

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROJETO DE LEIAUTE: UM ESTUDO DE CASO EM
UMA EMPRESA METAL-MECÂNICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Vinicyus Mourão Monteiro Guillet

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**PROJETO DE LEIAUTE: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
EMPRESA METAL-MECÂNICA**

POR

Vinicyus Mourão Monteiro Guillet

Trabalho de conclusão de curso de
graduação apresentado ao Centro de
Tecnologia da Universidade Federal de
Santa Maria, como requisito parcial para
obtenção do grau de **Bacharel em
Engenharia de Produção.**

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Battesini

Santa Maria, RS, Brasil

2014

PROJETO DE LEIAUTE: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA METAL-MECÂNICA

VINICYUS MOURÃO MONTEIRO GUILLET (UFSM)

vineguillet@gmail.com

MARCELO BATTESINI (UFSM)

marcelo-battesini@ufsm.br

Este artigo tem como objetivo identificar uma solução de leiaute para uma empresa metal-mecânica localizada na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul. A problemática está relacionada à necessidade da empresa se mudar de localidade e, com isso, existir a possibilidade de organizar de melhor forma seus prédios, processo e estações de trabalho. Neste artigo foi utilizada a abordagem FacPlan, apresentando dois dos cinco níveis de projeto de fábrica e leiaute: Nível Supra e Nível Macro. O objetivo foi alcançado e comprovado através de análises comparativas entre a situação atual e a situação proposta de novo leiaute.

Palavras-chave: Leiaute; Projeto de fábrica e leiaute; Nível Macro; Nível Supra; FacPlan.

1. INTRODUÇÃO

Em tempos onde o Brasil possui uma economia estável, o setor industrial se fortalece e cresce rapidamente. Mesmo sendo ótimo para nosso país ter indústrias aumentando suas produções a um ritmo acelerado, é necessário organização para que todo esse crescimento não resulte em desordem. Para tanto, estudos sobre projetos de instalações e/ou leiaute estão em evidência na literatura a fim de promover uma maior organização no desenvolvimento de indústrias e empresas.

De fato, há muitas dificuldades para se obter um leiaute adequado em uma organização, afinal são muitas as variáveis, além de restrições físicas como a área de um terreno ou o tamanho de um prédio. Será mostrado aqui um trabalho com a temática de planejamento de instalações de um leiaute estratégico, onde a partir de um conjunto de restrições (área, localidade do novo terreno, etc.), será desenvolvido um leiaute de uma indústria.

É comum os problemas de leiaute serem extensos e muitas vezes trabalhosos para engenheiros conseguirem uma solução. O motivo disso está relacionado à desorganização já estabelecida no processo e à impossibilidade da aplicação de mudanças radicais na organização geral, seja por motivos financeiros, seja pelo pensamento conservador da alta gerência. Visto isso, optou-se por escolher uma indústria onde o tema poderia ser delimitado de uma forma mais ampla, ou seja, esse trabalho não tratará apenas de uma simples adequação de máquinas, mas sim o estudo da melhor alocação dos prédios e das células de produção, dentro de um terreno pronto para receber a indústria. De maneira geral, o tema será delimitado no planejamento de leiaute dos níveis Supra e Macro em uma empresa.

Continuamente, é necessário entender a questão problemática deste trabalho a partir do panorama atual da empresa. Essa organização está localizada num bairro residencial de uma cidade da região central do Rio Grande do Sul e, por conta de um grande crescimento de suas organizações e também por não ter mais para onde expandir na localidade onde está situada, viu-se sem alternativa, resolvendo então adquirir um novo terreno para onde levará todas as suas instalações. É essencial explicar que a empresa está localizada em quatro terrenos diferentes, sendo três próximos e outro afastado 1 km via rodovia.

O objetivo desse trabalho, portanto, é identificar uma solução de leiaute para uma empresa metal-mecânica em dois níveis de planejamento de espaço. Este trabalho estará estruturado em 7 itens, tendo início nessa presente introdução, passando por um extenso referencial

teórico, por uma metodologia, além do desenvolvimento (situação atual e resultados), das considerações finais, agradecimentos e, finalmente, das referências.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este estudo trabalhará com o tema de projeto de fábrica e leiaute. Para tanto, é necessário trazer o embasamento da pesquisa, bem como o que a literatura apresenta sobre esse assunto. Há muitos livros, trabalhos, relatórios que possuem como foco central esse mesmo assunto, porém, nem todos se mostraram importantes ou trouxeram informações relevantes para que servissem como base para este trabalho. Por isso também, esse estudo tem como justificativa o enriquecimento da literatura, a qual dispõe de poucos casos onde acontece o exato momento em que uma indústria está em processo de total mudança de localidade. Com isso, neste trabalho haverá uma base teórica a partir de literaturas clássicas do assunto, sendo reforçada com artigos atuais os quais trazem estudos ainda não apresentados em livros.

2.1. Projeto de fábrica e leiaute

Historicamente, a necessidade de projetar uma fábrica e suas instalações surgiu durante a Revolução Industrial. Naquele tempo, devido à movimentação de matéria-prima e à obtenção de energia, as indústrias deviam ser projetadas para que ficassem perto de rios. Com o passar do tempo, os proprietários de indústrias foram se especializando na melhor obtenção de matéria prima e localização de suas organizações e começaram a perceber que para melhorar ainda mais sua produção era necessário organizar sua fábrica internamente, ou seja, aprimorar o leiaute (MUTHER; WHEELER, 2000).

Ainda, de acordo com Lee (1998), há diferentes maneiras para construir uma instalação: (1) Experimental, na qual se organiza o leiaute com base em experiência passada ou instinto; (2) Plano Diretor, onde somente há o foco na beleza exterior dos prédios; (3) Clonagem, ou seja, copiar uma instalação existente ou parte dela; (4) De Baixo Para Cima ou Bottom-Up, onde se começa a instalação a partir dos detalhes para depois se projetar os prédios e o terreno; (5) Sistemática ou Planejamento Sistemático de Leiaute – SLP, onde há o uso de procedimentos e fases que dão ao leiaute uma estrutura e um sistema, economizando tempo e esforço; (6) Estratégica ou Top-Down, onde se organiza primeiro a tecnologia, a política, as estratégias de negócio para depois definir a localização global da empresa, as estratégias operacionais e detalhes; (7) Planejamento de Fábrica ou FacPlan, que é a abordagem que reúne o melhor de todas, possui o sistema e a estrutura além de acrescentar uma dimensão estratégica, pode

funcionar do detalhe para o geral ou vice-versa. Neste trabalho, a abordagem usada é a FacPlan.

Todo o estudo foi feito se baseando numa estratégia abordando o que deve ser feito ao seu tempo, usando a perspectiva de Geral para Detalhe, ou seja, planejando o arranjo dos prédios até a organização das células de trabalho. Em tempo, para se conseguir um melhor entendimento para a abordagem FacPlan, pode-se defini-la como um planejamento de leiaute realizado de forma sistemática, com divisões por etapas definindo responsáveis e prazos para sua execução, englobando cinco níveis de planejamento (Global, Supra, Macro, Micro e Sub-Micro) que vão desde a localização do terreno da empresa globalmente até a organização da estação de trabalho do operador (TURATTO, 2008).

Como se pôde perceber, os cinco níveis de planejamento ditos acima são as bases principais para um trabalho de leiaute baseado na abordagem FacPlan. Diante disso, e mesmo que esse trabalho somente aprofundar-se-á nos níveis Supra e Macro, é relevante apresentá-los juntos a fim de facilitar os conceitos.

Quadro 1 – Níveis de planejamento de leiaute

Nível	Atividade	UPE Típica	Ambiente	Resultado
I Global	Localização e Seleção	Locais	Mundo ou País	Definição do local – País, Estado, Cidade –
II Supra	Planejamento	Características das Construções	Local	Planta do terreno e das instalações
III Macro	Layout das Construções	Células ou Departamentos	Construção	Projeto da Planta Industrial – Layout dos setores –
IV Micro	Layout de Departamento	Características de Células	Células	Projeto dos setores – Layout dos Equipamentos e estações de trabalho –
V Sub Micro	Projeto de Estações de Trabalho	Localização de Ferramentas	Estação de Trabalho	Projeto da estação de trabalho

Fonte: Adaptado de Lee (1998)

O Nível Supra é onde ocorre o planejamento do local, incluindo número, tamanho e localização de prédios. Bem como infraestrutura como estradas, gás, ferrovias, etc.. Esse

planejamento deve prever expansões da fábrica para possível saturação do local (UERJ, 2011).

