



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS  
DE SERGIPE**

**CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JOÃO PAULO BESERRA GOMES**

**ARRANJO FÍSICO: estudo de caso do Parque da  
Desparafinação – Carmópolis (SE)**

**Aracaju – SE**

**2015.2**

**JOÃO PAULO BESERRA GOMES**

**ARRANJO FÍSICO: estudo de caso do Parque da  
Desparafinação – Carmópolis (SE)**

**Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Coordenação do Curso  
de Engenharia de Produção da  
FANESE, como requisito parcial para a  
obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Produção.**

**Orientador: Prof. Esp. Kleber Andrade  
Souza**

**Coordenador do curso: Prof. Msc.  
Alcides Anastácio de Araújo Filho**

**Aracaju – SE**

**2015.2**

G633a GOMES, João Paulo Beserra

Arranjo Físico: estudo de caso do Parque da Desparafinação  
– Carmópolis (SE) / João Paulo Beserra Gomes Aracaju, 2015.  
63 f.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e  
Negócios de Sergipe. Departamento de Engenharia de Produção,  
2015.

Orientador: Prof. Esp. Kleber Andrade Souza

1. Rearranjo Físico 2. Arranjo Físico 3. Mapeamento de  
Processo I. TÍTULO.

CDU 658.562.5(813.7)

**JOÃO PAULO BESERRA GOMES**

**ARRANJO FÍSICO: estudo de caso do Parque da  
Desparafinação – Carmópolis (SE)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2015.2.



Profº Esp. Kleber Andrade Souza (orientador)



Profº Esp. Carlosvaldo Alves Gomes



Profª Dra. Maria Susana Silva

Aprovado com média: \_\_\_\_\_

Aracaju (SE), \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015

## **AGRADECIMENTOS**

**Primeiramente, agradeço a Deus pela força, saúde e proteção durante toda essa caminhada.**

**Em segundo lugar, agradeço aos meus pais, Paulo e Helena, pelo maior apoio que eu poderia receber, por sempre estar ao meu lado. Este Trabalho de Conclusão de Curso é para vocês!!! Meus maiores exemplo de luta, perseverança e, sobre tudo, honestidade!**

**Agradeço a minha noiva, Raíssa, que sempre me encorajou, sempre puxou minha orelha para eu correr atrás dos meus estudos, nunca deixou de me apoiar nas minhas decisões e sempre esteve ao meu lado, em todos os momentos.**

**Agradeço aos meus irmãos, Gugu e Guto, que foram bastante pacientes durante os momentos em que eu estive elaborando este trabalho, principalmente quando eu lhes pedia silêncio (risos).**

**Agradeço, também, a todos os meus amigos, colegas de curso e ao meu professor orientador, Kléber, pelos auxílios durante a confecção tanto do relatório de estágio como do TCC.**

## **RESUMO**

**Este trabalho trata-se do estudo do arranjo físico da área de inspeção e manutenção de materiais utilizados por sondas de produção e perfuração em poços de petróleo da Petrobras, especificamente o arranjo físico da área de inspeção e manutenção de tubos de produção. Esse estudo foi realizado no Parque da Desparafinação, situado em Carmópolis/SE. Por conta da crise instalada no país e na Petrobras no presente momento, ela tem procurado otimizar os custos operacionais. Dentre os setores a terem seus processos otimizados, está a Desparafinação. Devido à presença de uma grande movimentação de materiais e equipamentos nesta área, procura-se, neste trabalho, responder à questão problematizadora central: como aperfeiçoar o arranjo físico de modo que sejam reduzidos custos decorrentes da movimentação desnecessária? O objetivo geral desta pesquisa é verificar de que forma se pode melhorar a movimentação de materiais com o rearranjo do espaço físico em que as atividades são desempenhadas. Foi elaborado um estudo de caso sobre o processo de produção da área estudada, mapeando as atividades e avaliando qual tipo de arranjo físico é o ideal para a área. Com isso, foram adotadas mudanças no arranjo físico procurando resolver tal questão problematizadora.**

**Palavras-chave: Rearranjo físico. Arranjo físico. Mapeamento de processo.**

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 – Entradas de um processo .....</b>	<b>15</b>
<b>Quadro 2 – Símbolos de mapeamento do processo .....</b>	<b>20</b>
<b>Quadro 3 – Relação entre tipos de processos e tipos básicos de arranjos físicos.....</b>	<b>22</b>
<b>Quadro 4 – Vantagens dos tipos básicos de arranjo físico.....</b>	<b>26</b>
<b>Quadro 5 – Desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico.....</b>	<b>26</b>
<b>Quadro 6 – Características dos meios de pesquisa.....</b>	<b>38</b>
<b>Quadro 7 – Variáveis e indicadores do estudo de caso.....</b>	<b>40</b>
<b>Quadro 8 – Legenda das subáreas de inspeção e manutenção de tubos de produção do Parque da Desparafinação.....</b>	<b>42</b>
<b>Quadro 9 – Operações e as relações de precedência.....</b>	<b>44</b>
<b>Quadro 10 – Entradas e saídas ao longo do processo de manutenção e inspeção de tubos de produção .....</b>	<b>44</b>
<b>Quadro 11 – Operações com seus respectivos tempos padrões .....</b>	<b>46</b>
<b>Quadro 12 – Áreas necessárias por estação de trabalho .....</b>	<b>47</b>
<b>Quadro 13 – Ganhos com a reorganização do layout.....</b>	<b>51</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo input – processo de transformação – output .....	14
Figura 2 – Matriz produto-processo .....	17
Figura 3 – Alguns tipos de fluxograma .....	19
Figura 4 – Sequência de processos na manufatura de papel .....	24
Figura 5 – Relação entre o volume, variedade, fluxo e os tipos de arranjos físicos .....	25
Figura 6 – Diagrama de fluxo para arranjo físico funcional.....	28
Figura 7 – Carta de relacionamentos.....	29
Figura 8 – SLP por Corrêa (2011) e os critérios de Muther (1961) .....	30
Figura 9 – Arranjo físico funcional .....	31
Figura 10 – Arranjo físico celular.....	31
Figura 11 – Balanceamento de linha de uma operação .....	33
Figura 12 – Linha balanceada .....	34
Figura 13 – Layout da área de manutenção e inspeção do Parque da Desparafinação.....	41
Figura 14 – Mapofluxograma funcional dos processos de manutenção e inspeção de tubos de produção .....	45
Figura 15 – Diagrama e precedências do processo de manutenção e inspeção de tubos de produção .....	47
Figura 16 – Diagrama de relacionamentos.....	48
Figura 17 – Reorganização do layout .....	49
Figura 18 – Mapofluxograma com as mudanças propostas.....	49
Figura 19 – Linha Balanceada .....	50

