alcance do fluxo de recursos e trabalho e, por isso, pode ser considerada a lógica de fluxo. Diferente da programação realizada por CPM, o planejamento baseado em localização permite que haja uma sobreposição entre as tarefas, desde que em locais diferentes. Cada atividade pode possuir ritmos diferentes de fluxo, causando interrupções indesejadas de trabalho. Para que não aconteçam essas interrupções, pode ser necessários a inclusão de *buffers*, uma ferramenta útil para tornar o fluxo de trabalho mais lento, descontínuo mais rápido ou contínuo mais rápido.
- d) **Relação lógica - Camada 4:** esta camada serve para relações lógicas adicionais, para a adição de defasagem de locais entre o sequenciamento das atividades. Por exemplo, quando se tem a concretagem de uma laje de um pavimento, não se consegue iniciar a atividade sequencial de serviços internos, uma vez que a laje fica escorada com material distribuído no andar inferior até que sua cura e capacidade de carga seja atingida. Nesse caso, é necessária uma defasagem de local (nesse exemplo de um pavimento) para que se possa dar início a atividade subsequente.

Essa defasagem de local também pode ser necessária para que o fluxo de trabalho da tarefa seguinte seja ininterrupto.

- e) **Relação lógica - Camada 5:** relação lógica que utiliza o método do CPM padrão e pode ser entre qualquer tarefa e qualquer localização. Geralmente é aplicada entre tarefas, mas pode ser aplicada internamente a uma tarefa. A camada 5 é utilizada para modelar ligações entre tarefas que possuem um ritmo de trabalho e estrutura de zonas de trabalho diferentes.

#### 2.4.5 *Buffers*

Os *buffers* não têm seu uso limitado apenas a adição de tempo no prazo total da obra, mas também podem ser utilizados como folgas no planejamento físico e financeiro ou na aquisição de recursos para que se obtenha uma segurança na variabilidade e incerteza destes itens (FORMOSO et al., 2021). Formoso et al. (2021) destacam a necessidade de folgas em função do problema de saúde pública mundial, no contexto da pandemia de COVID-19, que demonstrou a necessidade da indústria da construção estar preparada para lidar com a ampla gama de riscos que um evento desse porte causa, sendo um setor afetado em muitos países.

Porém, o presente trabalho de conclusão limita-se a descrever a função dos *buffers* na elaboração do planejamento baseado em localização no que tange ao tempo.

O contínuo fluxo de trabalho precisa ser protegido, portanto cada relação de dependência precisa possuir uma folga de tempo, ou seja, um *buffer*. Os *buffers* podem ser utilizados a fim de absorver inconsistências de produção para que a duração geral do empreendimento não seja afetada (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006).

Segundo Kenley e Seppänen (2006), os *buffers* não são um adicional de lógica, como observado na camada 4 de lógica descrita anteriormente, pois pertencem a todos os relacionamentos de dependência. Os referidos autores definem *buffers* como uma adição de tempo no nível tático dentro do planejamento para proteção do cronograma diante das incertezas e variabilidades de produção e recursos.

## 2.5 PRINCÍPIOS LEAN APLICADOS NO PLANEJAMENTO E CONTROLE BASEADOS EM LOCALIZAÇÃO

O planejamento e controle baseado em localização possui fortes vínculos com os conceitos e princípios da Produção Enxuta (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006). A filosofia da Produção Enxuta teve seu início na indústria automobilística japonesa, mais especificamente na Toyota na década de 1980 e desde então vem se desenvolvendo cada vez mais (KOSKELA, 1992). Basicamente, a ideia da Toyota era a eliminação de estoques e desperdícios, através da redução do sistema de produção em lotes menores (KOSKELA, 1992). Esta filosofia de produção é tão relacionada ao sistema de produção que foi desenvolvido na Toyota e no modo japonês de pensar produção, que muitas vezes é chamada de Sistema Toyota de Produção (STP) (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006).

Segundo Koskela (1992), os principais problemas observados na construção se dão pelo fato de a produção ser vista apenas com um processo de transformação, sendo negligenciadas as etapas que não agregam valor, como transporte, estoques, esperas e inspeção.

Taiichi Ohno, um executivo da Toyota na época, identificou sete tipos de desperdícios encontrados em qualquer processo de produção (SOMMER; FORMOSO; VIANA, 2017):

- Transporte desnecessário de peças em produção;
- Peças esperando para serem concluídas ou produtos acabados esperando para serem enviados;
- Movimentos desnecessários de funcionários e transporte de mercadorias de um local para o outro;
- Tempo ocioso de trabalhadores aguardando atividades ou vice e versa;
- Processos excessivos do produto com etapas extras;
- Superprodução não necessária;
- Produtos defeituosos.

Em Sommer, Formoso e Viana (2017) são destacadas três categorias de perdas, as quais normalmente não recebem a devida atenção no contexto da construção civil: trabalho em progresso, *making-do* e trabalho inacabado.

As causas para o trabalho em progresso estão relacionadas a sistema de produção que utilizam grandes lotes de produção. No contexto da construção, esta perda normalmente está associada à espera entre processos ou excesso de frentes de serviços abertas (SOMMER; FORMOSO; VIANA, 2019)

*Making-do* é entendido como uma situação na qual a tarefa é iniciada sem que todos os recursos estejam disponíveis (materiais, mão de obra, máquinas, equipamentos, entre outros (SOMMER; FORMOSO; VIANA, 2017). O início de atividades sem a disponibilidades dos devidos recursos leva a improvisações no processo de produção, trazendo consequências como menor produtividade, desmotivação, perdas de materiais, retrabalho, redução da segurança e redução da qualidade (FORMOSO et al., 2011).

Já trabalho inacabado ou falta de terminalidade, está associado à não finalização dos serviços dentro dos prazos estabelecidos e dentro dos critérios de qualidade exigidos, fazendo com que as equipes retornem posteriormente ao local de trabalho para execução de retrabalhos ou arremates (ALVES, 2000). Entre as causas que influenciam o trabalho inacabado, destaque-se o grau de definição dos pacotes de trabalho e o adequado sequenciamento dos processos (SOMMER; FORMOSO; VIANA, 2017). Além disso, o controle da qualidade pode também ser uma possível causa para a falta de terminalidade.

Portanto, para que o objetivo da Produção Enxuta seja aplicado, é necessário a análise dos seus conceitos (KENLEY; SEPPÄNEN, 2006). Ainda, válido ressaltar que estes conceitos foram fortemente considerados no desenvolvimento do objetivo deste trabalho, que é a elaboração de critérios para as divisões das zonas de trabalho em uma obra hospitalar.

## 2.6 CONCEITOS RELACIONADOS AO FLUXO CONTÍNUO

O fluxo contínuo pode ser entendido como o processo de redução de estoque, a produção do que é exigido pelo processo seguinte, sem geração de estoque (ROTHER; SHOOK, 1999). Segundo Rother e Shook (1999), fluxo contínuo é a redução da produção em pequenos lotes, sendo que cada item produzido em um lote passa para o outro sem interrupção. O impacto imediato da implementação é a redução no intervalo de tempo entre a entrada da matéria-prima até a saída do produto final (BULHÕES; PICCHI, 2011). Ainda, além de reduzir ou eliminar os estoques, o fluxo contínuo busca melhorias em outros conceitos importantes, como por exemplo, velocidade na produção e estabilidade (BULHÕES; PICCHI, 2011).

Para implementação do fluxo contínuo, Rother e Shook (1999) propõe a implementação de ferramentas no seguinte sequenciamento:

- a) **Mapa do Fluxo de Valor (MFV):** elaboração de um mapa do estado atual do sistema de produção. Seu objetivo é a identificação de desperdícios no sistema de produção para eliminá-los por meio de um projeto de sistema de produção futuro, que adote o fluxo contínuo e a produção puxada.
- b) **Gráfico de Balanceamento do Operador (GOB):** após a elaboração do MFV, faz-se então uma análise do tempo gasto pelo operador, a fim de balancear o período de processamento entre todos. A elaboração do GOB é composta por algumas ferramentas, como: identificação dos elementos de trabalho, eliminação do trabalho desnecessário, medição do tempo gasto por cada processo do trabalho e distribuição do trabalho.
- c) **Tabela de Trabalho Padronizado Combinado (TTPC):** consiste na elaboração de um desenho mais detalhado das operações e é realizado após a GOB. Tem como principal diferença em relação a GOB a interação entre os diferentes operadores.

### 3. MÉTODO DE TRABALHO

A motivação para a elaboração deste trabalho foi o fato de o aluno trabalhar há mais de três anos em uma empresa construtora especializada em obras hospitalares. Ao longo desses três anos de trabalho na empresa, fez parte da equipe técnica envolvida na construção de um novo hospital, desde suas fundações até a entrega do produto final para o cliente e, atualmente, trabalha na reforma e ampliação de um hospital existente. Ambas as obras ficam no mesmo complexo hospitalar, situado no município de Novo Hamburgo – RS.

A empresa adota em suas obras alguns elementos do planejamento e controle baseados em localização. O sistema de planejamento existente envolve toda a equipe de gestão da produção do empreendimento, formada pelo Gerente da obra, o Engenheiro de Produção e o Engenheiro de Planejamento e Controle, contando ainda com o apoio de uma consultoria contratada. Porém, ao longo dos dois primeiros anos de trabalho na empresa, percebeu-se a ausência de critérios para a definição da estrutura hierárquica das zonas de trabalho no último nível, dentro dos pavimentos. O único critério percebido era de que essas áreas possuísem metragens quadradas semelhantes. Apesar de Kenley e Seppänen (2006) citarem que para este tipo de obra os níveis médios de divisão em cada andar são muitas vezes áreas de tamanhos similares, os mesmos autores ainda descrevem que esse não deve ser o critério determinante para estas divisões.