Por outro lado, o Nível Macro, ou nível três, acontece a definição dos prédios e das estruturas ou subunidades da instalação. Normalmente, é o nível mais importante de planejamento, pois estabelece o foco ou a organização básica da fábrica. De acordo com Lee (1998), neste mesmo nível os projetistas devem definir e localizar os departamentos operacionais que irão determinar o fluxo geral de materiais. Uma localização mal planejada poderá resultar em aumento dos custos de manuseio, transporte, e inflexibilidade, causando dificuldades no lançamento de novos produtos, entregas irregulares e excesso de estoques entre processos. (SLACK; CAMBERS; HARLAND, 2009).

2.2. Setor metal-mecânico

A indústria onde será realizado este trabalho pertence ao ramo metal-mecânico. Portanto, entender o panorama atual desse tipo de indústria é interessante para mostrar a importância que essas têm no Rio Grande do Sul e no resto do Brasil.

De acordo com Ferreira (2002), este complexo constitui um conjunto amplo e diversificado de setores, cuja característica principal consiste no fato de que o componente principal dos bens e serviços produzidos contempla tecnologias baseadas em conhecimentos e técnicas, relacionados com a produção, processamento e utilização de metais, especialmente o ferro, o alumínio e o aço, dentre outros tipos de ligas metálicas.

Vasconcelos (2004) considera que as atividades do ramo metal-mecânico estão compreendidas nos seguintes segmentos industriais: (i) indústria metalúrgica; (ii) indústria de máquinas e equipamentos; (iii) indústria de bens finais; e (iv) outras atividades como a produção de ferramentas, ferragens e outros artefatos metálicos e a indústria de material elétrico.

De acordo com Souza (2003), próximo da década de 90, o ramo metal-mecânico apresentou uma retração devido ao não desenvolvimento de novos métodos de produção. Porém, a partir da década de 90, com a inovação tecnológica, junto com a chegada de novas máquinas de produção, as indústrias desse ramo tiveram grandes crescimentos e, até os dias de hoje, conseguem manter suas lucratividades altas. Outro grande fator que impulsionou o crescimento desse setor foi a adoção de políticas de corte de custos, baixando preços, acirrando a concorrência e trazendo a necessidade de criar novos mecanismos de produção mais velozes e com qualidade. (FIERGS, 2005).

Especificamente no estado do Rio Grande do Sul, o setor metal-mecânico também cresceu significativamente. Entre os principais motivos estão o desenvolvimento da indústria automobilística, de máquinas e de implementos agrícolas. Essas indústrias estão localizadas principalmente na Serra Gaúcha e Região Metropolitana, porém, na região central do estado, o número de indústrias do ramo metal-mecânico também está aumentando devido à proximidade da mão de obra especializada vinda das universidades da região. (PEREIRA; ARENDT, 2002).

2.3. Estudos semelhantes na literatura

A partir desses conceitos, de modo a enquadrar esse trabalho com alguns similares na literatura, é importante trazer exemplo de pesquisas as quais possuem alguma semelhança com esse estudo de modo a justificar a sua realização. Para tanto, em seguida, se discutirá sobre pesquisas e estudos atuais sobre o tema.

Não foram identificados na literatura estudos semelhantes, pois é raro uma empresa de grande porte mudar de localização, os trabalhos semelhantes apresentados estarão relacionados com os problemas de algumas partes desse estudo. O trabalho de Roig-Tierno et al. (2013) mostra o quanto é crítico definir uma localidade para um novo empreendimento. No artigo é apresentado como se consegue definir, a partir de duas ferramentas, a Geographic Information System (GIS) e a Analytical Hierarchy Process (AHP), o melhor lugar para se estabelecer uma nova indústria. Aqui nesse presente trabalho, a localização foi estabelecida inicialmente pela empresa, pois foi adquirido um terreno para a mudança de localidade.

No estudo de Lorenzatto e Ribeiro (2007), por outro lado, há uma análise das melhorias que um nível macro bem projetado pode trazer. Foi feita uma comparação de como, através de um projeto bem feito do nível macro, pôde-se conseguir uma maior facilidade na implementação das políticas de Produção Enxuta. Ainda, mostra que houve redução de 50% nas perdas causadas pelo não abastecimento eficiente dos equipamentos.

2.4. Definições e Ferramentas do estudo

De modo a tornar o trabalho mais dinâmico na sua seção Desenvolvimento, as ferramentas utilizadas para o estudo estão apresentadas a seguir.

As Unidades de Planejamento do Espaço (UPE) podem ser um departamento, depósito, um setor, uma área de processos em comum, etc.. É muito importante para um trabalho de leiaute defini-las para que sirvam de base para arranjar as partes da empresa que devem ficar próximas e aquelas que devem ficar afastadas.

O fluxo de matérias é basicamente os movimentos, cruzamentos e retrocessos que os produtos realizam dentro da fábrica (LEE, 1998). Sua utilidade é ampla quando se quer maximizar a produtividade e diminuir o tempo de fabricação dos produtos.

Já o diagrama de afinidades ou diagrama das relações é desenvolvido para que em somente uma ferramenta todas as necessidades ou restrições de proximidade entre as UPEs estejam descritas. Esta ferramenta livra a necessidade de memorização de todas as relações entre UPEs e também mostra as razões pelas quais alguma UPE deve estar próxima ou longe de outra (LEE, 1998).

De maneira geral, esta ferramenta é uma das mais importantes em trabalhos de projetos de fábrica e leiaute, afinal, é a partir dela que o esboço de um novo arranjo pode ser iniciado. (MARUJO; CARVALHO; LEITÃO, 2010).

Lee (1998) acredita que o diagrama de configuração é a primeira ferramenta para projetos de fábrica que, a partir do diagrama de afinidades, consegue mostrar algumas definições de células, afinidades e isolamentos necessários. Por isso, indica que o Diagrama de Afinidades sempre deve ser bem desenvolvido.

O Diagrama de Configuração deve incluir primeiro as afinidades A (Absoluta proximidade), depois as afinidades E (Excepcional proximidade), em seguida das afinidades I (Importante proximidade). A partir disso tenta-se reduzir as distâncias entre A's e E's com um número mínimo de cruzamentos.

Depois de ajeitadas as afinidades de proximidade, são colocadas as afinidades O (Ordinária), U (Sem importância) e X (Isolada), finalizando o diagrama e tendo, ao fim, um primeiro esboço da distribuição das UPEs no novo projeto de fábrica.

A ferramenta Planejamento Primitivo consiste na adição do espaço em escala apropriada de cada UPE ao diagrama de configuração. O objetivo principal do Planejamento Primitivo é semelhante ao Diagrama de Configuração, ou seja, aproximar quem tem afinidade e afastar os que devem ficar mais isolados. Porém, com o espaço de cada UPE, o desenho do novo leiaute se torna mais realista, mostrando como a área de uma UPE pode limitar a proximidade de outra.

O Planejamento Primitivo mostra um primeiro esboço do novo leiaute já com as áreas, trazendo ao projetista uma visão sobre o todo e, ainda, a possibilidade de conseguir uma organização das UPEs de uma maneira mais compacta.

Por fim, As limitações são fatores como acessos para carga e descarga, pé direito apropriado para o prédio, acessibilidade, qual tipo transporte de materiais será usado no prédio, etc.. Geralmente, a melhor forma de trabalhar com esses fatores é através de um formulário que relaciona as limitações com as UPEs mais compatíveis. (LEE, 1998).

Vários aspectos que influenciam o macro leiaute não se consegue resolver somente a partir dos conceitos de UPEs, espaços e afinidades, por isso, existem o estudo de limitações.

3. METODOLOGIA

Esta seção mostrará todo o delineamento do estudo, de forma cronológica, pressupondo, assim, garantir a melhor compreensão de qualquer estudioso da área ou mesmo qualquer leigo que tenha afinidade com este assunto.

Primeiramente é de suma importância destacar que esse trabalho, segundo Ventura (2007), caracteriza-se por ser um estudo de caso, pois ele possui uma “unidade-caso”, necessita de coleta, seleção e análise de dados e uma elaboração de relatório. Ainda, é uma situação onde o autor não faz parte do universo estudado.

Este trabalho está dividido em três etapas: a) coleta de informações; b) estudo e aplicações de ferramentas e; c) análise dos resultados. Com isso, é interessante trazer um pouco do processo de cada etapa.

A primeira etapa foi baseada em obter o máximo de informações possíveis e entender como a empresa funciona. Essa parte, sem dúvida, é a mais trabalhosa em qualquer estudo de leiaute, pois, qualquer informação não coletada pode resultar em deficiências no leiaute projetado. É importante lembrar que as informações foram em maior parte coletadas sobre o Nível Supra e Macro, afinal esses foram elementos centrais de estudo nesse trabalho.