## SUMÁRIO

RESUMO

LISTA DE QUADROS

LISTA DE FIGURAS

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 Situação do Problema .....	11
1.2 Objetivo Geral .....	11
1.3 Objetivos Específicos.....	11
1.4 Justificativa.....	11
1.5 Caracterização da Empresa.....	12
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>14</b>
2.1 Entradas e Saídas do Processo .....	14
2.1.1 Entradas para o processo .....	15
2.1.2 Saídas do processo.....	16
2.2 Estrutura do Processo na Manufatura.....	16
2.3 Mapeamento do Processo .....	19
2.4 Arranjo Físico do Processo Produtivo .....	20
2.5 Como Escolher o Melhor Arranjo Físico para a Operação? .....	25
2.6 Projeto Detalhado de Arranjo Físico .....	26
2.6.1 Projeto de arranjo físico posicional.....	27
2.6.2 Projeto de arranjo físico funcional.....	27
2.6.3 Projeto de arranjo físico celular.....	30
2.6.4 Projeto de arranjo físico por produto .....	32
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
3.1 Método de Abordagem.....	35
3.2 Caracterização da Pesquisa .....	35
3.2.1 Quanto aos objetivos ou fins .....	36
3.2.2 Quanto ao objeto ou meios .....	37
3.2.3 Quanto à abordagem de dados.....	38
3.3 Instrumentos da Pesquisa.....	38
3.4 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa.....	39
3.5 Definição de Variáveis .....	40
3.6 Plano de Registro, Tratamento e Análise de Dados.....	40
<b>4 ANÁLISE DE RESULTADOS</b> .....	<b>41</b>
4.1 Mapeamento do Processo .....	41
4.1.1 Processo de manutenção e inspeção de tubos de produção .....	41
4.1.2 Operações de manutenção e inspeção de tubos de produção.....	42
4.1.3 Entradas e saídas ao longo do processo.....	43
4.1.4 Mapeamento do processo produtivo.....	45

<b>4.2 Análise do Processo, do Arranjo Físico e Rastreamento de Falhas .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.1 Análise do processo .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.2 Análise do Arranjo Físico .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2.3 Rastreando falhas .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3 Propondo Melhorias para o Processo e para o Arranjo Físico .....</b>	<b>48</b>
<b>4.4 Acatamento das Sugestões.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4.1 Mudança no layout do processo.....</b>	<b>50</b>
<b>4.4.2 Balanceamento da linha .....</b>	<b>51</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE E .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os anos 70 a indústria e a economia mundial passaram por diversas transformações. Antes disso, a demanda global por produtos e serviços era ligeiramente superior à capacidade global, tornando a população refém dos preços e produtos das indústrias. Este cenário se reverteu com a crise do petróleo, em 1973, que fez o consumo declinar de maneira acentuada, tornando a demanda por produtos e serviços menor que a capacidade global.

Com isso, a competitividade na indústria tornou-se crescente, obrigando as empresas a promoverem a melhoria da qualidade de seus produtos e serviços, além da otimização dos custos operacionais. Como a demanda tornou-se menor que a capacidade global, os preços passaram a ser ditados pelo mercado. Então, a otimização do processo tornou-se um item crucial para a sobrevivência das empresas.

Em relação às empresas petrolíferas, o cenário atual é bastante desfavorável, pois com a ininterrupta queda nos preços do petróleo, a redução de custos do processo torna-se ainda mais importante para a sobrevivência destas. A queda do preço do barril de petróleo tem um grande impacto na indústria petrolífera brasileira, pois coloca em risco a viabilidade da produção no pré-sal, em campos de águas rasas e em campos terrestres.

Outro fator que tem influenciado negativamente a indústria petrolífera no Brasil é a grande quantidade de escândalos de corrupção que envolvem a Petrobras. Com isso, instalou-se uma grande crise econômica no país e a empresa teve a sua imagem bastante prejudicada, o que fez com que diminuísse os investimentos na área de produção e processamento de derivados, causando uma grande sequência de demissões nas empresas prestadoras de serviços, além do déficit no efetivo Petrobras, não admitindo os aprovados nos últimos concursos.

Com a crise econômica instalada na Petrobras, atualmente, a otimização dos custos operacionais tornou-se ainda mais importante. Com isso, uma correta definição de um tipo de arranjo físico para o processo de produção é uma forma de otimizar os custos de um setor (*plan layout*).

## 1.1 Situação do Problema

Na área da Desparafinação, atualmente, o processo de manutenção e inspeção de tubos de produção, que é o instrumento deste estudo, ocorre de maneira contínua e o arranjo físico que se tem é por processo. Mas ainda ocorre muita movimentação desnecessária de tubos. Ocorre, também, um grande tempo de espera dos tubos antes de alguns processos.