Além de identificar essa divisão das zonas de trabalho (áreas com tamanhos semelhantes), outro problema detectado foi a excessiva ênfase no fluxo contínuo na elaboração do plano de longo prazo com base na linha de balanço. A equipe de gestão da produção elaborava planos sem folgas ou *buffers* entre as tarefas e, ainda, com o mesmo ritmo e tempo de execução para todas as atividades. Isso acabava acarretando problemas de gestão, como, por exemplo, o impacto da variabilidade e incerteza, principalmente relacionadas à falta de recursos, que causavam atrasos na produção. Com isso, havia pouca confiabilidade no planejamento, sendo difícil programar datas precisas de necessidades de recursos ou entradas de equipes na obra. A LOB não refletia o real do ritmo das equipes de produção, sendo necessárias frequentes atualizações por parte do Engenheiro de Produção, responsável direto por atualizar os planos.

### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O presente trabalho foi dividido em três etapas, conforme ilustrado na Figura 4: (a) revisão bibliográfica, (b) coleta e análise de dados sobre o sistema de planejamento existente, e (c) proposição de diretrizes.

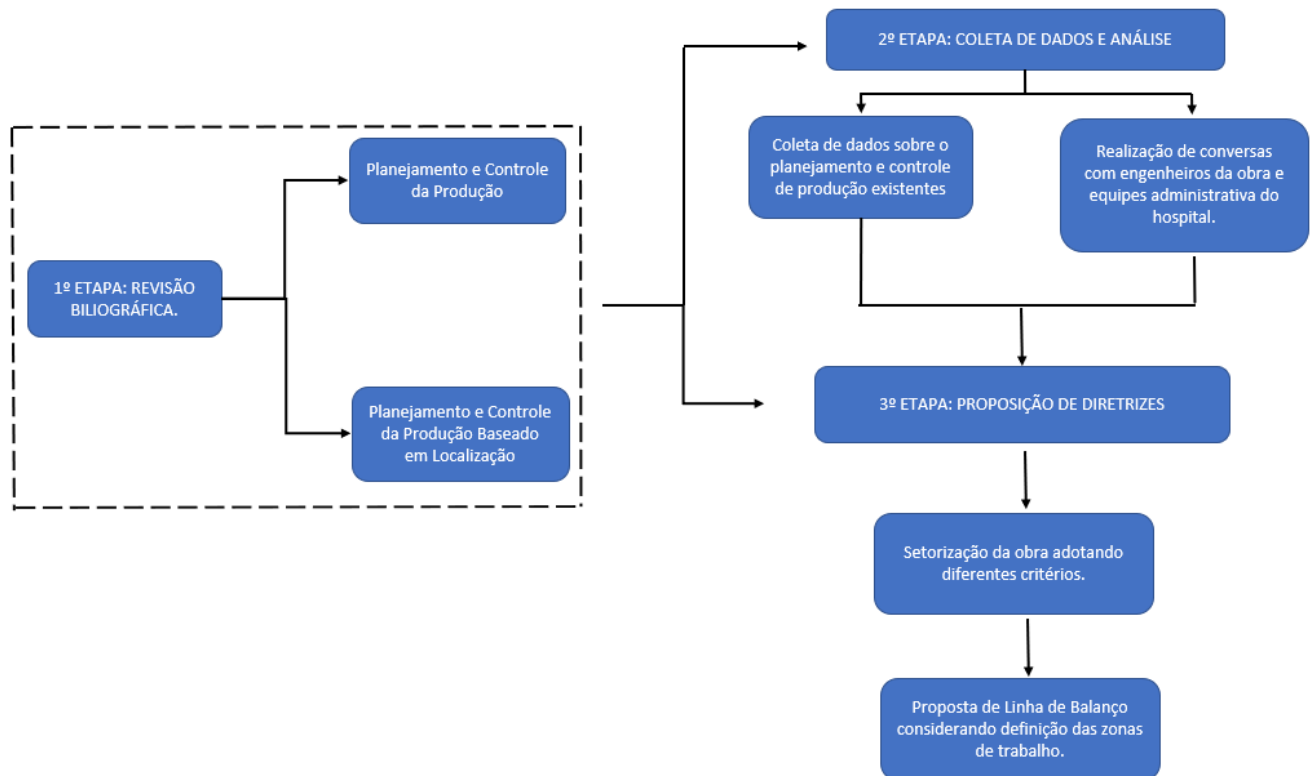


Figura 4: Delineamento da pesquisa.

A revisão bibliográfica aconteceu em paralelo as demais etapas da pesquisa, de maneira a fornecer base teórica para o trabalho. O foco desta revisão foi planejamento e controle da produção. No início do estudo o aluno tinha como ideia o desenvolvimento de um Projeto de Sistema de Produção para a obra utilizada como estudo de caso, devido aos problemas na produção que percebia durante a obra. Porém, após a revisão bibliográfica inicial, percebeu que o problema encontrado estava diretamente ligado ao planejamento baseado em localização e as setorizações adotadas na obra. Por esta razão, decidiu-se pelo desenvolvimento da pesquisa focado no tema de planejamento baseado em localização, propondo critérios e diretrizes para divisão de zonas de trabalho em obras hospitalares.

Após essa fase inicial, deu-se início a coleta e análise de dados sobre o planejamento e controle de produção, identificando os principais problemas no processo existente. Foram realizadas entrevistas abertas com os membros da equipe de gestão da empresa que atuam na definição do plano de ataque da obra, formada pelo Gerente da obra, o Engenheiro de Produção e o Engenheiro de Planejamento e Controle, buscando saber quais tinham sido os critérios adotados no zoneamento da obra e na elaboração da LOB. Também foi realizada uma conversa com as pessoas da equipe administrativa do hospital para saber quais áreas seriam mobiliadas e equipadas primeiramente. A coleta de dados ocorreu durante o período de aproximadamente três semanas.

Por último, na etapa de análise proposição de diretrizes foram identificadas oportunidades de melhoria do processo de planejamento e controle, incluindo critérios para a definição de zonas de trabalho e o uso de uma Linha de Balanço com ritmos diferentes entre as equipes e adição de *buffers* para a absorção da incerteza e variabilidade. Foram propostas novas setorizações da obra, adotando diferentes critérios ao longo dos zoneamentos, os quais foram discutidas com os professores orientadores. Com as zonas de trabalho definidas, deu-se início então à elaboração de uma proposta de Linha de Balanço como um novo plano de longo prazo, adotando diferentes ritmos por setores e por equipes. Nesta proposta de Linha de Balanço, optou-se por incluir explicitamente *buffers*, a fim de proteger o ritmo da produção da variabilidade e incerteza.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa executora da obra estudada tem sua matriz situada no Estado de São Paulo, mas executa obras em todo território brasileiro. Em seu portfólio, possui obras de vários tipos, tais como obras industriais, comerciais, de infraestrutura e, de saneamento, porém as suas maiores especialidades são obras hospitalar. Ao longo dos mais de 45 anos de existência, já executou mais de 620 empreendimentos de diferentes ramos (Engenharia, Energia e Imobiliário), sendo mais de 850 mil metros quadrados de áreas construída no setor da saúde, espalhadas pelo Brasil. Durante a realização deste estudo, a empresa estava executando obras hospitalares em alguns Estados do país: Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul.

No Rio Grande do Sul, tem como destaque em seu portfólio a participação no consórcio que executou a ampliação de um importante hospital do estado, concluída no ano de 2019, na



qual sua capacidade de atendimento aos pacientes foi aumentada em 70%. Essa obra teve uma importância fundamental nos anos seguintes, com o hospital servindo como referência para o tratamento de pacientes de COVID-19, durante a pandemia.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

A obra utilizada como estudo de caso fica situada no município de Novo Hamburgo-RS e pertence a um cliente do setor privado. O prédio está situado dentro de um complexo hospitalar, que inclui dois edifícios finalizados em 2019 e 2020, um novo hospital e um edifício garagem. O presente estudo foi focado em uma obra de *retrofit*, compreendendo serviços de reforma, ampliação e adequação do hospital existente. No que se refere às áreas, a obra terá aproximadamente 5.500 m<sup>2</sup> em reforma e 2.500 m<sup>2</sup> em ampliação.

O prédio está completamente desocupado para a execução das atividades, com exceção do setor de Hemodinâmica, que fica localizado no segundo pavimento. Esta área da Hemodinâmica estava funcionando desde o início das atividades e permanecerá assim por todo o período de obra até a entrega final. Isso torna a obra ainda mais desafiadora, uma vez que as divisões dos lotes ao longo dos andares e os fluxos de trabalho não podem conter esse espaço.

Na Figura 5, apresenta-se um modelo 3D do complexo hospitalar, com destaque para a edificação nomeada como “Bloco 02”, objeto do estudo de caso deste trabalho.

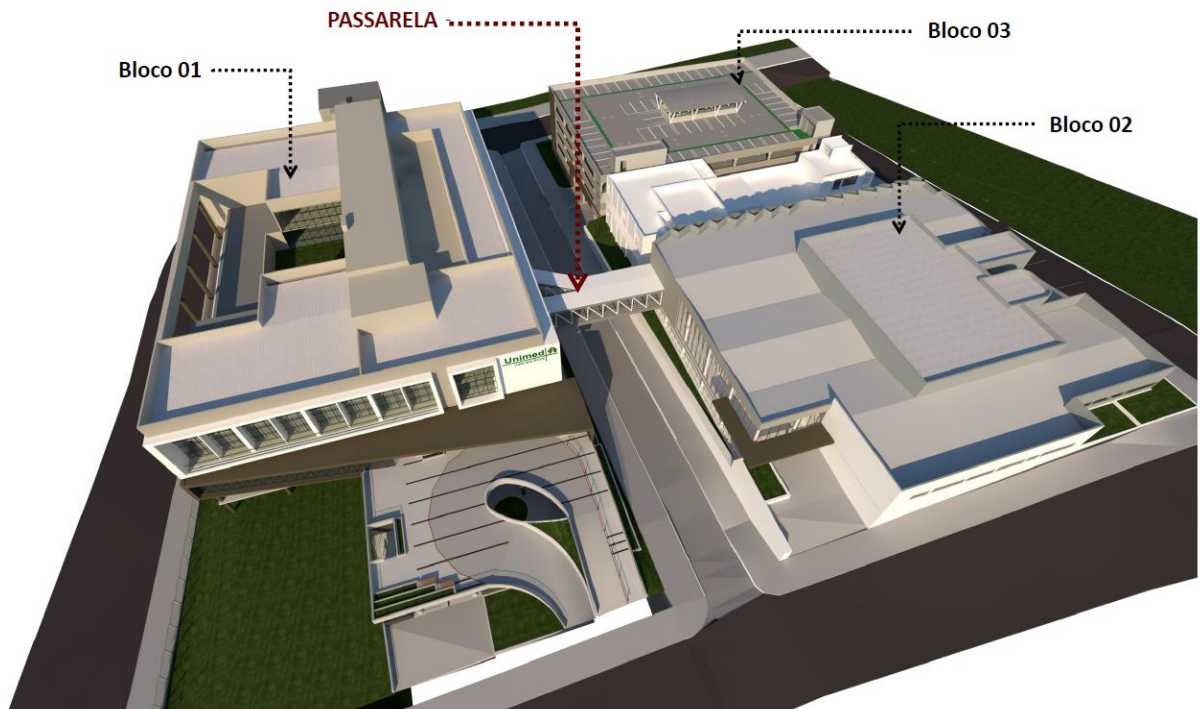


Figura 5: Localização da obra.