Em seguida, na segunda etapa, foram utilizadas todas as informações obtidas nas ferramentas do estudo de projeto de fábrica e leiaute. Nessa etapa, houve também várias conversas com o pessoal responsável pela produção da empresa, para que se conseguissem resultados mais próximos possíveis da realidade nas ferramentas aplicadas.

Por fim, na terceira parte analisou-se o resultado da aplicação de todas as ferramentas, e a partir da nova proposta de leiaute, foi mostrado as melhorias da proposta em relação à situação do leiaute atual da empresa.

4. DESENVOLVIMENTO

Na sequência, estará a apresentação da empresa onde o trabalho foi realizado, e após todo o raciocínio para a definição de um novo leiaute.

Esse raciocínio inicia com a situação atual da empresa nos Níveis Supra e Macro. Logo após, estão os resultados e as propostas que foram criadas e também a proposta que foi escolhida para cada um dos dois níveis de espaço.

4.1. A empresa

A empresa é uma indústria do ramo metal-mecânico, localizada na região central do Estado do Rio Grande do Sul, possuindo um quadro de aproximadamente 150 funcionários. Seus principais produtos são equipamentos para indústria de cereais, estruturas metálicas (treliças, coberturas, etc.) e elevadores de passageiros. Possui mais de 600 obras realizadas no Brasil e nos países do Mercosul.

Devido ao bairro onde a empresa está localizada ser residencial, o seu crescimento territorial aconteceu de forma não totalmente adequada. Outros dois menores terrenos foram adquiridos em seu entorno, além de um terceiro ser alugado para ser utilizado como estacionamento e refeitório. Com isso, e sabendo que a empresa se encontra em grande expansão, a alta gerência decidiu por adquirir um novo terreno em um bairro industrial, onde seria possível alocar toda a organização em apenas uma área. A partir disso que se inicia o estudo.

Como a empresa ainda não trabalhou prioritariamente na mudança para o novo terreno, afinal a produção não pôde ter uma pausa pela grande demanda, pouco se fez quanto à organização das novas instalações no terreno adquirido. Por isso, partindo de um estudo do Nível Supra, continuando pelo Nível Macro, sem dúvida, poder-se-á trazer ótimas sugestões para o novo leiaute e instalações no novo terreno.

Em tempo, é importante salientar que o Nível Global não está entre a análise, pois o terreno onde serão alocadas as novas instalações já foi adquirido. E ainda, o Nível Micro e Sub Micro também não serão abordados, pois deixaria este artigo muito extenso, o que fugiria de seu propósito.

4.2. Situação atual

Como os produtos da empresa são basicamente feitos de metal, os processos básicos são o corte, a furação, a dobra, a pré-montagem (solda e colocação de parafusos) e a pintura. Cada

processo possui máquinas manuais e de controle numérico computadorizado (CNC), além de meios de transporte por pontes rolantes e carrinhos manuais.

Os produtos fabricados na indústria foram agrupados, de acordo com suas peculiaridades, em três diferentes áreas a partir do processo pré-montagem. Essas áreas são chamadas de Elevadores de Passageiros (EP), Produtos Pesados (PP) e Produtos Médios e Leves (PML).

4.2.1. Nível Supra

Para a análise desse nível, primeiramente, localiza-se os quatro terrenos da empresa.

Figura 1 – Terrenos da empresa



Fonte: Google Earth (2013)

Como é possível notar na Figura acima, existem três terrenos próximos e um distante dos outros. T1 (Prédio Principal) é onde estão localizados os principais processos produtivos e o setor administrativo, já em T2 (Prédio Auxiliar) estão alguns processos específicos de montagem e almoxarifado. Por outro lado, o terreno mais afastado (T3) é onde estão localizados os prédios de pintura e o estoque ao ar livre. Esse terreno tem somente metade de sua área utilizável. Por fim, está o terreno (T4), o qual é o estacionamento e o refeitório da empresa.

4.2.1.1. Terrenos e Prédios

Aqui estão colocados dados referentes às áreas de cada terreno, e também que categoria de produto passa pelos mesmos.

Quadro 2 – Áreas da empresa

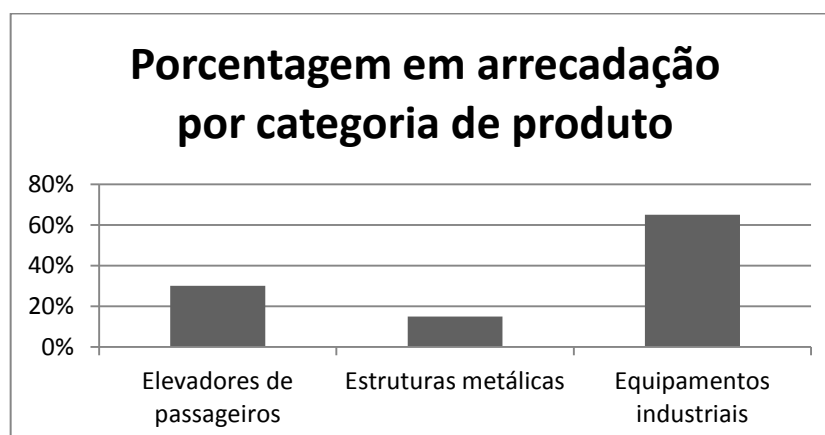
	Área do terreno	Área construída	Categoria de produtos
T1	3693 m ²	3465 m ²	PP, PML e EP
T2	2335 m ²	2225 m ²	PML
T3	19.290 m ²	3700 m ²	PP, PML e EP
T4	895 m ²	530 m ²	-
Total	26213 m ²	9920 m ²	-

Analisando o Quadro acima se percebe que T1 e T3 recebem todas as categorias de produtos. Por outro lado, T2 faz parte do somente do fluxo dos PML, não fazendo parte dos fluxos de PP e EP. Por fim, T4 como serve para estacionamento e refeitório, ou seja, não faz parte da produção, não recebe nenhuma categoria de produto.

4.2.1.2. Análise Produto-Volume

Análise de Produto-Volume traz informações de quanto cada categoria de produto é importante para a empresa. Portanto, para essa análise, na sequência está um gráfico representando a porcentagem em arrecadação por categoria de produto. Como é possível notar, os Equipamentos Industriais geram mais receita à empresa, seguido dos Elevadores de Passageiros e das Estruturas Metálicas.

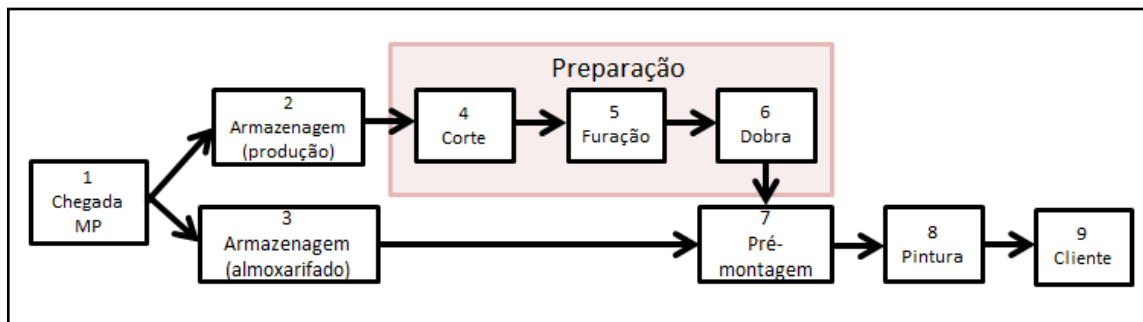
Figura 2 – Porcentagem em arrecadação por categoria de produto



4.2.1.3. Análise dos processos existentes

Para uma análise do Nível Supra, conhecer o sequenciamento de operações é absolutamente importante. Portanto segue abaixo o fluxograma do processo.