Portanto, de acordo com o que foi exposto no parágrafo anterior, surge a seguinte questão: **o que deve ser feito para se otimizar a movimentação dos materiais no Parque da Desparafinação?**

## 1.2 Objetivo Geral

Apresentar proposta de mudanças na estrutura do layout industrial, visando otimizar o espaço do setor de manutenção e inspeção de tubos de produção do Parque da Desparafinação para reduzir a movimentação desnecessária dos materiais.

## 1.3 Objetivos Específicos

- Mapear os processos de transformação de entradas em saídas;
- Analisar o processo de inspeção e manutenção de tubos, o arranjo físico atual e as falhas durante o processo;
- Realizar mudanças no arranjo físico em relação às posições de determinados setores, juntamente com um balanceamento de linha, de modo que o fluxo de materiais seja otimizado.

## 1.4 Justificativa

As decisões a respeito do arranjo físico e do processo produtivo de uma empresa são de extrema importância para manter e melhorar a sua postura no mercado. Esses temas têm grande relevância quando se trata de otimizar qualquer

processo produtivo, inclusive em setores de empresas petrolíferas, que é o objeto deste estudo.

Com a crescente busca por melhorias nos processos da Petrobras, os engenheiros, supervisores e gerentes têm procurado ouvir a força de trabalho sobre sugestões para incrementar as operações de modo a torná-las mais eficientes. Portanto, o autor encontrou, neste trabalho, a oportunidade de melhorar um processo da empresa.

A grande contribuição, deste trabalho, para a sociedade é a respeito da redução de custos para a Petrobras, o que faz com que, indiretamente, as contratações sejam retomadas e as demissões ocorridas devido à crise sejam revertidas.

### **1.5 Caracterização da Empresa**

A Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras) é uma empresa integrada de energia, que atua de forma rentável com responsabilidade social e ambiental, buscando a ecoeficiência nos processos e produtos. É uma sociedade anônima de capital aberto, com suas ações negociadas nas principais bolsas de valores do mundo. Seu acionista majoritário é o governo brasileiro. Possui como principais concorrentes as americanas Exxon Mobil e Chevron, a holandesa Shell e a BP, do Reino Unido.

De acordo com informações contidas na rede intranet da Petrobras (ANEXO A), ela foi fundada em 3 de outubro de 1953 pelo então presidente Getúlio Vargas. Atua em 27 países além de manter atividades na maior parte dos estados brasileiros. Tem operações nas seguintes áreas: exploração e produção, refino, comercialização e transporte de óleo e gás natural; petroquímica; distribuição de derivados; energia elétrica; biocombustíveis e outras fontes renováveis de energia.

A unidade de exploração e produção de Sergipe e Alagoas (UO-SEAL) é a unidade da Petrobras responsável por operações de exploração e produção nos campos terrestres e marítimos de Sergipe e Alagoas. Um setor pertencente à UO-SEAL é o SOP (suporte operacional). Este setor é responsável pelas operações que dão suporte à produção e exploração de petróleo, como os serviços gerais (SG), armazenamento (ARM), as oficinas de manutenção (OM) e a gestão de terras (GTR).

O objeto deste estudo está em um subsetor das oficinas de manutenção, denominado de Desparafinação. Este subsetor é responsável pela manutenção e inspeção de tubos de produção, de tubos e comandos de perfuração, de hastes de bombeio e limpeza de tanques e peças utilizados no processo de perfuração de poços e produção.

A sede da Petrobras é localizada no Rio de Janeiro/RJ. A sede da UO-SEAL é localizada na Rua Acre em Aracaju/SE e o parque da Desparafinação é localizado no município de Carmópolis/SE, onde se tem o maior campo de produção de petróleo em terra do Brasil. Além de Carmópolis, a Petrobras tem atividades em outras cidades de Sergipe, como Siriri, Riachuelo, Rosário do Catete, Maruim, Aracaju, São Cristóvão e em algumas cidades de Alagoas, como Pilar e São Miguel dos Campos.

A Desparafinação também é responsável por suprir algumas necessidades das sondas de produção e perfuração. A partir da Desparafinação são enviados os tubos de produção usados, hastes de bombeio novas e usadas e tubos e comandos de perfuração usados. Este setor conta com a contribuição de 8 empregados próprios e 43 colaboradores de empresas terceirizadas.

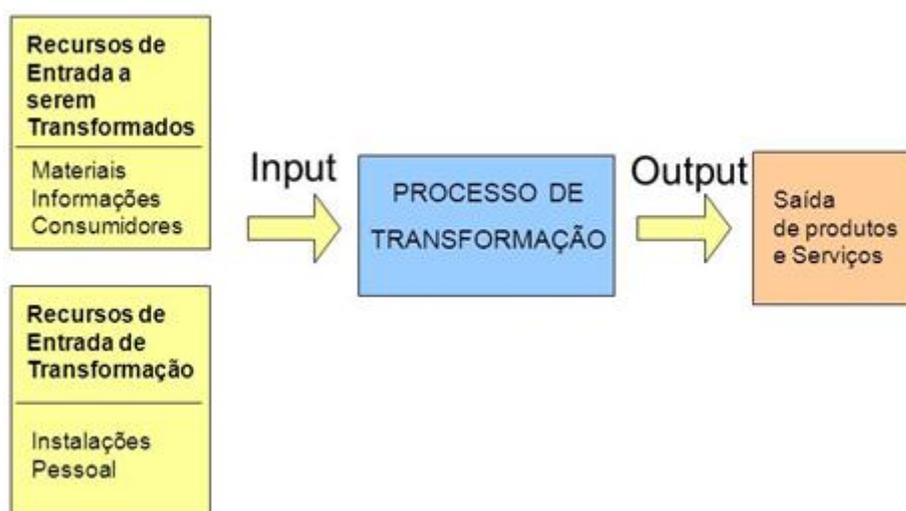
## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico serão abordados conceitos e referenciais teóricos necessários para o desenvolvimento de um estudo do arranjo físico de uma empresa. Serão tratados assuntos como os componentes e a estrutura de um processo de produção, o mapeamento de um processo, conceitos dos diversos tipos de arranjo físico, como tomar a decisão ideal a respeito do layout industrial e de que forma fazer o arranjo.