## **4. RESULTADOS DA PESQUISA**

Neste capítulo são apresentados os resultados da pesquisa, ou seja, os critérios propostos para a divisão das zonas de trabalho da obra de reforma hospitalar. Primeiramente, é apresentada a forma como o zoneamento foi estabelecido pela equipe da obra, bem como os problemas identificados na produção. Também se apresenta a Linha de Balanço adotada, o objetivo da gestão da empresa com essa LOB e os problemas identificados. Após, com base no referencial teórico delineado neste trabalho e na rotina da obra, propõe-se um novo zoneamento, atentando também à necessidade do cliente final no recebimento da obra e operação do hospital.

### **4.1 PLANEJAMENTO BASEADO EM LOCALIZAÇÃO EXISTENTE NA OBRA**

Neste item apresenta-se o planejamento baseado em localização adotado pela equipe de obra, demonstrando qual a Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho e quais os zoneamentos estabelecidos e os critérios adotados. Representa-se a Linha de Balanço elaborada na obra, adotando-se os zoneamentos e ritmos estabelecidos. Ainda, relata-se os principais problemas observados na setorização e na LOB atuais.

#### **4.1.1 Atual Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho**

Em relação à Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho na obra, a empresa não tem como prática a representação dessa estrutura de forma clara para entendimento das equipes envolvidas no processo de produção, é utilizado apenas a representação do último nível da estrutura com a setorização dos pavimentos. Contudo, através das coletas de dados em campo, elaborou-se a Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho existente na obra, apresentada na Figura 6, a seguir.

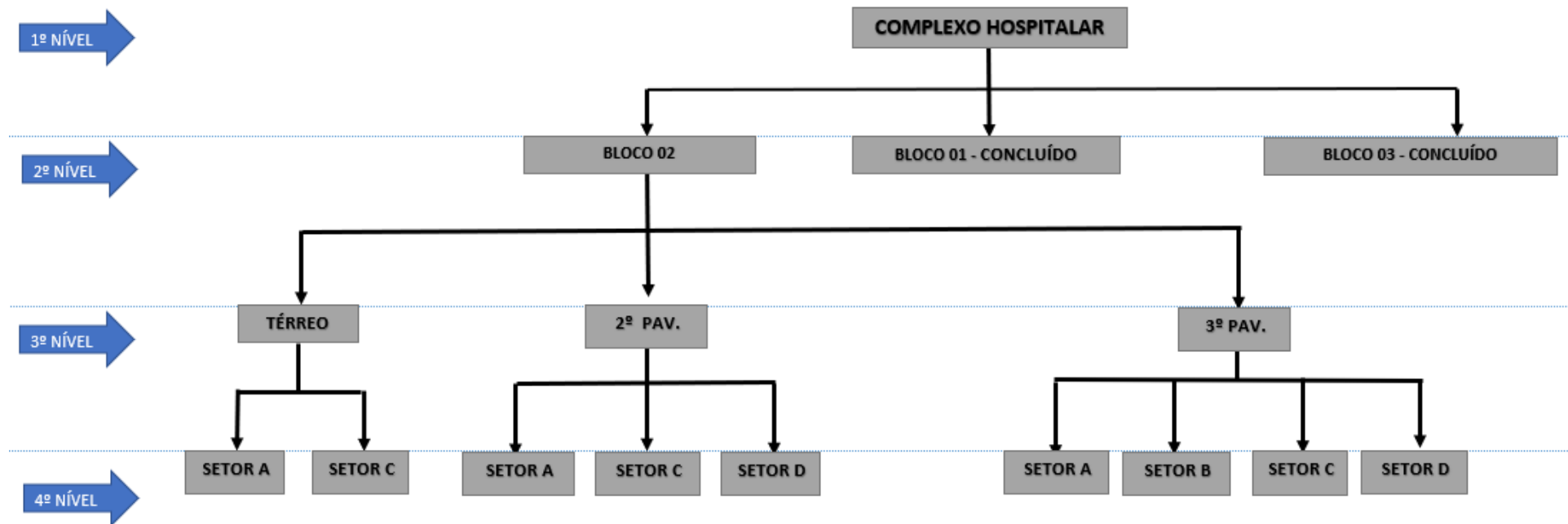


Figura 6: Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho existentes na obra

Fonte: Elaborado pelo autor

Como se pode verificar da figura acima, a estrutura está definida em quatro diferentes níveis. No primeiro nível, está o complexo hospitalar como um todo. Já no segundo nível, divide-se o complexo hospitalar em três seguimentos: (i) edifício garagem (bloco 03, concluído e em uso); (ii) o hospital novo, também já concluído e em uso (bloco 01); e (iii) bloco 02, prédio hospitalar em reforma. No terceiro nível, realizada a divisão dos pavimentos no bloco 02. Por fim, dentro de cada pavimento, definiu-se o quarto e último nível da Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho, nomeadas por Setor A, B, C e D.

#### 4.1.2 Zonas de Trabalho e Critério Utilizado

As zonas de trabalho existentes na obra estão estabelecidas de forma objetiva, visando definir, ao longo dos pavimentos, lotes de produção com tamanhos em áreas quadradas semelhantes.

Durante a coleta de dados para o trabalho técnico, análise do zoneamento existente e conversa com o Gestor de Produção, percebeu-se que o único critério adotado na divisão dessas zonas de trabalho é o equilíbrio na demanda de trabalho entre as equipes.

Nas Figuras 7, 8 e 9, demonstra-se os zoneamentos existentes, elaborados pela equipe de obra no Térreo, Segundo e Terceiro Pavimentos, respectivamente.