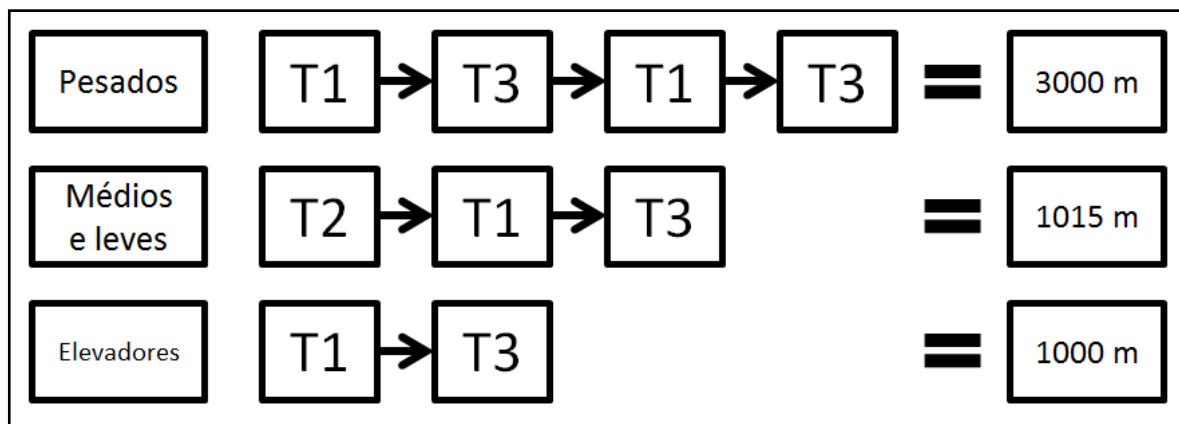
Figura 3 – Fluxograma do processo



Uma importante observação é que todos os produtos passam pelos mesmos processos, porém, alguns processos se localizam em mais de um prédio, tornando maior, ou menor, o caminho percorrido pelos produtos. De T1 para T2 têm-se a distância de 15 m; de T1 para T3 temos 1000 m e; de T2 para T3 2985 m.

A Figura 4 mostra o fluxo entre prédios de cada categoria de produtos.

Figura 4 – Fluxo entre prédios



De maneira geral, as três categorias de produtos é afetada pela grande distância de T3 dos demais terrenos. Como os produtos são transportados por rodovia, acabam ficando expostos, trazendo grandes possibilidades de perda de qualidade ou necessidade de retrabalho. Ainda, a grande distância de movimentação faz com que o Lead Time dos produtos cresça consideravelmente.

4.2.2 Nível Macro

4.2.2.1. Análise de Espaço

Abaixo, estão as áreas de cada setor nos três prédios da empresa separadamente.

Quadro 3 – Áreas dos setores

Setor	T1	T2	T3	Soma
Preparação/Área de MP	1170 m ²	-	-	1170 m ²
Pré-montagem de produtos pesados	700 m ²	-	-	700 m ²
Pré-montagem de produtos leves e médios	510 m ²	-	-	510 m ²
Pré-montagem de elevadores de passageiros	160 m ²	-	-	160 m ²
Administrativo	210 m ²	-	-	210 m ²
Almoxarifados	330 m ²	436 m ²		766 m ²
Pintura/Estoque final	415 m ²	-	2140 m ²	2555 m ²
Soma	3495 m²	436 m²	17940 m²	6071 m²

Nota-se que a área somada de todos os setores é 6071 m². Essa área representa a área total útil de cada setor e é partir dela, juntamente com o quanto a empresa pretende crescer e ainda quanto o terreno suporta, que as dimensões do prédio futuro de produção podem ser decididas.

O Quadro acima mostra como cada setor possui um diferente tamanho de área destinado. Essas informações servem como base para a proposta de novo leiaute, uma vez que a partir da estimativa de crescimento esperado pela empresa, é possível calcular um tamanho de área mais apropriado para cada setor na nova organização.

4.2.2.2. Análise da infraestrutura

Na indústria há três pontes rolantes que servem para transportar materiais pesados no interior da fábrica. Elas estão todas localizadas no T1, pois é onde realmente acontece as operações (corte, dobra, furação) das peças mais robustas. Basicamente, cada ponte rolante supre uma função dentro do processo. A primeira move materiais das máquinas de corte às máquinas de furação, a segunda move materiais mais pesados das máquinas de furação para os setores de montagem e, a terceira move os produtos mais pesados para o interior da cabine de preparação de pintura.

4.2.2.3. Fluxo de materiais

A próxima Figura mostra o deslocamento dos materiais através do chão de fábrica de maneira simplificada, uma vez que há algumas variações de percurso eventualmente. Em linha tracejada está o fluxo comum a todos os produtos, ou seja, corte, dobra e furação. Já em linha com estrela, com quadrado e contínua está o fluxo específico de cada produto: pesados, médios e leves, e elevadores de passageiro respectivamente. A linha com círculos representa o do fluxo do almoxarifado.

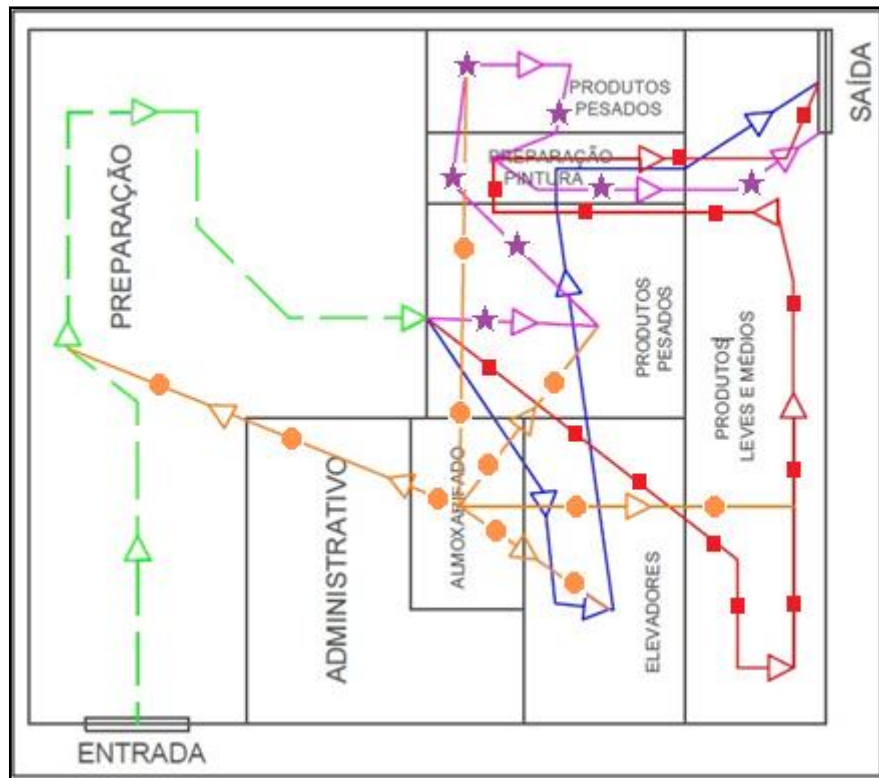
As distâncias do fluxo de cada produto é a soma do fluxo na área de preparação com o fluxo exclusivo de cada produto. Sabendo que a distância do fluxo de materiais no setor de Preparação é 89,64 m, o Quadro 4 mostra o resultado das somas das distâncias, bem como as distâncias exclusivas de cada categoria de produto.

Quadro 4 – Distância do fluxo de materiais da situação atual

Categoria de Produto	Distância exclusiva	Distância total
Elevadores de passageiros	85,95 m	175,59 m
Médios e leves	134,46 m	224,1 m
Pesados	75,09 m	164,73 m

As distâncias entre o almoxarifado e os setores não foram consideradas para a análise, por apresentarem menor impacto no fluxo de materiais. O fluxo de materiais de T1 foi o único analisado, afinal é em nesse prédio que ocorre a maior parte da fabricação de produtos. Os outros prédios que fazem parte da produção (T2 e T3) possuem um fluxo de materiais pequeno, o que não traz diferença significativa na análise dos resultados.

Figura 5 – Fluxo de materiais atual



4.3. Resultados

Para ser gerada uma proposta de melhoria de leiaute, é preciso primeiramente decidir como será a organização dentro da fábrica. Como a empresa pretende manter a filosofia que utiliza de organização, a premissa da proposta é de que o leiaute será por processo.

Serão utilizadas a seguir algumas ferramentas, as quais darão suporte para a proposta final do arranjo de leiaute.