### 2.1 Entradas e Saídas do Processo

De acordo com Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 8-9), toda e qualquer operação utiliza alguma entrada (*input*) que será processada e produzirá uma saída (*output*). As entradas podem ser recursos que serão transformados ou recursos que agirão no processo como recursos transformadores, como mostrado na Figura 1. As saídas também têm duas características, pois existem os produtos que seguirão para os consumidores e os resíduos do processo, que poderão ser descartados ou utilizados como entrada em outro processo.

**Figura 1 – Modelo input – processo de transformação – output.**



Fonte: Adaptado de Slack; Chambers; Johnston (2009, p.9)

“Processos descrevem como as coisas são feitas dentro de uma empresa. É um conjunto formado por entradas, processamento e saídas de produto, serviço e informação.” (MULLER; DIESEL; SELLITTO, 2010, f. 5)

Portanto, pode-se concluir que todo e qualquer processo produtivo possui um ou mais sistemas formados por entradas, saídas e o processo de transformação. Sendo que as entradas podem ser tanto a matéria prima do produto, como as informações necessárias para a confecção do mesmo. Segundo Oliveira (2011, p. 7), o processo de transformação do sistema é definido como função que possibilita a transformação de um insumo (entrada) em um produto, serviço ou resultado (saída). Esse processo pode ser descrito como a maneira pela qual os componentes de um processo produtivo se interagem. Por fim, as saídas podem ser definidas como o produto acabado (ou parte dele em um processo), informações, serviços e, até mesmo, os resíduos gerados no processo de produção, causando, ou não, impactos ambientais.

### 2.1.1 Entradas para o processo

As entradas, segundo Oliveira (2011, p. 7), são uma função do processo produtivo que caracteriza o fornecimento de materiais, informações e/ou energia para o processo de transformação, que, a partir daí, serão geradas as saídas. Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 9-10), afirmam que existem dois conjuntos de recursos que são entradas para o processo – os recursos transformados e os transformadores, que são definidos no Quadro 1.

**Quadro 1 – Entradas de um processo.**

Recursos de entrada	Tipos	Conceito	Exemplos
Recursos transformados (convertidos em alguma coisa)	Materiais	Materiais que são processados para serem transformados em algum produto.	Petróleo nas refinarias, que é refinado e transformado em gasolina; gasolina que é transportada das refinarias para os centros de distribuição.
	Informações	São informações que passam por algum processo que modifique sua propriedade informativa.	Informações financeiras que chegam aos contadores são processadas e repassadas ao cliente.
	Consumidores	Consumidores que passam por algum processo que modifique suas propriedades físicas ou seu estado psicológico.	Clientes de cabeleireiros ou de cirurgiões plásticos tem suas propriedades físicas modificadas.
Recursos de transformação (agem sobre os recursos transformados)	Instalações	Instalações em geral que agem sobre os recursos transformados.	Prédios, tecnologia do processo de produção.
	Pessoal	Funcionários que estão ligados ao processo.	Operador de retroescavadeira, gerente de produção.

Fonte: Adaptado de Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 9-10).

### 2.1.2 Saídas do processo

Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 11) afirma que as saídas de um processo são os resultados das operações que foram executadas com as entradas. As saídas podem ser produtos ou serviços, que são distinguidos, na maioria das vezes, pela tangibilidade. Produto é algo que possa ser tocado fisicamente, como um livro ou uma casa. Serviço é o que não é tangível, como uma consultoria de Engenharia da Qualidade em uma empresa ou o ensino prestado por uma universidade. Embora não seja tangível, alguns serviços podem ser sentidos ou ter seus resultados observados fisicamente, como um corte de cabelo por um cabeleireiro, as atividades físicas feitas em uma academia e outros serviços de estética em geral.

Algumas organizações produzem tanto serviços como produtos e isso está ficando cada vez mais frequente. Um fabricante de automóveis pode produzir um veículo que será vendido a um cliente e prestar assistência técnica a este automóvel. Portanto a empresa teve como saídas do processo um produto e um serviço. Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 11) denomina este serviço complementar como facilitador e existe para facilitar a venda dos produtos.

Segundo Slack; Chambers; Johnston (2009, p.12),

Cada vez mais a distinção entre serviços e produtos está ficando difícil e não particularmente útil. Tecnologias da informação e comunicação tem desafiado algumas consequências da intangibilidade, como é o caso dos varejistas em Internet que tem invadido cada vez mais os lares dos consumidores com seus serviços. Até as estatísticas oficiais do governo tem tido dificuldade para diferenciar serviços de produtos.

Um exemplo é um software que é vendido sob a forma de disco (CD) ser classificado como produto e o mesmo software quando vendido pela Internet ser classificado como serviço.

## 2.2 Estrutura do Processo na Manufatura

Para se entender sobre estrutura do processo em operações de manufatura é preciso, primeiramente, entender a Matriz produto-processo.

Segundo Krajewski; Malhorta; Ritzman (2009, p. 108),

Uma boa estratégia para um processo de manufatura depende primeiramente do volume. O contato com o cliente, uma

característica primordial da matriz de contato com o cliente para serviços, normalmente não é levado em consideração nos processos de manufatura (embora ele seja um fator para muitos processos de serviço em empresas de manufatura). Para muitos processos de manufatura, uma elevada personalização de produto significa volumes menores em muitas etapas do processo. Se a personalização, a qualidade superior e a variedade de produtos são fortemente enfatizadas, o resultado provável é um menor volume para qualquer passo específico do processo de fabricação.