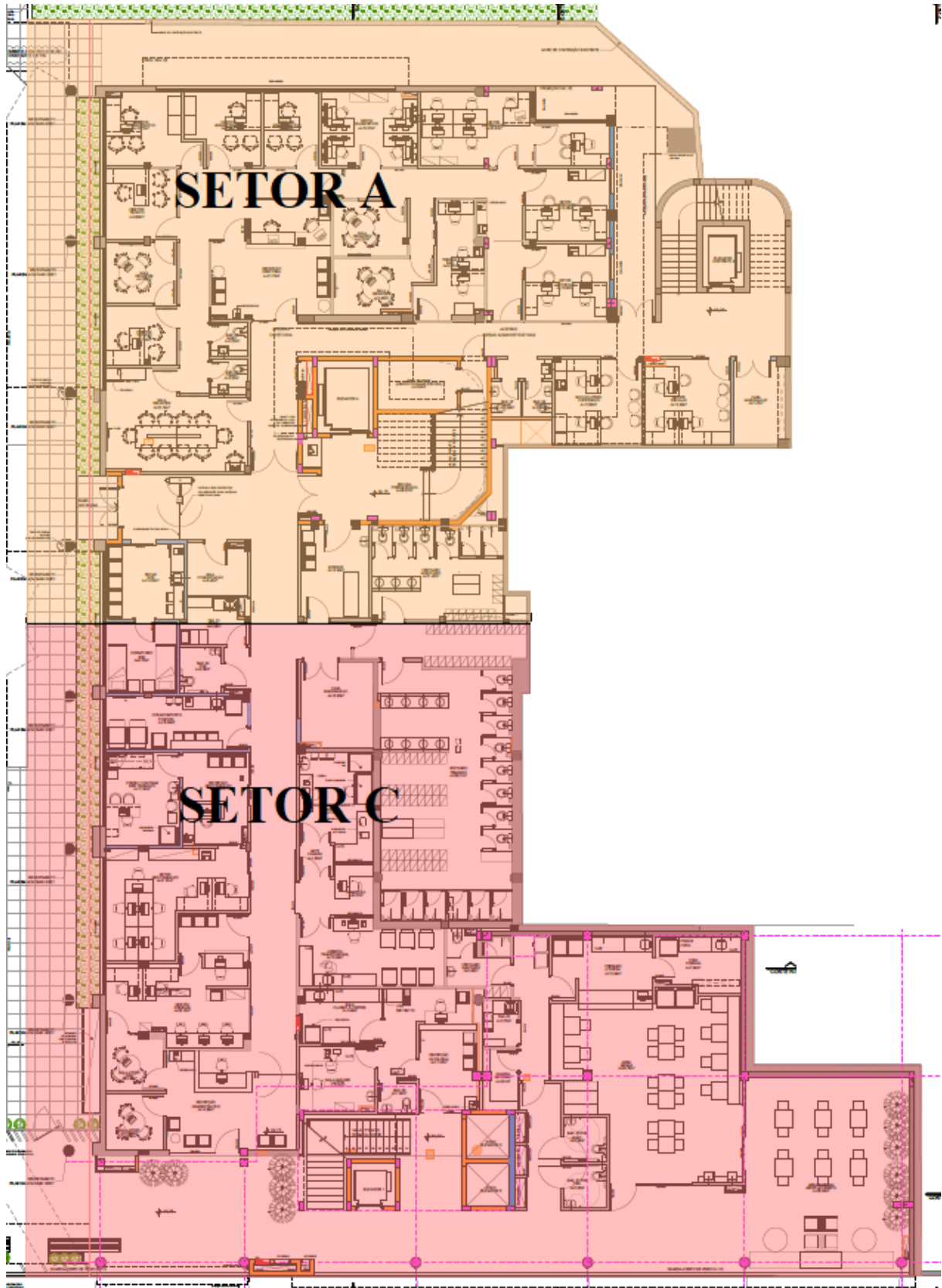


Figura 7: Zonas de trabalho existente na obra – Pavimento Térreo

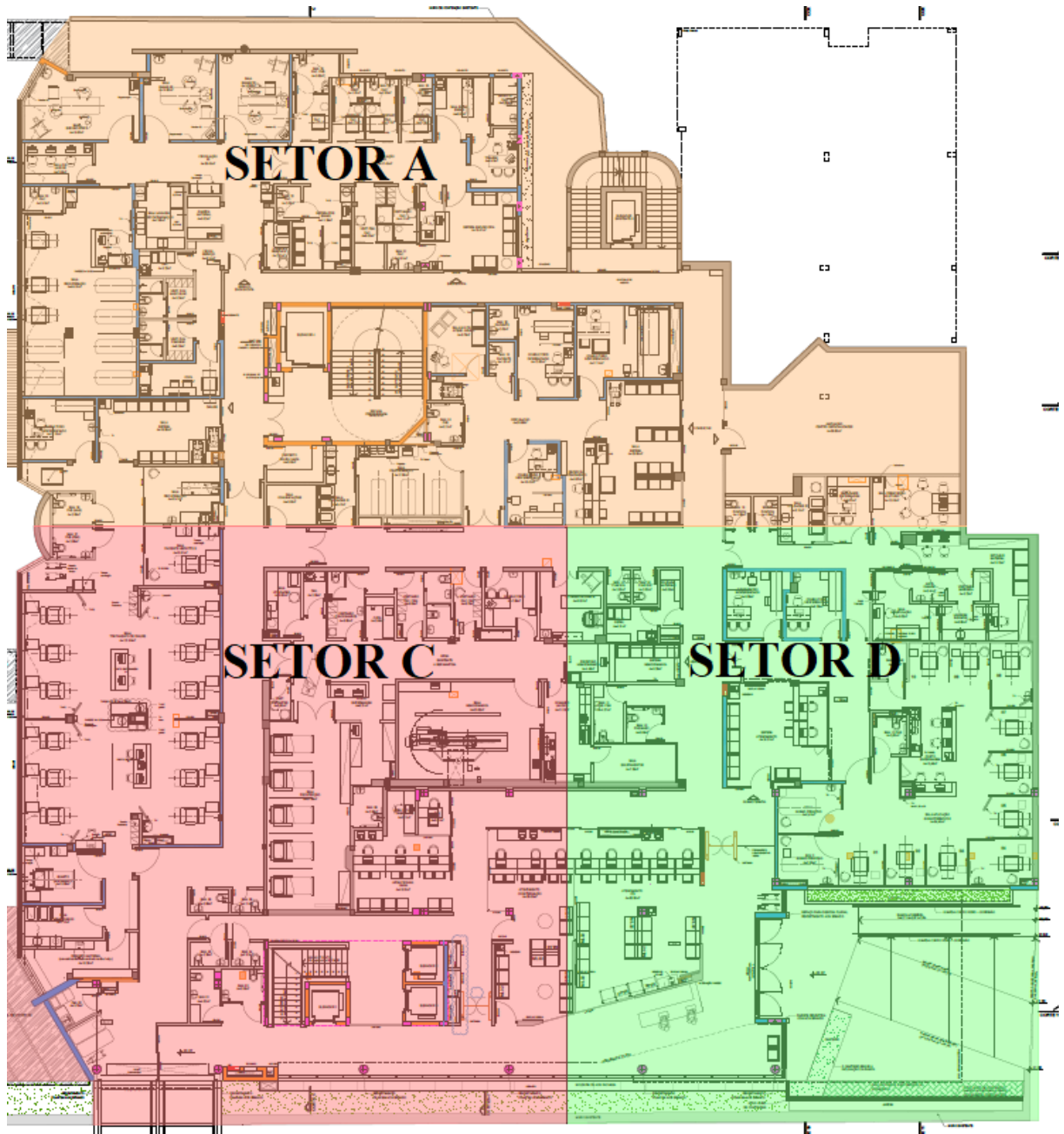


Figura 8: Zonas de trabalho existentes na obra – Segundo Pavimento

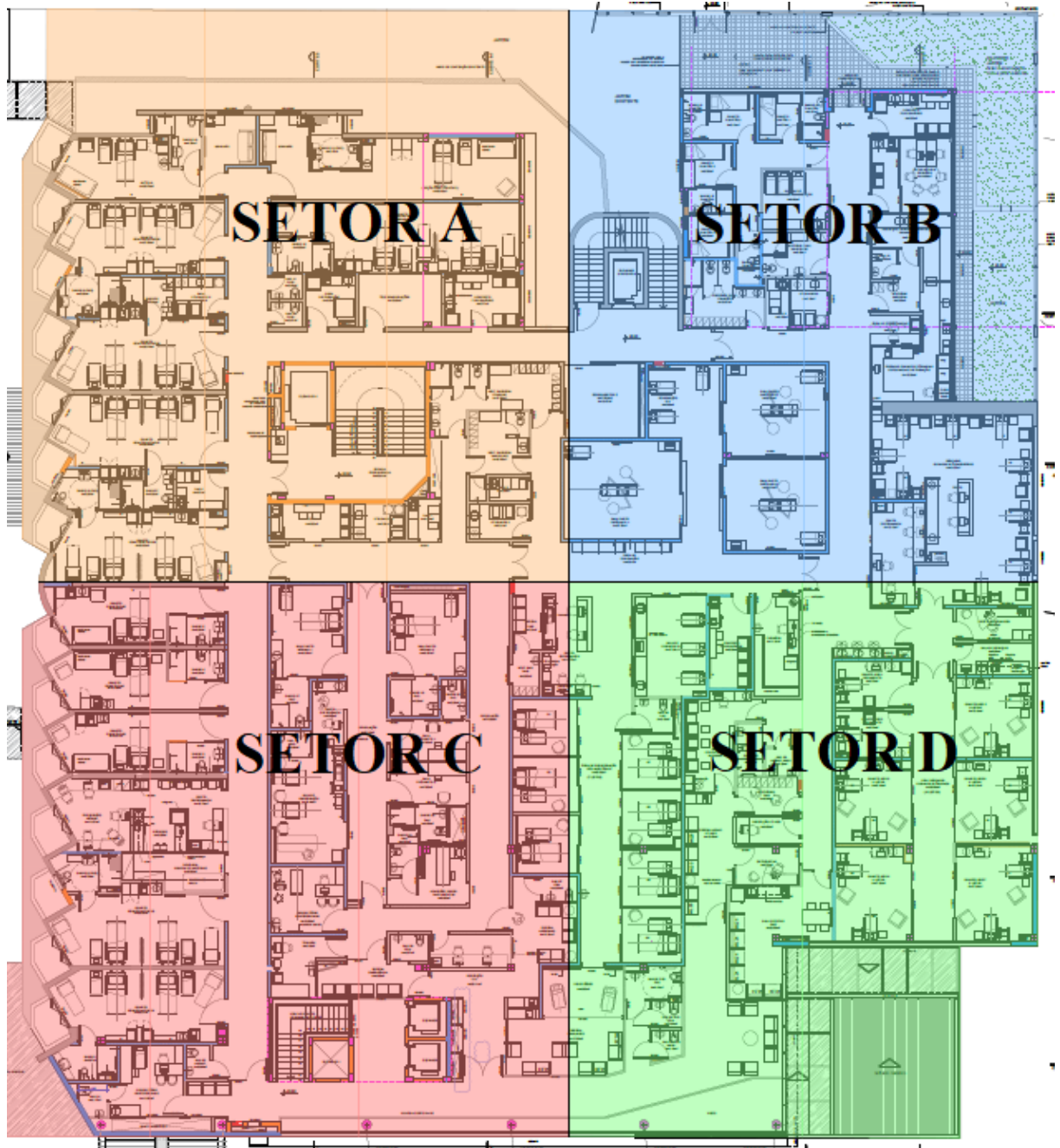


Figura 9: Zonas de trabalho existentes na obra – Terceiro Pavimento

Ao setorizar a obra utilizando apenas o critério de áreas quadradas semelhantes, são frequentes problemas no planejamento da produção, tais como: (i) é transmitida uma falsa impressão que todos os setores possuem as mesmas demandas de trabalho, o que não se confirma, pois, por se tratar de uma obra hospitalar, tem a característica de atividades não repetitivas; (ii) como é interpretado pelas equipes que todos os setores possuem a mesma demanda, os recursos para execução acabam sendo projetados por elas de forma errônea, por exemplo, com a previsão equivocada da demanda de máquinas, ferramentas e mão de obra; (iii)



as zonas não priorizam a entrega do produto final à equipe administrativa da obra, responsável pela equipagem e mobiliário do hospital.

Estes três problemas foram destacados em razão de serem os principais desafios identificados durante a execução da obra e, pela sua relevância, serão considerados para a elaboração de critérios na nova divisão proposta no item 4.2.

Um fator importante de se relatar é que o Pavimento da Cobertura não possui setorização, por isso, não foi considerado para a nova estrutura proposta no presente trabalho. Para este Pavimento e a execução do serviço de montagem do telhado, a empresa geralmente adota o CPM representado em *MS Project* como técnica de planejamento.