4.3.1. Nível Supra

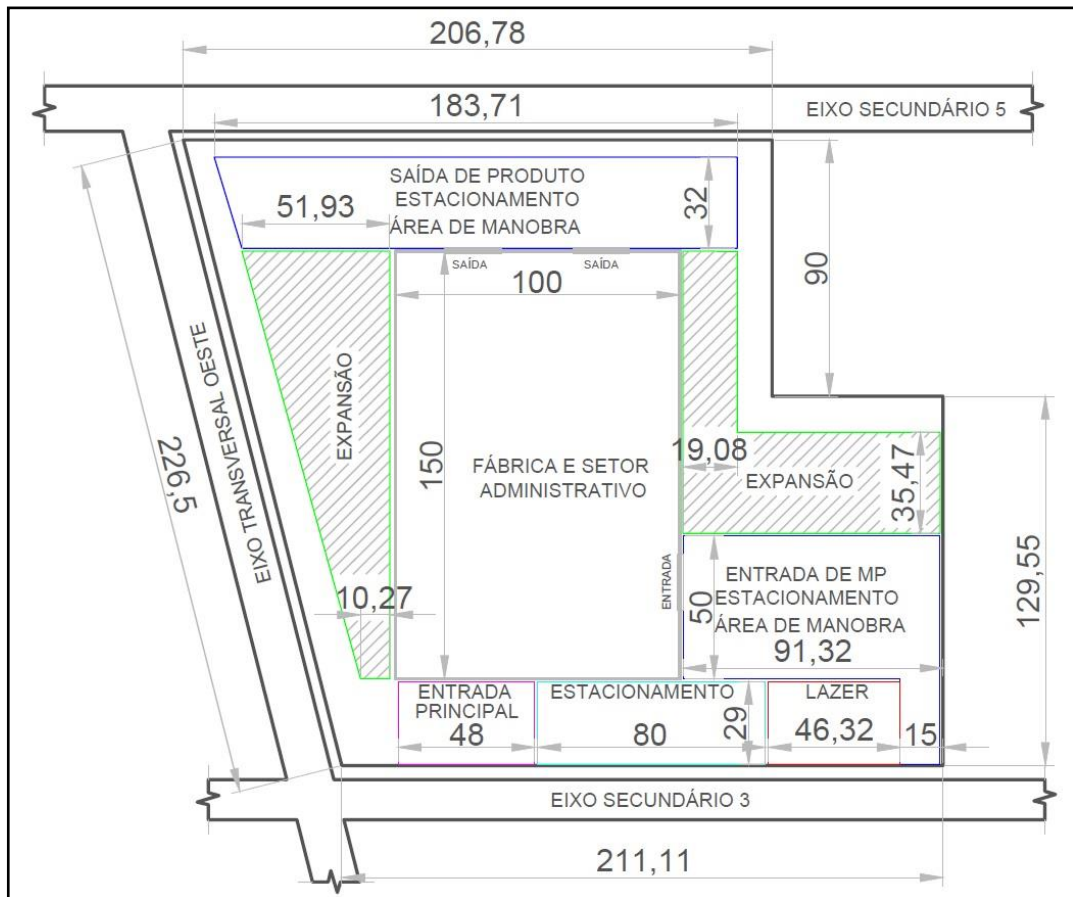
4.3.1.1. Escolha do leiaute

Quando há uma mudança de localidade de uma indústria, devem-se planejar diferentes itens que podem influenciar a produção, a área administrativa e os colaboradores da empresa.

No caso da produção, portões para entrada de matéria-prima (MP) e saída de produtos acabados (PA) devem estar bem posicionados, facilitando o fluxo e deixando a produção mais dinâmica. Também, devem existir áreas de expansão que possibilitem um crescimento para qualquer lado do prédio.

Já para os colaboradores e área administrativa, um estacionamento coberto e próximo ao principal prédio, e uma distância significativa da área administrativa para a produção, a fim de evitar ruídos, são pontos importantes para serem considerados numa proposta de Nível Supra. Com isso, duas propostas foram geradas, sendo escolhida a partir de pesos (Quadro 5), a Proposta 1. A Proposta 2 disponível é apresentada no Apêndice A desse trabalho.

Figura 6 – Proposta 1 para o Nível Supra



Para a escolha da melhor opção, definiram-se aspectos importantes no leiaute e avaliou-se, juntamente com o pessoal responsável pela produção da empresa, cada um deles.

Quadro 5 – Características para avaliação no Nível Supra

Característica	Peso	Avaliação atribuído para proposta 1	Avaliação atribuído para proposta 2
Entrada de MP	2	2	2
Saída de PA	2	2	1
Áreas de expansão	3	2	1
Distância Administrativo e Produção	2	0	0

Estacionamento	1	1	1
Total	10	7	5

Com isso, tem-se a Proposta 1 como a escolhida. Na Proposta 1, a área de entrada de MP está bem adequada, afinal está logo ao lado do portão de acesso ao prédio. A saída de PA também está correta, visto que ocupa toda a área final do terreno, dinamizando o transporte dos produtos para os clientes. Quanto ao estacionamento, ele está ao lado da Fábrica e Setor Administrativo, favorecendo o acesso de funcionários e clientes para a empresa. A distância entre setor Administrativo e de Produção não existe, pois foi definido que os dois setores estariam no mesmo prédio.

Outra melhora do novo leiaute está na não necessidade de transporte de materiais em grandes distâncias para outros prédios. Portanto, nessa proposta, com somente um prédio para a produção, consegue-se evitar possíveis retrabalhos, deslocamentos desnecessários e diminuir o Lead Time dos produtos da empresa.

Ainda, a área ocupada (15000 m²) pelo prédio, Fábrica e Setor Administrativo, mostra-se em torno de 50% maior que a soma das áreas construídas da situação atual, 9920 m² (Quadro 2). Isso faz com que seja possível uma expansão de metade da fábrica e/ou setor administrativo ainda dentro do mesmo prédio.

4.3.2. Nível Macro

O Nível Macro é estudado na área do Prédio “Fábrica e setor produtivo”, indicada na Figura 6. A empresa pretende manter o tipo de arranjo de leiaute de produto e, tendo em vista às dimensões do seu novo terreno, prevê um acréscimo de área de aproximadamente 275%.

Portanto, todo o planejamento para esse Nível está relacionado unicamente àquele prédio.

4.3.2.1. Definição das Unidades de Planejamento de Espaço (UPEs)

Segue na sequência enumeradas as UPEs, definidas juntamente com o pessoal responsável pelo planejamento da produção da empresa, para o nível Macro.

- 1 – Preparação: Área de estoque para MP, corte, dobra e furação.
- 2 – Pré-montagem de produtos pesados: Pré-montagem de produtos pesados somados de área de estoque intermediário.
- 3 – Pré-montagem de produtos leves e médios: Pré-montagem de produtos leves e médios somados de área de estoque intermediário.

4 – Pré-montagem de elevadores: Pré-montagem de elevadores somados de área de estoque intermediário.

5 – Administrativo: Prédio administrativo de dois andares.

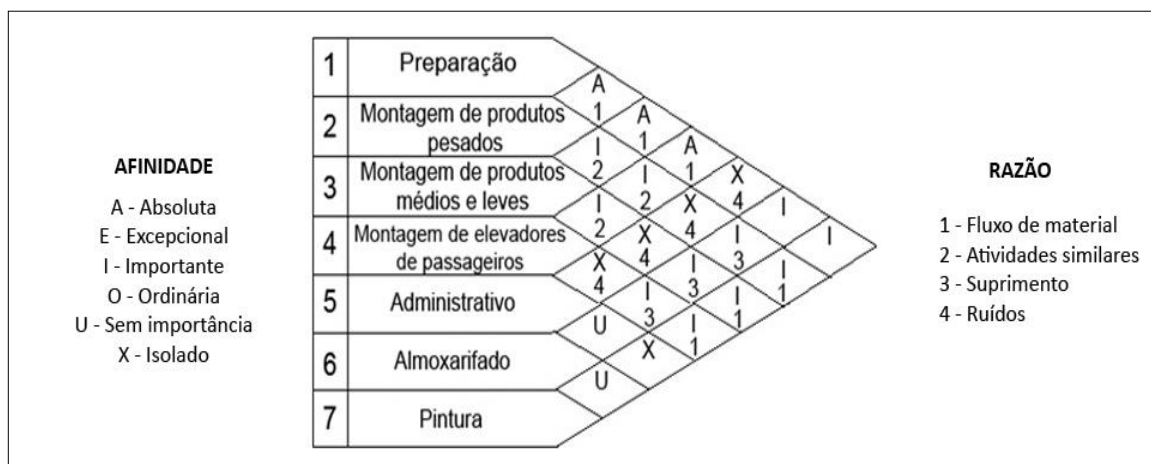
6 – Almojarifado: Almojarifados que abastecem as demais UPEs.

7 – Pintura: Preparação para pintura, pintura e estoque de produto acabado.

4.3.2.2. Diagrama de Afinidades das UPEs

Segundo o Diagrama de Afinidades (Figura 7), criado a partir das UPEs, pode-se perceber, entre outras relações, que a Preparação deve estar absolutamente próxima de todas as UPEs de pré-montagem, o setor Administrativo deve estar isolado, pois o barulho do setor produtivo prejudica o trabalho de escritório e, ainda que o Almojarifado deve estar próximo das UPEs de pré-montagem para facilitar o controle de suprimentos de peças.