Segundo Krajewski; Malhorta; Ritzman (2009, p. 108), a dimensão vertical da matriz produto-processo possui três características principais: complexidade, variação e fluxo. A matriz produto-processo é mostrada na Figura 2.

A Figura 2 mostra as posições desejáveis na matriz produto-processo que liga o produto fabricado às atividades de manufatura, o que chamamos de escolha do processo. Esta escolha é como será estruturado o processo, que pode ser em torno dele mesmo ou em torno dos produtos. Segundo Krajewski; Malhorta; Ritzman (2009, p. 108), em torno do processo, significa que todas as máquinas estão organizadas de modo que processem todos os produtos ou partes deles. Em torno do produto significa reunir todos os recursos necessários para produzir um determinado produto e organizá-lo de modo que produza apenas ele.

**Figura 2 – Matriz produto-processo.**

		Menor personalização e maior volume →				
Menos complexidade, menos variação e mais fluxo em linha ↓	<b>Características do processo</b>	Produtos de pequeno volume feitos de acordo com pedidos dos clientes	Vários produtos, com volume pequeno a moderado	Poucos produtos principais, maior volume	Grande volume, alta padronização, produtos comoditizados	
	Processo customizado com sequência de trabalho flexível	<b>Processo por tarefa</b>				
	Fluxos em linha desconectados, trabalho moderadamente complexo		<b>Processo em lotes pequenos</b>			
				<b>Processo em lotes grandes</b>		
	Linha conectada, trabalho altamente repetitivo				<b>Processo em linha</b>	
Fluxos contínuos					<b>Processo de fluxo contínuo</b>	

Fonte: Adaptado de Krajewski; Malhorta; Ritzman (2009, p. 108)

“O gerente tem quatro opções de processo que forma um contínuo: (1) processo por tarefa ou job shop, (2) processo em lotes, (3) processo em linha e (4) processo contínuo.” (KRAJEWSKI; MALHORTA; RITZMAN, 2009, p. 108). Ainda segundo estes mesmos autores, para ter um grande desempenho, o processo deve estar posicionado próximo da diagonal da matriz produto-processo. A escolha do processo pode se aplicar a um processo como um todo ou a subprocessos dentro dele, pois pode ser que tenha algum subprocessos com um alto grau de personalização das peças e, em seguida, outro subprocesso padronizado para todos os produtos.

Segundo Krajewski; Malhorta; Ritzman (2009, p. 109), processos por tarefa são os que produzem, geralmente, produtos sob encomenda. Este processo é bastante flexível tendo uma capacidade elevada de produzir produtos variados, com considerável complexidade e variação nas etapas realizadas.

Segundo Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 94), o processo em lote é muito semelhante ao processo por tarefa. Enquanto num processo por tarefa é produzida uma unidade de um produto, neste processo são produzidas várias.

O processo em linha situa-se entre o processo por lotes e o contínuo. Segundo Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 95), neste caso, o volume de produção é elevado e os produtos são padronizados, permitindo a organização dos recursos em torno do produto. No processo em linha, os recursos (equipamentos e mão de obra) podem ser especializados, o que reduz substancialmente o custo unitário do produto.

Segundo Tubino (2009, p. 11), produtos padronizados são os bens produzidos em larga escala, onde os seus processos produtivos também são padronizados e são facilmente encontrados no mercado.

Slack; Chambers; Johnston (2009, p.95) definem o processo em linha como processo de produção em massa e faz o seguinte comentário sobre ele:

Uma fábrica de automóveis, por exemplo, poderá produzir diversos milhares de variantes de carros se todas as opções de tamanho do motor, cor, equipamentos extras etc. forem levadas em consideração. É, entretanto, essencialmente uma operação em massa porque as diferentes variantes de seu próprio produto não afetam o processo básico de produção. As atividades na fábrica de automóveis, como todas as operações em massa, são essencialmente repetitivas e amplamente previsíveis. Como exemplos de processos de produção em massa tem-se a fábrica de automóveis, fábrica de aparelhos de televisão, a maior parte dos processos de alimentos e a produção de DVDs.

Segundo Krajewski; Malhorta; Ritzman (2009, p. 109), o processo por fluxo contínuo situa-se um passo além do processo em linha, por conta da produção ser em volume muito maior, com uma variedade muito baixa e por operarem, geralmente, por períodos de tempo muito longos. Exemplos deste tipo de processo estão nas refinarias petroquímicas, centrais elétricas, elevação de petróleo, na manufatura do aço e fábrica de papéis.

### 2.3 Mapeamento do Processo

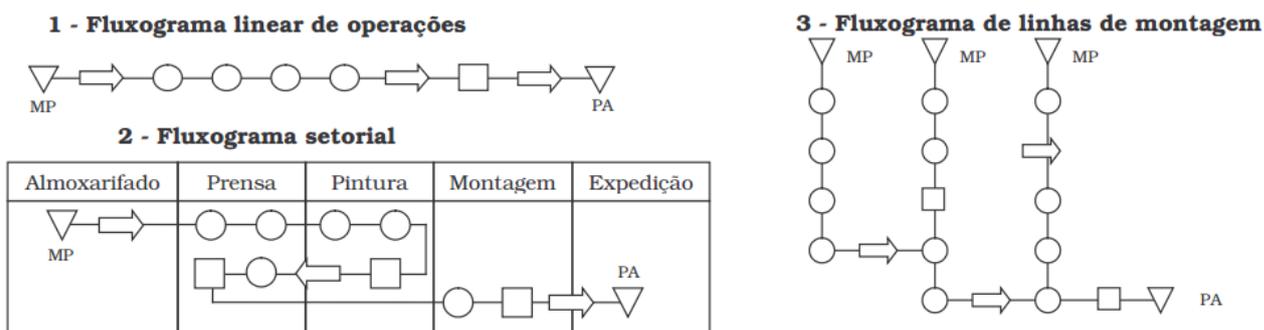
Segundo Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 101), o mapeamento do processo é uma técnica visual para observarmos o fluxo do processo, as restrições e a seqüência de operações. Conforme a mesma fonte citada acima, a definição para mapeamento do processo é:

Mapeamento de processo envolve simplesmente a descrição de processos em termo de como as atividades relacionam-se umas com as outras dentro do processo. Existem muitas técnicas que podem ser usadas para mapeamento de processo (*process blueprinting* ou análise de processo, como muitas vezes é denominado). Entretanto, todas as técnicas identificam os tipos diferentes de atividades que ocorrem durante o processo e mostram o fluxo de materiais, pessoas ou informações que o percorrem.