#### 4.1.3 Linha de Balanço da Obra

A Linha de Balanço existente na obra considera que todos os setores têm a mesma demanda de trabalho e que serão executados no mesmo ritmo. Isso tem uma forte relação com o problema de dividir a obra em zonas iguais, relatado no item anterior, exatamente por transmitir a falsa impressão de que todas as zonas possuem as mesmas demandas de trabalho. Em consequência, um dos maiores contratempos ao elaborar a Linha de Balanço com essas premissas é que o replanejamento de início de atividades ou de necessidades de recursos são constantes. Isso acontece porque no planejamento de médio prazo, é ignorada a adição de folgas de tempo, ou *buffers*, para absorção das variabilidades e incertezas na produção.

Assim, a LOB existente, apresentada na Figura 10, não reflete o real ritmo das equipes de produção, dificultando a exatidão em relação às datas de início de atividades e em que são necessários recursos (máquinas, equipamentos, materiais, mão de obra).



À esquerda da Linha de Balanço tem-se os pavimentos e os setores da obra. Na linha superior, cada coluna é representada como o tempo de uma semana. Considerando, então, os ciclos da atividade de alvenaria até a limpeza final dos ambientes, o prazo para a execução é de 40 semanas.

Algumas observações são importantes de serem relatadas em relação à da LOB da obra:

- a) O sequenciamento adotado para execução dos serviços é padrão em todas as obras hospitalares da empresa;
- b) São representadas na Linha de Balanço as atividades a partir dos serviços de alvenaria até a limpeza final;
- c) As atividades que antecedem o serviço de alvenaria (demolições, fundações e estrutura), assim como as atividades de montagem do telhado na cobertura e os serviços nas fachadas, não são representadas na LOB. Para estes serviços a empresa utiliza a técnica de planejamento CPM em *MS Project*, porém, não detalhados, pois não é objeto deste trabalho;
- d) Os serviços possuem um mesmo ritmo de cinco dias (ou uma semana) em todos os setores.

## 4.2 CRITÉRIOS PARA NOVAS ZONAS DE TRABALHO E ELABORAÇÃO DA LINHA DE BALANÇO

A seguir, apresenta-se uma nova proposta de Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho para a obra, seguido das novas divisões de lotes no nível mais inferior da hierarquização. Após, apresenta-se os critérios adotados para os novos zoneamentos e, por fim, um plano de longo prazo utilizando a técnica da Linha de Balanço, considerando as demandas ao longo dos trechos.

Válido ressaltar que o novo zoneamento e a nova Linha de Balanço não foram utilizados na obra em virtude de se perceber que existe uma forma padrão na empresa para todas as obras e da obra em análise já estar em pleno andamento. Porém, os critérios para zoneamento serão sugeridos na empresa para o planejamento em novas obras hospitalares.

### 4.2.1 Nova Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho

Assim como descrito no referencial teórico deste trabalho, uma das primeiras etapas no planejamento baseado em localização é a definição da Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho. Para o estudo de caso, adota-se nova estrutura similar à descrita na Figura 6 do item 4.1.1, diferentes entre si apenas no último nível. No último nível, dentro de cada pavimento, as zonas foram nomeadas pelos setores operacionais dominantes nas áreas.

Na Figura 11, tem-se a nova Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho da Obra, após a nova setorização adotada.

## HIERARQUIZAÇÃO DAS ZONAS DE TRABALHO DA OBRA

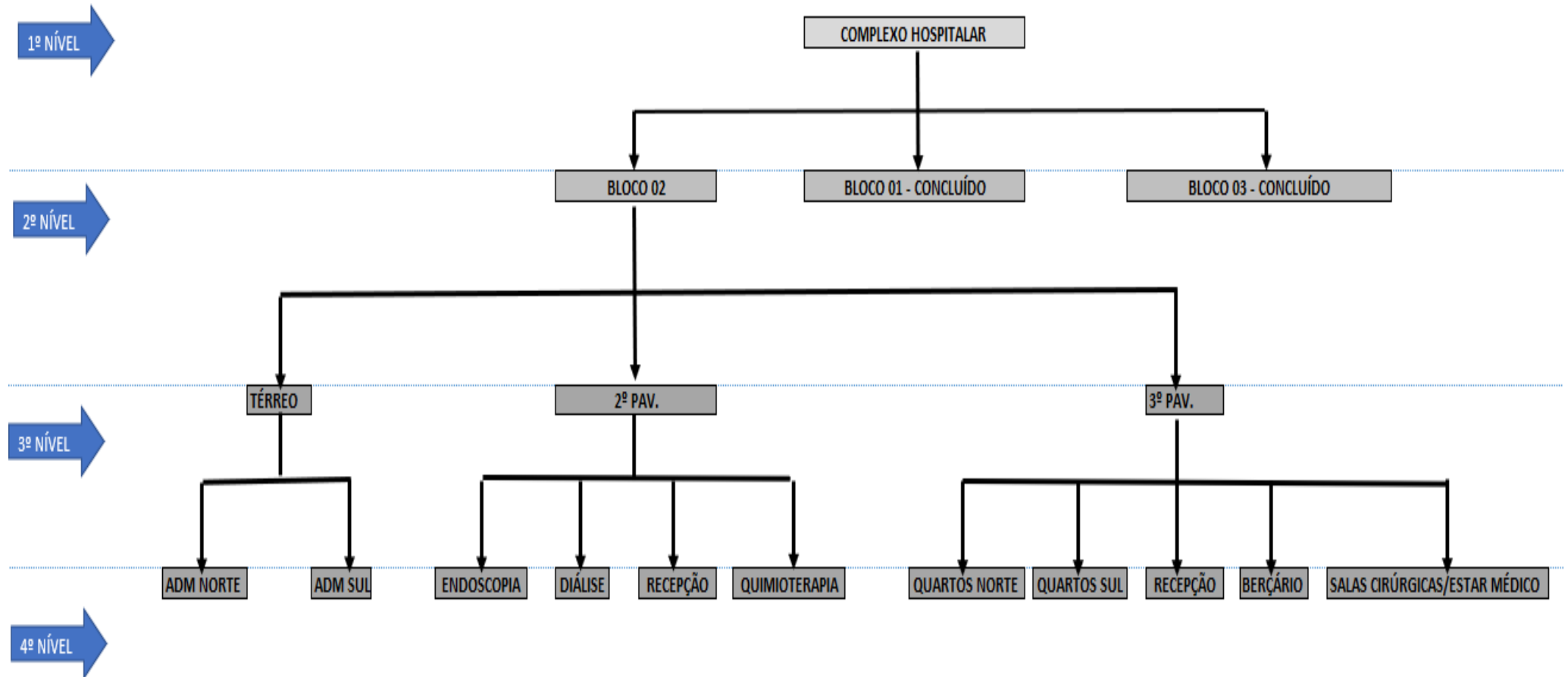


Figura 11: Nova Estrutura Hierárquica das Zonas de Trabalho.

Fonte: Elaborado pelo autor

## 4.2.2 Critérios para a Divisão das Novas Zonas de Trabalho

### 4.2.2.1 Proposição de Critérios

Na determinação da Estrutura Hierárquica da obra, no último nível, há a definição de como serão divididas as zonas de trabalho. Para isso, precisou-se definir alguns critérios. A obra estudada tem características de complexidade, por não haver repetição ao longo das zonas de trabalho e também pela elevada quantidades de sistemas prediais (instalações). Para a determinação das zonas de trabalho nesse tipo de obra, foram propostos critérios visando ao equilíbrio entre o volume de trabalho a ser executado em cada local, os fluxos de trabalho, equipes e recursos ao longo de toda obra, inclusive na fase de entregas parciais, e a entrega do produto ao cliente final.

A seguir, são detalhados os critérios adotados para as divisões das zonas de trabalho na obra hospitalar em estudo, tendo em vista o referencial teórico já apresentado, e o entendimento do processo de planejamento e controle baseado em localização, por parte do aluno ao longo do tempo de trabalho na empresa.

- a) **Divisão por áreas operacionais:** primeiro critério adotado na divisão das zonas de trabalho dentro dos pavimentos. Dentro de obras hospitalares, tem-se as áreas ocupacionais que compõe o prédio. Para essa obra, tem-se as áreas da Endoscopia, Diálise, Quimioterapia, Quartos Neonatal, Quartos Adultos, Salas Cirúrgicas, UTI Neonatal, Salas Administrativa, entre outros. Essa divisão dos lotes por áreas ocupacionais é importante para determinar a quantidade de serviço em cada trecho. Diferentes das características de obras repetitivas, como, por exemplo, obras residenciais, em que as quantidades de trabalho são praticamente as mesmos ao longo dos pavimentos, nas obras hospitalares a quantidade de trabalho varia muito de local para local, impossibilitando zoneamentos idênticos e repetitivos.
- b) **Equilíbrio na demanda de trabalho:** após a divisão pelas aéreas ocupacionais do hospital, sobram ambientes que não necessariamente integram algumas dessas áreas. São exemplos desses ambientes, banheiros, vestiários, copas, refeitório, corredores, entre outros. Nesse caso, na hora de apropriar esses locais a algum trecho, deve-se levar em conta um equilíbrio na demanda de trabalho, atribuindo esses ambientes àquelas zonas que possuem menor volume de trabalho ou menor

área de ocupação, para assim obter um equilíbrio na demanda de trabalho a ser feito. Esse equilíbrio é realizado de forma visual, sendo as divisórias dos ambientes, principalmente as executadas em drywall, determinante para noção de volume de trabalho, uma vez que essas divisórias geralmente carregam um volume considerável de instalações (elétrica, hidrossanitárias, gases).

- c) **Fluxos de trabalho:** deve-se levar em conta os fluxos da obra, tais como: (i) os fluxos de trabalho (equipes de mão de obra), ou seja, para onde cada equipe desloca-se após finalizada alguma zona; (ii) fluxos de entrada de materiais na obra, ou seja, por onde cada material entra nos andares e qual o caminho será percorrido no transporte desses materiais até os ambientes; (iii) fluxos de terminalidade dos trechos, ou seja, em cada zona, quais são os ambientes finalizados primeiro e por último. Isso mantém uma lógica de fluxo dentro do andar e evita trânsito de equipes ou máquinas em zonas já concluídas.
- d) **Interface com o cliente final:** neste critério de divisão de zona de trabalho, há uma relação forte com um dos princípios da Filosofia da Produção Enxuta, descrito no referencial teórico deste trabalho: fluxo de valor. Um alinhamento precisa ser feito com a administração do hospital, a fim de sincronizar a divisão e a transferência de lotes com a chegada de mobiliários e equipamentos hospitalares, já que esta etapa geralmente fica sob responsabilidade do hospital. Uma boa interface com os usuários do prédio visa a antecipar a instalação de equipamentos do prédio e a realizar um breve início das operações.