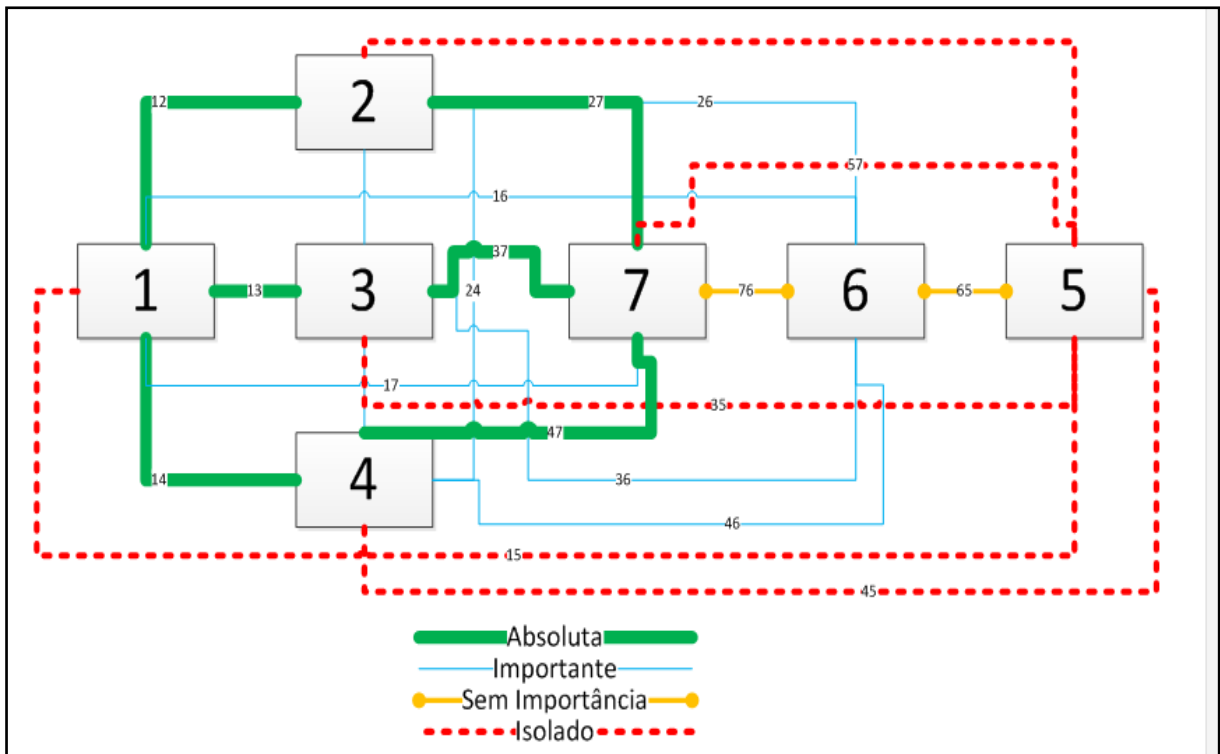
Figura 7 – Diagrama de afinidades



4.3.2.3. Diagrama de configuração

O Diagrama de Configuração é outra ferramenta importante para se conseguir uma proposta de novo leiaute. Por isso, abaixo está o Diagrama de Configuração baseado nas UPEs e também no Diagrama de Afinidades. É um início do arranjo de como as UPEs estarão configuradas dentro do novo leiaute.

Figura 8 – Diagrama de Configuração

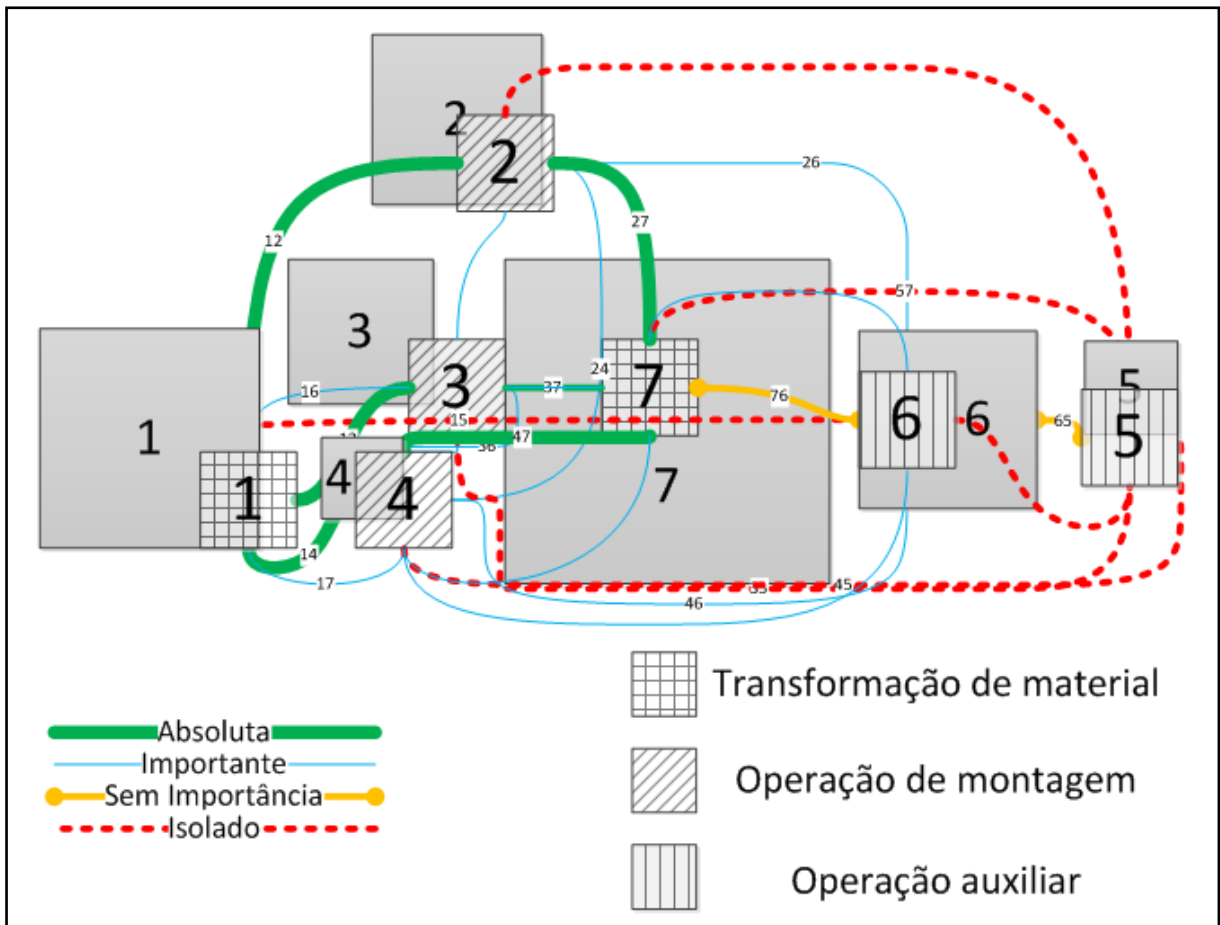


4.3.2.4. Planejamento Primitivo do Espaço

A partir do Diagrama de Configuração, consegue-se a realização do Planejamento Primitivo do Espaço. Abaixo, a Figura 9 traz o resultado da combinação do Diagrama de Configuração e as áreas. Os números em cada bloco representam as UPEs, definidas no item 4.2.2.1..

É possível perceber que a organização da produção da empresa tende a iniciar pela preparação, dividir-se nas três pré-montagens específicas, voltar para a pintura, até finalmente, ir para estoque. Também é notório como as operações auxiliares, almoxarifado e administrativo, devem ficar um pouco afastadas, pois a primeira precisa estar bem localizada para atender a três UPEs, e a segunda precisa ao máximo estar livre dos ruídos provenientes da fábrica. As áreas utilizadas para o desenvolvimento da ferramenta são iguais as das UPEs definidas no item 4.3.2.1. Não houve acréscimos, pois se entendeu que o espaço do novo prédio seria suficiente para abrigar uma expansão significativa de área.

Figura 9 – Planejamento do Espaço Primitivo



4.3.2.5. Identificação de limitações

A partir da análise da situação atual e conversa com funcionários, foram observadas as limitações para que o leiaute fique ainda mais aperfeiçoado. Entre estas limitações estão a importância de o telhado que abrigará a fábrica ser do formato *shed* e possuir um pé direito mínimo de 8 metros, facilitando a iluminação e conseguindo um resfriamento mais satisfatório do ambiente respectivamente.

Quanto a outras limitações, está a necessidade de o pessoal de engenharia e administração possuir janelas para o exterior e também para a fábrica, dutos de ventilação para climatização conjunta e também estacionamento coberto para os diretores e funcionários executivos.

4.3.2.6. Pontes rolantes

Devido à empresa possuir três pontes rolantes, elas devem ficar adequadas às maiores necessidades da empresa. Portanto, essas pontes rolantes devem ficar onde há bastante fluxo de produtos pesados ou de difícil manuseio.