Segundo Oliveira (2011, p. 264), “Fluxograma é a representação gráfica que apresenta a seqüência de um trabalho de forma analítica, caracterizando as operações, os responsáveis e/ou unidades organizacionais envolvidas no processo.”

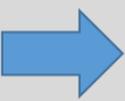
O mapeamento do processo é feito através de simbologias agrupadas indicando o fluxo da operação. Os fluxogramas industriais podem ser feitos de várias formas, como mostrado na Figura 3. Os significados dos símbolos estão no Quadro 2.

**Figura 3 – Alguns tipos de fluxograma**



Fonte: Adaptado de Peinado; Graeml (2007, p. 155).

**Quadro 2 – Símbolos de mapeamento do processo**

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Operação (uma atividade que diretamente agrega valor)		Início ou final do processo
	Inspeção (checagem de algum tipo)		Atividade
	Transporte (movimentação de algo)		Input ou output de um processo
	Atraso (espera, por exemplo, de materiais)		Direção do fluxo
	Estoque (estoque deliberado)		Decisão (exercitando o poder discricionário)

Fonte: Adaptado de Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 102).

## 2.4 Arranjo Físico do Processo Produtivo

De acordo com Carlo et al. (2013, apud ROSA et al., 2014, p. 3), a competitividade exige dos profissionais um constante aprimoramento das práticas de manufatura e no aperfeiçoamento da logística, utilizando, assim, ferramentas de integração que proporcionem desempenho mais eficaz, seleção de layout mais adequado, entre outros.

De acordo com Araujo (2010, p. 142), o uso inadequado dos tipos de layout industrial ocasiona um retardamento excessivo do processo, má projeção dos locais de trabalho e perdas de tempo no deslocamento de uma unidade para outra.

De acordo com Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 182-183), o arranjo físico de uma operação produtiva consiste no posicionamento dos recursos de entrada de transformação, ou seja, consiste na forma como estarão distribuídos todos os equipamentos, instalações e pessoas responsáveis pela transformação dos recursos de entrada a serem transformados. Segundo esta mesma fonte:

O arranjo físico é geralmente aquilo que a maioria de nós nota primeiro ao entrar em uma unidade produtiva, porque ele determina a

aparência da operação. Também determina a maneira segundo a qual os recursos transformados – materiais, informação e clientes – fluem pela operação.

Segundo Corrêa; Corrêa (2011, p. 407),

Decisões sobre arranjo físico (também chamado layout na literatura de língua inglesa) não são tomadas exclusivamente quando se projeta uma nova instalação, mas dadas as implicações que o arranjo físico pode ter no próprio desempenho da operação, as decisões devem ser reavaliadas e eventualmente refeitas sempre que:

- um novo recurso ‘consumidor de espaço’ é acrescentado ou retirado ou se decide pela modificação de sua localização;
- há uma expansão ou redução de área da instalação;
- ocorre uma mudança relevante de procedimentos ou de fluxos físicos;
- ocorre uma mudança substancial dos mix relativos de produtos que afetem substancialmente os fluxos; ou
- ocorre uma mudança substancial na estratégia competitiva da operação (por exemplo, a operação enfatizando menos a produção de produtos com custo baixo, passando a enfatizar customização).

Segundo Oliveira (2011, p. 347),

O arranjo físico adequado proporciona para a empresa maior economia e produtividade, com base na boa disposição dos instrumentos de trabalho e por meio da utilização otimizada dos equipamentos de trabalho e do fator humano alocado no sistema considerado.

De acordo com Ferreira; Reaes (2013, apud ROSA et al., 2014, p. 3), o posicionamento dos recursos de transformação, como homens, máquinas e equipamentos, destaca-se como um dos principais desafios na gestão industrial.

Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 184) afirmam que o arranjo físico de uma operação está relacionado aos tipos de processo que a constituem. De acordo com o tipo de processo haverá um tipo de arranjo físico que mais seja de acordo com os objetivos estratégicos que o processo propõe. Se o processo for do tipo processo em linha, por exemplo, um arranjo físico em que os materiais sigam um fluxo ao longo da linha de processos.

Segundo Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 184),

A maioria dos arranjos físicos, na prática, deriva de apenas quatro tipos básicos de arranjo físico:

- arranjo físico posicional;
- arranjo físico funcional;
- arranjo físico celular;
- arranjo físico por produto.

De acordo com estes mesmos autores, esses tipos de arranjos físicos estão diretamente relacionados com os tipos de processos. Como mostra o Quadro 3, um tipo de processo não implica necessariamente um tipo básico de arranjo físico, ou seja, isso poderá ser flexível dependendo do processo em questão.

**Quadro 3 – Relação entre tipos de processos e tipos básicos de arranjos físicos**

Tipos de processo de fabricação	Tipos básicos de arranjo físico	Tipos de processo de fabricação
Processo por tarefa	↑ Arranjo físico posicional	Processo em lote
	↓ Arranjo físico funcional	
Processo em linha	↑ Arranjo físico celular	Processo em fluxo contínuo
	↓ Arranjo físico por produto	

Fonte: Adaptado de Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 184)

Corrêa; Corrêa (2011, p. 417) afirmam que, no arranjo físico funcional, o recurso a ser transformado fica imóvel e os recursos transformadores vão até ele. Geralmente fica imóvel por inviabilidade ou inconveniência de fazê-lo mover-se. Alguns exemplos deste arranjo físico estão na construção de uma rodovia, pois o produto é muito grande para ser movido, e cirurgia de coração, devido ao estado delicado do paciente.