#### 4.2.2.2 Aplicação dos Critérios

Com a definição dos critérios a serem adotados, partiu-se então para a divisão das zonas de trabalho nos três pavimentos da obra. Na Figura 12, no pavimento térreo, como a maioria dos ambientes são salas administrativas do hospital, adotou-se a divisão por duas áreas semelhantes, nomeadas como Setor Administrativo Norte (cor laranja) e Setor Administrativo Sul (cor azul clara). Vale ressaltar que como o Setor Administrativo Sul possui uma região de recepção sem muitas divisórias, na metade inferior da planta esse setor acabou ficando com uma área quadrada maior. Além das salas administrativas, este pavimento possui dois vestiários de tamanhos consideráveis. Assim, optou-se por separar um para cada setor a fim de equilibrar a demanda de trabalho, principalmente de instalações hidrossanitárias.

Já no segundo pavimento, na Figura 13, tem-se uma particularidade que é o funcionamento da Hemodinâmica (área com hachura cinza clara). Essa área do hospital permanece em pleno funcionamento durante a realização da obra, ou seja, toda a setorização deste pavimento teve que ser feita de modo que a Hemodinâmica não ficasse dentro de alguma zona. Por esse motivo, o fluxo de entrada e saída de pacientes e funcionários na Hemodinâmica ficou definida por uma rota que vem da passarela que interliga o prédio em obra com o hospital novo concluído, isolada em material leve, destacada na cor cinza no canto inferior esquerdo da planta do pavimento. Resumidamente, só haverá acesso para a Hemodinâmica se entrar pelo hospital concluído, atravessar a passarela e dirigisse pelo corredor criado. O andar ficou dividido por três zonas, nomeadas como Setor Endoscopia (cor laranja), Setor Diálise (cor azul clara) e Setor Recepção + Quimioterapia (cor verde). Todos os setores deste pavimento tiveram suas divisões caracterizadas pelos ambientes que compõe a área ocupacional, como as salas de preparo, salas de exames e salas de recuperação. Ainda sobre este pavimento, adotou-se a inclusão de duas caixas de escadas ao Setor da Endoscopia e as salas cirúrgicas ao Setor Diálise, a fim de equilibrar os volumes de trabalho entre os setores. Neste pavimento também se teve o Setor Recepção + Quimioterapia com uma área quadrada maior que os demais setores, em virtude da região da recepção possuir uma boa área sem divisórias, o que geralmente leva a ser executada em um ritmo mais acelerado.

Por último, na Figura 14, no terceiro pavimento a divisão teve cinco zonas de trabalho distintas. Como quase a metade do pavimento é formada por quartos de internação, teve-se a divisão dessa região dos quartos em Setor Quartos Norte (cor laranja) e Setor Quartos Sul (cor azul clara). Ainda, no Setor Quartos Norte foram atribuídas as duas caixas de escadas, na tentativa de equilibrar as áreas dos dois setores descritos. Após, o restante do pavimento foi dividido em Setor Recepção Centro Obstétrico, Setor Pós Anestésico + Berçário, e Setor Estar Médico + Parto Cirúrgico. Com o intuito de não deixar qualquer setor com uma quantidade excessivamente grande de trabalho, nesse pavimento optou-se pela criação de um setor separado para a região da recepção. Como o Setor da Recepção do Centro Obstétrico possui uma área sem muitas divisórias, o ritmo nessa região será mais acelerado, pois com a diminuição no número de divisórias diminui-se também o volume de instalações elétricas e hidrossanitárias embutidas em paredes. No Setor Pós Anestésico + Berçário, definiu-se que os ambientes pertencentes ao processo de parto formassem esse setor, ou seja, salas de espera, quartos neonatal, salas de coleta de leite materno, sala de recuperação pós anestésica, entre outros ambientes.



Na última divisão do pavimento, definiu-se o Setor Estar Médico + Parto Cirúrgico. A região é composta em sua maioria pelos ambientes destinados ao conforto dos médicos, enfermeiros e técnicos, porém, com a ideia de equilibrar o volume de trabalho entre os setores do pavimento, atribuiu-se as três salas de parti cirúrgico também a este setor.