Em observações, ficou entendido que os três locais que as pontes rolantes devem cobrir são a produção de produtos pesados, a câmara de pintura e o recebimento de matéria-prima até o final da preparação. As áreas pontes rolantes estarão mostradas em hachuras nas propostas de novo leiaute.

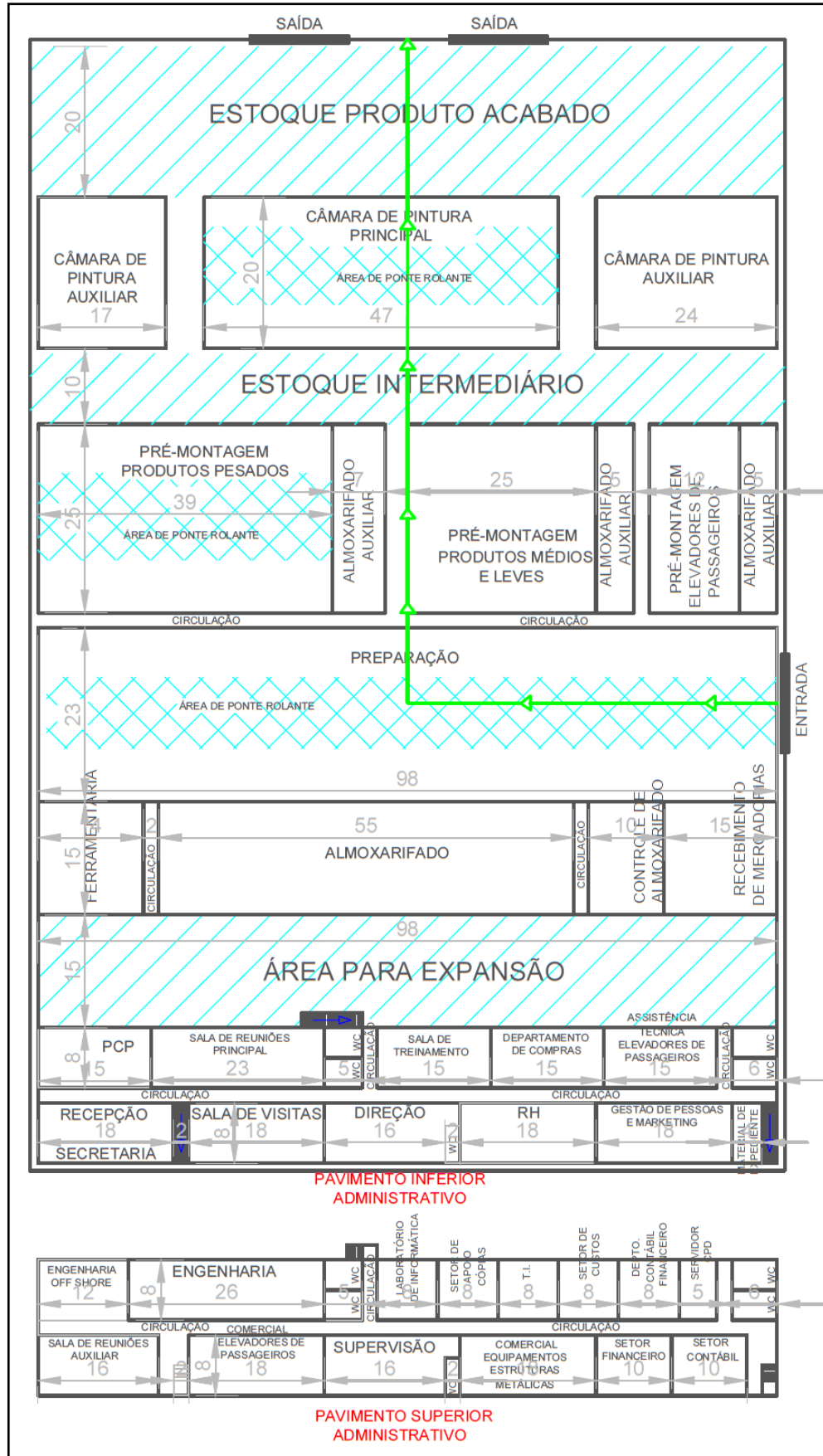
4.3.2.7. Escolha do Leiaute

Do mesmo modo que para o Nível Supra, no Nível Macro também se deve analisar aspectos importantes do leiaute. Por exemplo, as áreas de estoque final devem abranger toda a área final do prédio para facilitar a produção. E ainda, devem haver estoques intermediários bem definidos para que não haja acúmulo de material dentro das áreas de produção.

Outros dois aspectos importantes é a colocação das áreas de pintura no final do fluxo, afinal é o último processo, e de almoxarifados próximos das áreas de pré-montagem e preparação para evitar fluxos demasiados de peças dentro do prédio.

Da mesma forma que para o Nível Supra, duas propostas para o Nível Macro foram geradas, sendo escolhida a partir de pesos (Quadro 6) a Proposta 1. A Proposta 2 está disponível no Apêndice B desse trabalho. É importante ressaltar que as propostas construídas têm por base as restrições estabelecidas no Diagrama de Afinidades (Figura 7), Diagrama de Configuração (Figura 8) e Planejamento de Espaço Primitivo (Figura 9).

Figura 10 – Proposta 1 para o Nível Macro



Quadro 6 – Características para avaliação no Nível Macro

Característica	Peso	Avaliações atribuídas para 1ª proposta	Avaliações atribuídas para 2ª proposta
Áreas de estoque final	3	3	1
Áreas de estoques intermediários	3	2	2
Área de pintura	2	2	2
Almoxarifado	2	2	1
Total	10	9	6

Com isso, tem-se a Proposta 1 como a escolhida. A Proposta 1 apresenta uma área de estoque final cobrindo todo o final do prédio, facilitando o fluxo de saída dos PA. Ainda possui uma área de estoque intermediário que pode auxiliar as três Pré-montagens, afinal estão logo na sequência do fluxo.

Quanto às áreas de pintura, contempla as três câmaras no final do fluxo, obedecendo a necessidade de esta UPE estar no final, pois é a última etapa do processo. E ainda possui almoxarifados próximos das UPEs de fabricação, ou seja, perto das Pré-montagens, da Preparação e da Pintura.

A Figura 11 mostra o fluxo de materiais resultante. Em linha tracejada está o fluxo da preparação, a linha com círculos representa o fluxo dos almoxarifados (123 m) e a linha com estrela, com quadrado e contínua representam PP, PML e EP respectivamente. Como as distâncias do fluxo de cada produto é a soma do fluxo na área de preparação com o fluxo exclusivo de cada produto,

Figura 11 – Fluxo de materiais do leiaute escolhido



O Quadro abaixo sintetiza estas distâncias. É possível perceber que a distância total para cada categoria de produto se apresenta similar, isso mostra que não há a ideia de dinamizar uma categoria de produto, mas sim de toda a produção.

Quadro 7 – Distâncias do fluxo de materiais da proposta

Categoria de Produto	Distância exclusiva	Distância total
Elevadores de passageiros	140 m	290 m
Médios e leves	123 m	273 m
Pesados	148 m	298 m

O Quadro 7 mostra como as distâncias crescem em relação ao fluxo de materiais da situação atual. Entretanto, como houve acréscimo de 275% nas áreas dos setores do prédio do novo leiaute, para comparação estima-se que nas distâncias haverá similar acréscimo. Por tanto, para fins de comparação, acréscimos inferiores a 275% significam que houve redução relativa

das distâncias e conseqüentemente a solução proposta implica na otimização das distâncias percorridas.

É importante observar que o aumento das distâncias percorridas não foi proporcional ao aumento da área. Isso indica, portanto, uma redução proporcional das distâncias percorridas, as quais variam por categoria de produto. Por exemplo, para PP a distância atual é de 164,73 m, que acrescida de 275% resulta em 453 m, porém, no leiaute proposto obteve-se 298m, o que representa uma redução de 94% na distância percorrida.

Quadro 8 – Comparação das distâncias percorridas por categoria de produto

Categoria de Produto	Distância total atual (m)	Distância total (m)	Acréscimo	Diferença (275% - Acréscimo)
PP	164,73	298	181%	94%
PML	224,1	273	121%	153%
EP	175,59	290	165%	109%

Com isso, consegue-se mostrar que a nova proposta realmente traz uma diminuição significativa no fluxo de materiais, visto que todas as categoriais de produtos tem a distância de seus fluxos de materiais reduzida consideravelmente (Quadro 8).