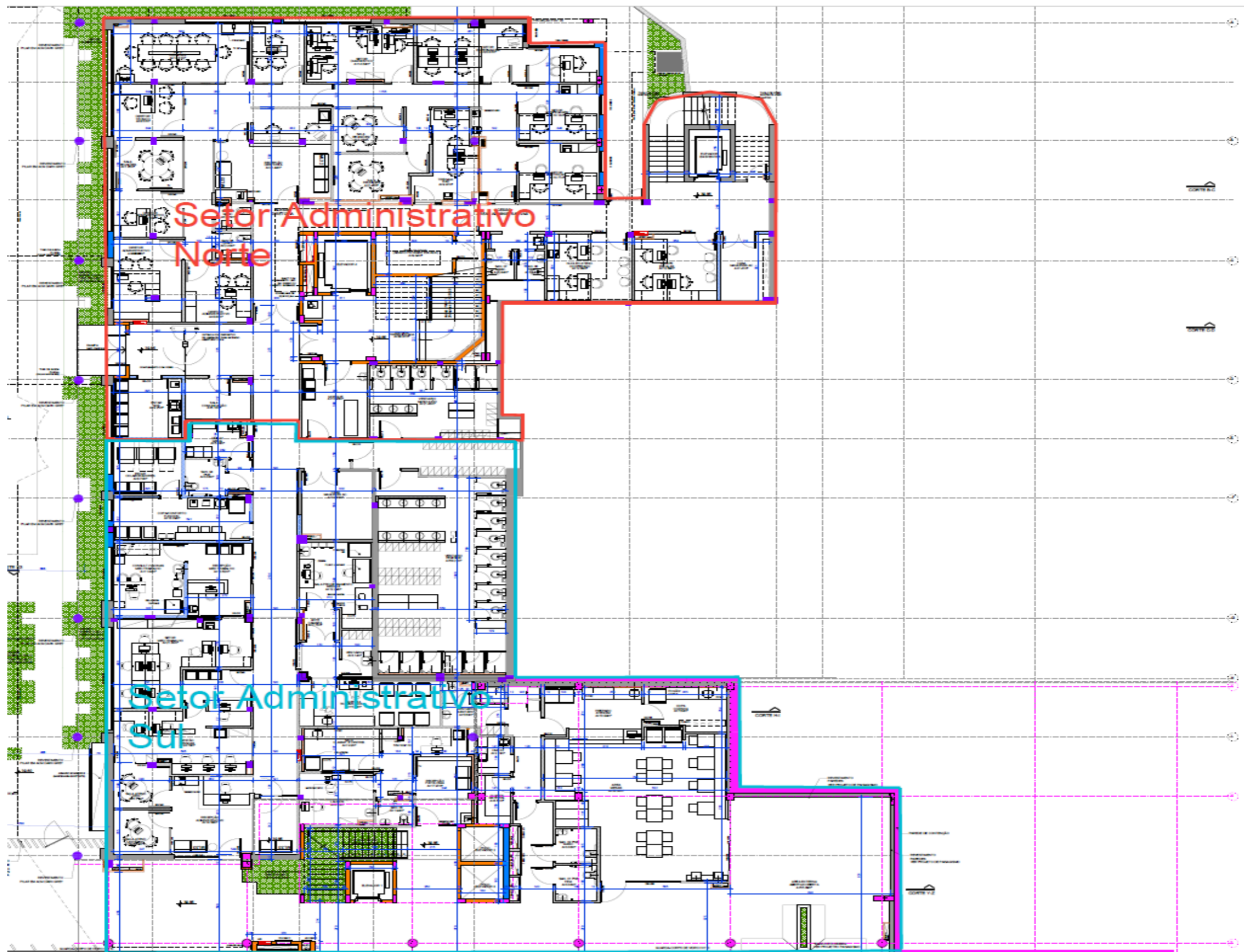


Figura 12: Novas Zonas de trabalho – Pavimento térreo

Fonte: Elaborado pelo autor

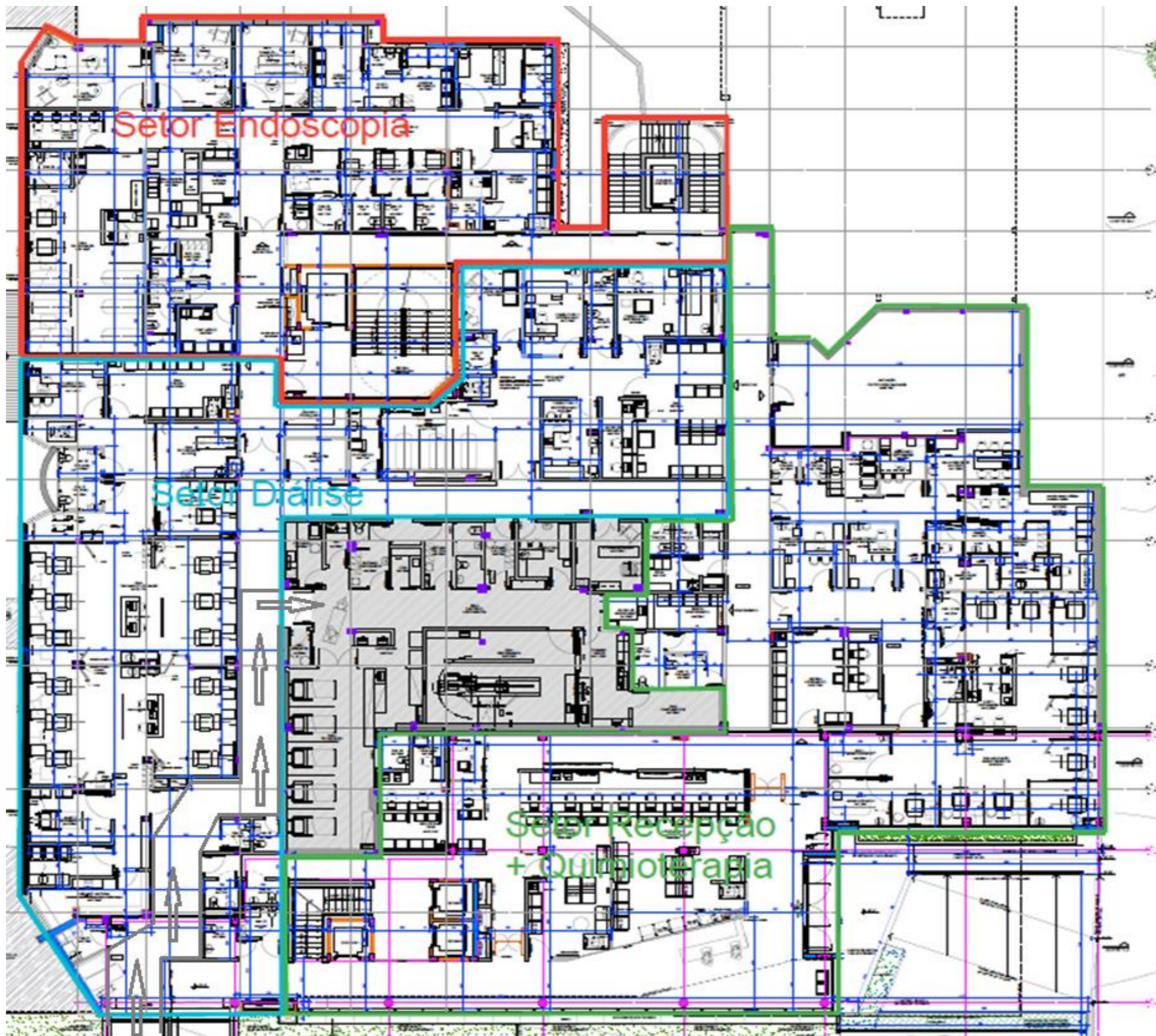


Figura 13: Zonas de trabalho – Segundo pavimento.

Fonte: Elaborado pelo autor

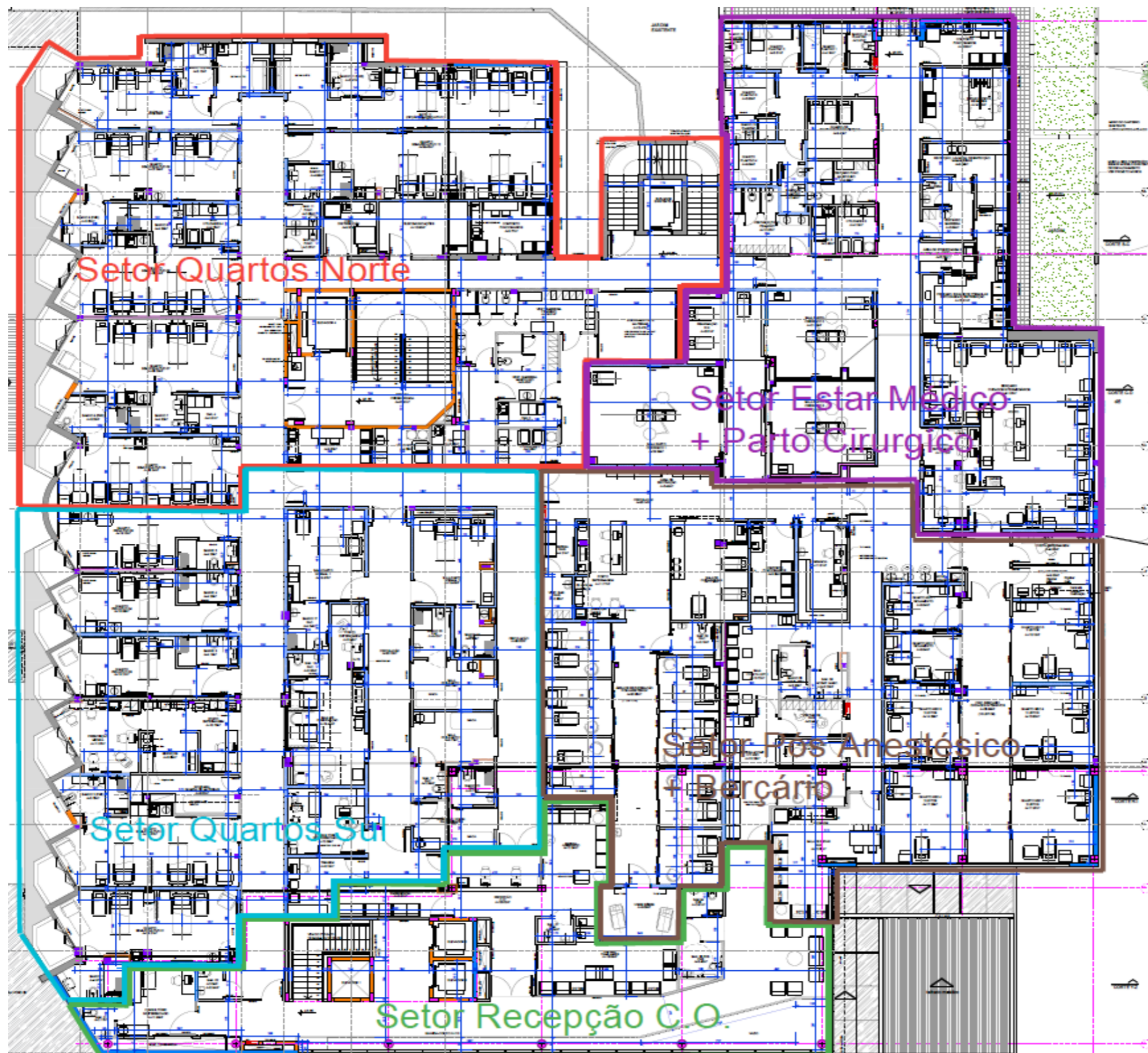


Figura 14: Novas Zonas de trabalho – Terceiro pavimento.

Fonte: Elaborado pelo autor

Com as divisões das zonas de trabalho definidas, foi possível definir os lotes de controle, os fluxos de trabalho, e como estes podem ser controlados durante a etapa da obra.

#### 4.2.3 Linha de Balanço para o Novo Zoneamento

Após a definição das zonas de trabalho, foi elaborado um plano de longo prazo utilizando a técnica da Linha de Balanço. Na elaboração da LOB, levou-se em conta alguns itens, como a mesma sequência lógica de atividades já utilizada pela empresa como padrão em suas obras hospitalares e descrita na representação da LOB existente da obra, na Figura 10, os quantitativos de cada serviço ao longo de cada lote, a disponibilidade de recursos e a experiência com tempos de duração a partir da realização de outras obras que a empresa possui. Outro fator importante na elaboração da LOB foi a adoção de *buffers* entre atividades considerando a experiência obtida ao longo dos três anos de trabalho na empresa. Esses *buffers* foram alocados de forma tática no cronograma.

Na Figura 15 têm-se a LOB, que explicita o sequenciamento das atividades, os ritmos das equipes, os fluxos de trabalho e as folgas mencionadas. Como já mencionado, a obra não possui em seu planejamento a representação na LOB das atividades que antecedem o serviço de alvenaria (demolições, fundações e estrutura), assim como as atividades de montagem do telhado na cobertura e os serviços nas fachadas. Para estes serviços a empresa utiliza a técnica de planejamento CPM representada em *MS Project*, e não foi detalhado um novo planejamento para estas atividades. Para o desenvolvimento da nova LOB, adotou-se as mesmas premissas.

Fazendo-se uma análise da Linha de Balanço elaborada, é importante destacar alguns fatores que serão descritos na sequência. Na fase dos serviços de alvenaria até o reboco interno, é possível perceber que no segundo pavimento, mais especificamente nos Setores Diálise, Recepção e Quimioterapia, os mesmos são executados simultaneamente, pois, como observado nas plantas baixas, possuem menor quantidades de divisórias em alvenaria, permitindo um ritmo mais acelerado. Nessa mesma figura, temos ainda o serviço de contrapiso com um ritmo de dois dias por zona, diferente da maioria dos demais, os quais possuem quatro dias para execução. Como se tem uma área ampla para execução do contrapiso, essa atividade pode alcançar uma maior produtividade.

Observa-se a adição de *buffer* após a fase de instalações sob laje. Obras hospitalares possuem um entreferro (espaço entre o forro e a parte inferior da laje) muito obstruído, com um volume grande de infraestrutura de instalações (eletrocalhas para elétrica, dutos de

climatização, tubulações para incêndio, tubulações para esgoto, rede hidráulica, entre outros), necessitando algumas vezes de revisões de projetos devido a incompatibilidades de ocupação de espaço no momento da execução. Isso demanda tempo, o que torna essencial a obtenção de folgas no cronograma para absorver impactos gerados por problemas dessa natureza, evitando, assim, um impacto no prazo final da obra.

Outro fator importante é o destaque da atividade “Drywall 1 – Guias, Montantes, 1º chapa e Reforços” destacada com uma seta em vermelho, considerada como caminho crítico da obra, em virtude desse serviço, como mencionado anteriormente no trabalho, ser uma predecessora para outra série de atividades de instalações. Deve-se então dar uma atenção especial no plano de médio prazo, para que esta atividade tenha removidas todas as restrições que impossibilitem sua execução.

Existe ainda outro *buffer*, dessa vez após os serviços de impermeabilização e seus respectivos testes de estanqueidade. Muitas vezes alguns desses testes apresentam problemas de vazamento nas impermeabilizações realizadas nos ambientes, sendo necessário a verificação do problema e a correção. Assim, uma folga adicionada após esse serviço torna-se importante para absorver possíveis problemas de execução.