Outro aspecto que mostra que a proposta escolhida está de acordo é a comparação do leiaute novo com as restrições estabelecidas no Diagrama de Afinidades (Figura 7), Diagrama de Configuração (Figura 8) e Planejamento do Espaço Primitivo (Figura 9). Nota-se facilmente que as UPEs que não devem ficar afastadas (Preparação e Pré-montagens), estão de fato próximas. Ainda, os almoxarifados, ditos como sendo importante a sua proximidade das UPEs de Preparação e Pré-montagens, também encontram-se próximo das mesmas. E finalmente, a UPE do setor administrativo está o mais longe possível da Preparação e das Pré-montagens, também cumprindo a restrição estabelecida nas ferramentas utilizadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o uso de algumas ferramentas, o objetivo de trazer uma solução apropriada para o novo terreno da empresa nos dois níveis de planejamento (Supra e Macro) foi cumprido. A pretensão de trazer à literatura um estudo aprofundado em dois níveis de planejamento, vistos como os dois mais importantes níveis de leiaute, também foi alcançada.

No Supra obteve-se um acréscimo de em torno de 10600 m² dada a proposta da empresa de aumento de área, enquanto que no Macro houve uma redução relativa mínima de 94% nas

distancias percorridas. Além disto, o leiaute proposto atende aos requisitos estabelecidos pela empresa, ou seja, há bons acessos para entrada de MP e saída de PA, o estacionamento proporciona um conforto maior aos colaboradores e clientes, existem estoques intermediários, as câmaras de pintura estão no final do fluxo, entre outros.

Para futuros trabalhos, sugere-se o estudo dos níveis Micro e Submicro. Esses dois níveis se tornam importantes uma vez que a empresa está se mudando de localidade, e a previsão de células e estações de trabalho bem adequadas trazem grandes benefícios aos colaboradores. Ainda, entende-se que um trabalho visando adequar a colocação das áreas dos estoques intermediários traria benefícios para a empresa, visto que um planejamento dessas áreas pode trazer um aprimoramento do fluxo de materiais dentro da fábrica.

6. AGRADECIMENTOS

Dedico esse trabalho primeiramente aos meus pais, Antonio Guillet e Antonia Guillet, pessoas dedicadas e generosas, que com todo apoio, amor e carinho construíram os valores da pessoa que sou hoje e são os principais responsáveis para que esse sonho, de me tornar um Engenheiro de Produção, pudesse ser transformado em realidade. Também dedico esse trabalho a minha namorada, Daniele Beutinger, minha fiel amiga e companheira, presente ao meu lado durante toda essa caminhada. Ainda, destino essa conquista a meu colega, Leonardo Orlandi, amigo querido e inesquecível, que mora no céu e nos protege desde lá.

Finalmente, agradeço a toda minha família, amigos, colegas e professores, que, com certeza, de alguma forma, fazem parte desta conquista.

7. REFERÊNCIAS

BRANCO, N. C. N. M. Análise dos Níveis de Planejamento de Espaço: Estudo de Caso em uma Empresa da Construção Civil. In: ENCONTRO NACIONAL ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30, 2010, São Carlos. **Anais...** São Carlos: ABEPRO, 2010. 14p.

FERREIRA, M. S. **A formação de redes de conhecimento nas indústrias metal-mecânica de confecções de Nova Friburgo**. Rio de Janeiro, 2002. 147 p. Tese (Mestrado em Engenharia da Produção) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

FIERGS. **Balanco 2005 e Perspectivas 2006**. Unidade de Estudos Econômicos. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.fiergs.org.br>>. Acessado em: 15/07/2013.

HEPFNER, R. **Planejamento de Layout Estudo de Caso em um Laboratório Metalúrgico**. Porto Alegre: 2008.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHORTA, M. **Administração da Produção e Operações**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall, 2009.

LEE, Q et al. **Projeto de Instalações e Locais de Trabalho**. São Paulo: IMAM, 1998.

LORENZATTO, J. T.; RIBEIRO, J. L. D. Projeto de Layout Alinhado às Práticas de Produção Enxuta em uma Empresa Siderúrgica de Grande Porte. IN: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: UFRGS, 2007.

LUZZI, A. Antônio. **Uma abordagem para projetos de layout industrial em sistemas de produção enxuta: um estudo de caso**. Porto Alegre: UFRGS, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4721/000459179.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 jun. 2013.

MIGUEL, P. A. C. (Coord.). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. São Paulo: Campus, 2009.

MUTHER, R.; WHEELER, J. D. **Planejamento Sistemático e Simplificado de Layout**. São Paulo: IMAM, 2000.

PEREIRA, J. M. D. ARENDT, M. O Desenvolvimento da Indústria Gaúcha no Séc. XX. IN: Encontro de Economia Gaúcha, 1, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FEE, 2002.

ROIG-TIERNO, N. et al. The retail site location decision process using GIS and the analytical hierarchy process. **Applied Geography**, Valência, v. 40, p. 191-198.

SLACK, N.; CAMBERS, S.; HARLAND, C.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

TOMPKINS, J. et al. **Facilities Planning**. New York: John Wiley & Son, 1996.

TREIN, F. A.; AMARAL, F. G. A Aplicação de Técnicas Sistemáticas para a Análise e Melhoria de Layout de Processo na Indústria de Beneficiamento de Couro. IN: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 21, 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: UFRGS, 2001.

TURATTO, R. **Estudo de melhorias do layout produtivo no processo de fabricação de equipamentos para indústria de bebidas**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. Disponível em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/241_Artigo%20Rafael%20Turatto.doc>. Acesso em: 19 jun. 2013.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**. Itajubá: UNIFEI, 2012.

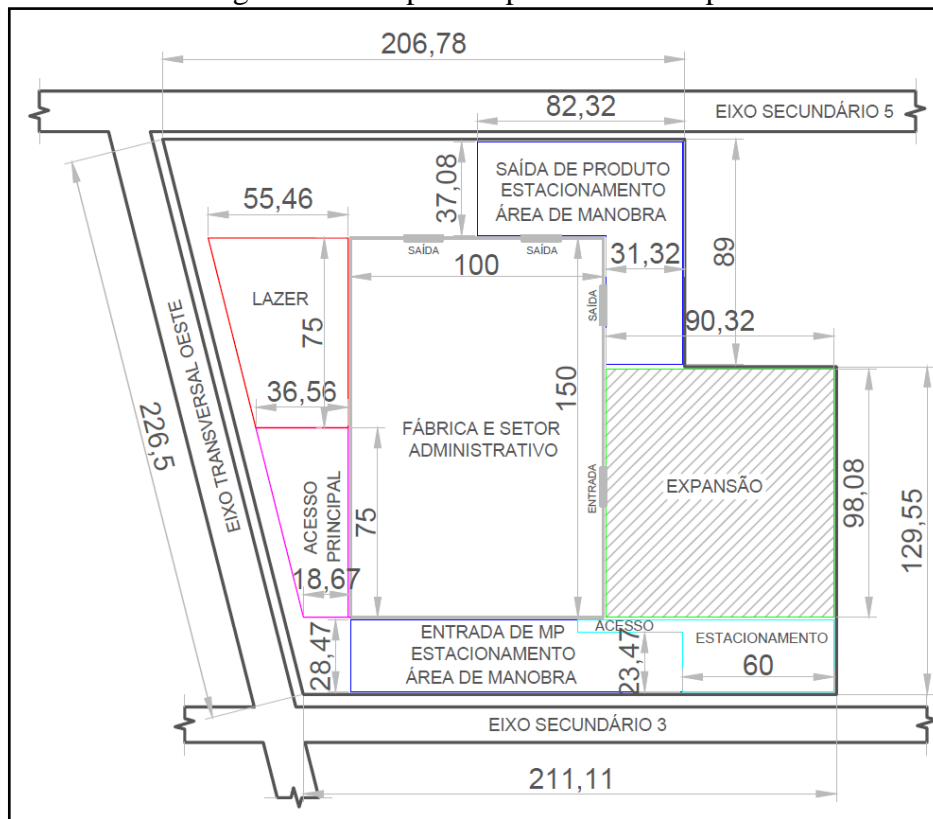
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Faculdade de Tecnologia. **Arranjo Físico Industrial**. Rio de Janeiro, 2011.

VASCONCELOS, C. R. F. Padrão de Especialização do Fluxo de Comércio Exterior do Rio Grande do Sul na Década de 90. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 32, n.1, p. 141-172, 2004.

VENTURA, M. M. O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa. **Revista SOCERJ**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, setembro-outubro 2007.

Apêndice A – Segunda opção do Nível Supra

Figura 12 – Proposta 2 para o Nível Supra



Apêndice B – Segunda opção do Nível Macro

Figura 13 – Proposta 2 para o Nível Macro