Por fim, tem-se a fase final da Linha de Balanço, com as atividades de acabamentos, como a pintura e a instalação de portas. Vale ressaltar que a instalação de portas também é outro serviço que possui ritmo de dois dias em cada trecho em razão da alta produtividade das equipes que executam essa atividade. Ainda é possível notar que a Linha de Balanço elaborada com as novas zonas de trabalho possui um prazo menor de 4 semanas, se comparado com a Linha de Balanço existente na obra, mesmo com a adição de folgas de tempo.

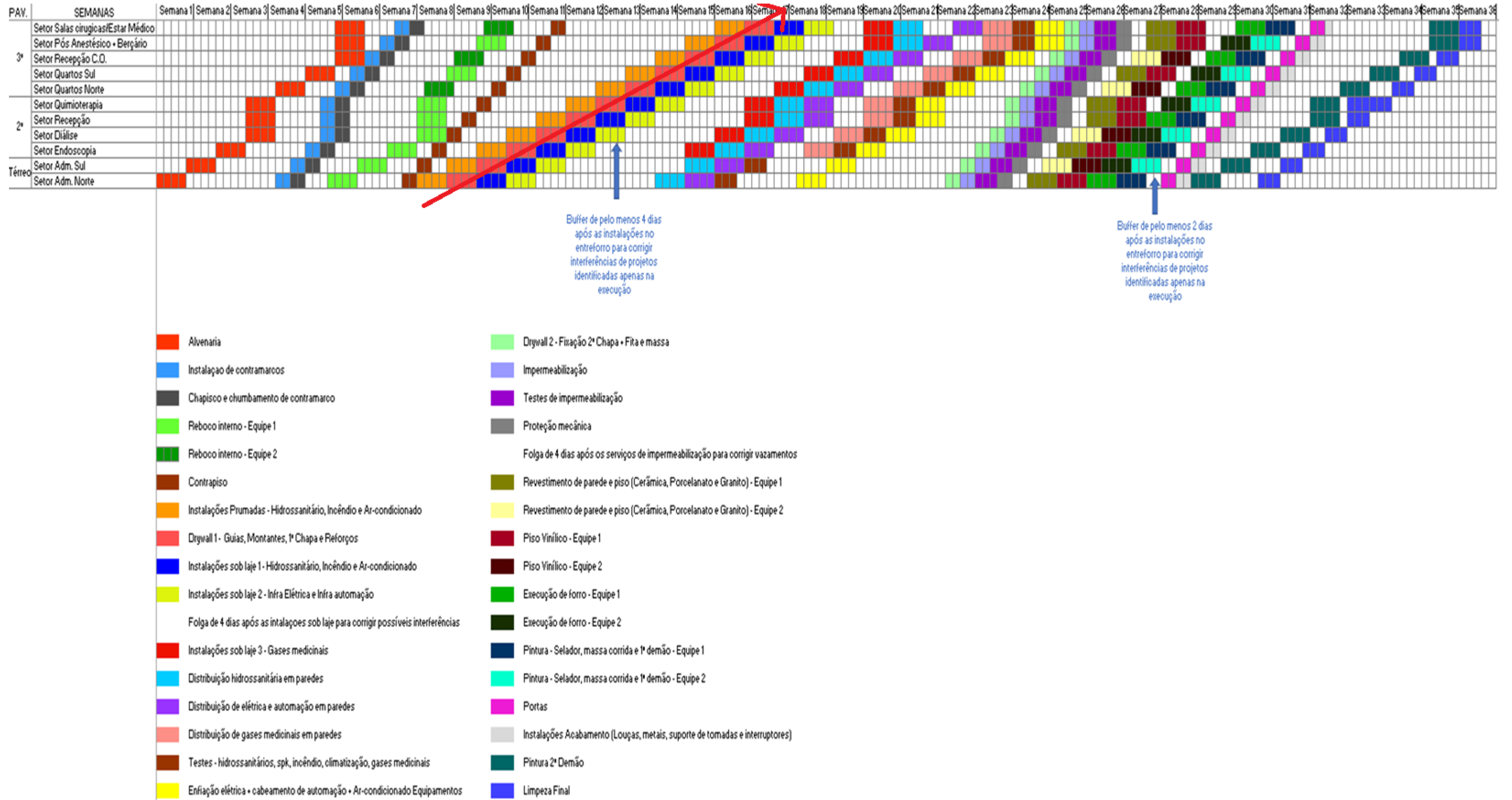


Figura 15: Nova Linha de Balanço

## 5. CONCLUSÕES

A necessidade de planejamentos eficazes na execução de obras é cada vez mais evidente, devido ao elevado grau de competitividade no mercado da construção civil durante as últimas décadas. Empresas são desafiadas a cumprir prazos reduzidos na busca por melhores resultados no sucesso dos empreendimentos. Para isso, busca-se montar um plano de execução com eficiência combinada à qualidade na entrega do produto final, permitindo também um controle efetivo daquilo que foi programado.

No presente trabalho, então, propôs-se critérios para divisão de zonas de trabalho em uma obra hospitalar utilizada como estudo de caso, levando em consideração que as obras do setor da saúde terão aumento elevado nos próximos anos e planejamentos eficazes precisarão ser realizados pelas empresas para obras dessa característica.

Primeiramente, procurou-se entender através da revisão bibliográfica, apresentada no capítulo 2, os critérios sugeridos pela literatura para zoneamento de obras não repetitivas e para definição das etapas sobre o planejamento e controle da produção baseado em localização. Da revisão, compreendeu-se que os principais critérios utilizados em estudos de caso são as divisões por áreas ocupacionais e áreas com metragem quadrada semelhantes.

A partir da base teórica, foi iniciada a coleta de dados do empreendimento e entendimento de como era realizado o planejamento da obra. Percebeu-se ali que os principais problemas no processo de produção estavam na setorização da obra, uma vez que foram considerados critérios muito simplistas, distintos daqueles propostos na bibliografia. O planejamento da obra teve como principal referências a experiência da empresa em obras anteriores. Na elaboração do plano de longo prazo, considerou-se na Linha de Balanço que todas as atividades tinham o mesmo ritmo e o mesmo tempo de ciclo de uma semana, sem a consideração de folgas de tempo entre as atividades.

A partir do entendimento do planejamento utilizado na obra, concluiu-se que a obra necessitava de uma melhor divisão das zonas de trabalho, que considerasse critérios baseados na revisão bibliográfica, e o entendimento das necessidades do cliente final.

Apesar do novo zoneamento realizado não ter sido implementado na obra, foi possível concluir que os critérios utilizados para a nova divisão, combinado com a elaboração da Linha de Balanço, trariam importantes ganhos, se comparados com o processo de planejamento e controle existente na obra, como exatidão no início dos serviços em cada local e necessidade de recursos para execução, além de permitir a instalação de equipamentos e mobiliários por



parte da equipe administrativa do hospital, a fim de antecipar o início das operações. Isso deve ser combinado à elaboração da Linha de Balanço, respeitando os devidos ritmos dos serviços em cada zona e a adoção de folgas de tempo no plano de longo prazo, com o intuito de absorver as variabilidades e incertezas do processo de produção.

Por fim, em relação a trabalhos futuros sugere-se investigar os critérios que devem ser utilizados no planejamento em obras hospitalares com características diferentes do estudo apresentado, como por exemplo hospitais construídos utilizando módulos pré-fabricados, processo bastante utilizado durante a pandemia de COVID-19 ou obras de hospitais com áreas ocupacionais diferentes das citadas no trabalho (área de diagnóstico por imagem, leitos de UTI, área de traumatologia), para investigar outros critérios aplicáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARDITI, D.; TOKDEMIR, O. B.; SUH, K. Effect of learning on line-of-balance scheduling. *International Journal of Project Management*, v. 19, n. 5, p. 265–277, 2001.
- BULHÕES, I. R.; PICCHI, F.V. Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta. Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 205-223, 2011.
- FORMOSO ET AL. (2021). Slack in construction - Part 1: core concepts. *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Lima, Peru, pp. 187-196.
- FORMOSO, C.T.; BERNARDES, M.M.; OLIVEIRA, L.F.; OLIVEIRA, K.A. *Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras*. Núcleo orientado para inovação da edificação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- KEMMER, S. L.; HEINECK, L. F. M.; ALVES, T. C. L. Using the line of balance for production system design. In: *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 16, Manchester, 2008.
- KENLEY, R.; SEPPÄNEN, O. *Location-based Management for Construction. Planning, Scheduling and Control*. Routledge, 2006.
- KENLEY, R.; SEPPÄNEN, O. Location-based management of construction projects: Part of a new typology for project scheduling methodologies. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 2009. p. 2563–2570.
- KHAN A.; SARWAR M., *Critical Path Method*, 2021
- KOSKELA, L. Application of the new philosophy to construction. *CIFE Technical Report: Center for Integrated Facility Engineering*, Salford, 1992.
- KOSKELA, L.; HOWELL, G. The underlying theory of project management is obsolete. In: *Project Management Institute Research Conference*, Seattle, 2002.
- LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. *Construction Management and Economics*, v. 5, n. 3, p. 243–266, 1987.
- OLIVIERI et al., 2019 – Survey Comparing Critical Path Method, Last Planner System, and Location-Based Techniques.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: *Lean Institute* Brasil, 1999.

SEPPÄNEN, O.; BALLARD, G.; PESONEN, S. The combination of last planner system and location-based management system. *Lean Construction Journal*, p. 43–54, 2010.

SERRA et al., 2017 – Tecnologia para Canteiro de Obras Sustentável – Capítulo 17. Finep 50 anos.

VALENTE C.; MONTENEGRO, G.A.; BRITO, F.L.; BIOTTO, C.; MOTA, B.P. Guidelines for Developing a Line of Balance for Non-Repetitive Areas (Common Areas) at a Vertical Residential Building. In: *Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 22., Oslo, 2014. p. 763-774.

VARGAS, F.B. *Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho e BIM*. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

WOMACK J.P.; JONES D.T. *Lean Thinking*, 2003. Nova York, Free Press.