De acordo com Corrêa; Corrêa (2011, p. 408), o arranjo físico funcional consiste em organizar em um mesmo local ou próximo recursos transformadores que tenham a mesma função ou funções similares. Dessa forma o fluxo que os recursos a serem transformados irão tomar será de acordo com as suas necessidades. Neste arranjo físico o fluxo será mais complexo do que nos outros, pois diferentes produtos ou clientes terão diferentes necessidades, então percorrerão diferentes roteiros.

Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 186) cita alguns exemplos onde se encontra o arranjo físico funcional:

- Hospital – alguns processos (e. g.: aparelhos de raio x e laboratórios) são necessários a um grande número de diferentes tipos de pacientes; alguns processos (e. g.: enfermarias gerais) podem atingir altos níveis de utilização de leitos e equipe de atendimento.

- Usinagem de peças utilizadas em motores de avião – alguns processos (e. g.: tratamento térmico) necessitam de instalações especiais (para exaustão de fumaça, por exemplo); alguns processos (e. g.: machining centres) requerem suporte comum de preparadores/operadores de máquina; alguns processos (e.g.: esmerilhadeiras) atingem altos níveis de utilização, pois todas as peças que requerem operações de esmerilhamento passam por uma única só seção.

O arranjo físico celular, como o próprio nome diz, é composto por células e cada uma delas está organizada segundo um arranjo funcional ou por produto. Corrêa; Corrêa (2011, p. 416) afirmam que, num arranjo físico celular, a matéria prima movimenta-se para uma célula onde todos os recursos transformadores necessários a atender às suas necessidades imediatas se encontram. Concluído o trabalho nesta célula, os recursos transformados seguirão para uma outra célula onde se dará continuidade ao processo de manufatura do produto.

Segundo Stevenson (2001, p. 204-205),

Em uma fabricação celular eficaz, é preciso que existam grupos de itens selecionados, que tenham características semelhantes de processamento. O processo de agrupamento é conhecido como tecnologia de grupo, e envolve a identificação de itens que tenham algumas características de projeto ou fabricação similares, e seu subsequente agrupamento em famílias de peças.

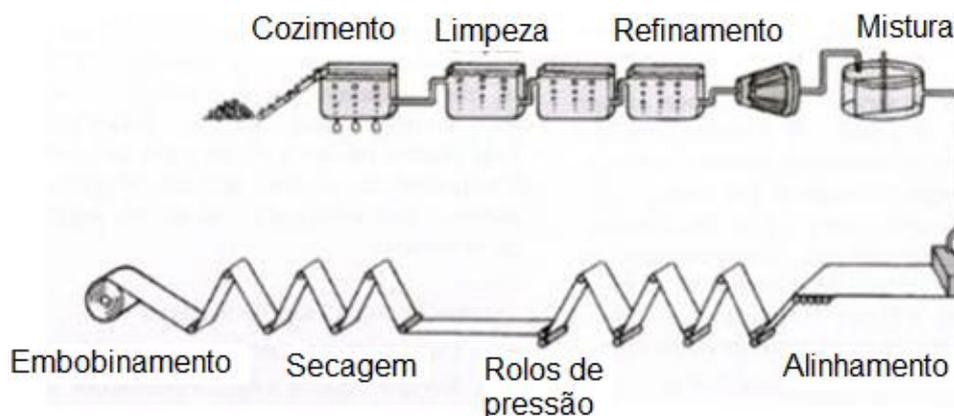
De acordo com Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 187), este arranjo físico ocorre geralmente com os processos em linha ou em lote, geralmente com lotes maiores. Exemplos deste arranjo físico encontram-se em empresas especializadas em produção de peças para computador (alguma área nesta empresa pode ser uma célula responsável por produtos especiais, como produtos com maiores níveis de qualidade) e em supermercados (podem existir células responsáveis por eletrodomésticos, por roupas etc.).

Segundo Stevenson (2001, p. 200),

Os arranjos físicos por produto são utilizados para se obter um fluxo suave e veloz dos bens ou clientes cujo trânsito pelo sistema ocorre em grande escala. Isto se torna possível por meio de bens ou serviços altamente padronizados, que demandam operações de processamento também altamente padronizadas (repetitivas). Neste tipo de arranjo físico, o trabalho é dividido em uma série de tarefas padronizadas, permitindo a especialização da mão de obra e do equipamento. Os grandes volumes processados por esses sistemas geralmente fazem com que seja economicamente viável investirem-se somas substanciais nos equipamentos e no projeto do trabalho.

Segundo Corrêa; Corrêa (2011, p. 412), neste arranjo físico os recursos transformados seguem um fluxo ao longo do processo. É encontrado geralmente em operações que utilizam processos em linha ou processos de fluxo contínuo. É o arranjo físico que apresenta menor custo unitário porém a menor variabilidade de produtos. A Figura 4 mostra um exemplo de arranjo físico por produto.

**Figura 4 – Sequência de processos na manufatura de papel.**



Fonte: Adaptado de Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 189).

Segundo Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 189-190), por ele delinear um fluxo para os recursos transformados, ele também é chamado de arranjo físico em fluxo ou em linha. Este fluxo é muito claro e previsível. Além da manufatura do papel, há outros exemplos na indústria que utilizam este arranjo físico, como na montagem de automóveis, na fabricação de roupas e em um restaurante self service (a sequência dos alimentos e o arranjo físico ajuda a manter o controle sobre o fluxo dos clientes).

Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 190) afirmam que o arranjo físico misto ocorre quando uma operação demanda de várias necessidades diferentes. Uma operação, por exemplo, pode ter algum processo por tarefa (que precise de um arranjo físico posicional), seguido de um processo em linha (que precise de um arranjo por produto) e posteriormente um processo por tarefa novamente. Então em um caso como esse, ou parecido, utilizamos o que chamamos de arranjo físico misto, que pode ser formado pela combinação de alguns ou todos os elementos básicos dos arranjos físicos, ou utilizando tipos básicos de arranjo físico na forma *pura* em diferentes etapas da operação.

Esses mesmos autores citam o seguinte exemplo:

[...] um hospital normalmente seria arranjado conforme princípios básicos do arranjo físico funcional – cada departamento representando um tipo particular de processo (departamento de radiologia, salas de cirurgia, laboratório de processamento de

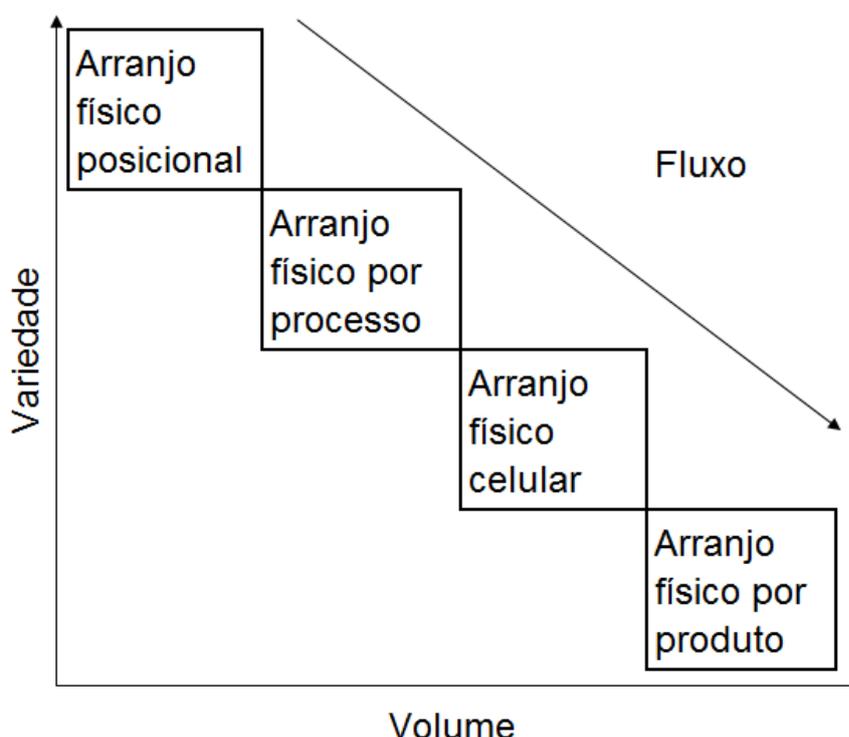
sangue, entre outros). Ainda assim, dentro de cada departamento, diferentes tipos de arranjos físicos são utilizados. O departamento de radiologia provavelmente é arranjado por processo, as salas de cirurgia, segundo um arranjo físico posicional, e o laboratório de processamento de sangue conforme um arranjo físico por produto.

## 2.5 Como Escolher o Melhor Arranjo Físico para a Operação?

Segundo Kamaruddin et al. (2013, apud ROSA et al., 2014, p. 5), a escolha do arranjo físico ideal está ligada ao objetivo principal da organização no que diz respeito ao produto ou serviço que será realizado.

Segundo Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 194), a escolha do melhor tipo de arranjo físico para uma operação depende basicamente dos custos fixos e variáveis estipulados para aquela operação se ela fosse executada com cada arranjo físico e por uma tabela de vantagens e desvantagens dos usos destes arranjos físicos. Estes custos dependem diretamente de algumas variáveis, que são o volume, a variedade e o fluxo dos recursos na operação. A Figura 5 ilustra a relação entre os tipos de arranjos físicos e as variáveis volume, variedade e fluxo dos recursos e o Quadro 4 mostra as vantagens de cada tipo de layout industrial.

**Figura 5 – Relação entre o volume, variedade, fluxo e os tipos de arranjos físicos.**



Fonte: Adaptado de Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 194).

**Quadro 4 – Vantagens dos tipos básicos de arranjo físico.**

<b>Vantagens</b>	
Posicional	Flexibilidade muito alta de mix e produto Produto ou cliente não movido ou perturbado Alta variedade de tarefas para a mão de obra
Funcional	Alta flexibilidade de mix e produto Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas Facilidade na supervisão de equipamento e instalações.
Celular	Pode dar um bom equilíbrio entre custo e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta Atravessamento rápido Trabalho em grupo pode resultar em melhor motivação
Produto	Baixos custos unitários para altos volumes Dá oportunidade para especialização de equipamento Movimentação conveniente de clientes e materiais

Fonte: Adaptado de Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 194)

Observando as desvantagens, no Quadro 5, pode-se verificar a relação entre os tipos de arranjo físico e o tipo de produto a ser produzido, relacionando-o ao tipo de processo na matriz produto-processo.

**Quadro 5 – Desvantagens dos tipos básicos de arranjo físico.**

<b>Desvantagens</b>	
Posicional	Custos unitários muito altos Programação de espaços ou atividades pode ser complexa Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão de obra
Funcional	Baixa utilização de recursos Pode ter alto estoque em processo ou filas de clientes Fluxo complexo pode ser difícil de controlar
Celular	Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual Pode requerer capacidade adicional Pode reduzir níveis de utilização de recursos
Produto	Pode ter baixa flexibilidade de mix Não muito robusto contra interrupções Trabalho pode ser repetitivo

Fonte: Adaptado de Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 194).

## 2.6 Projeto Detalhado de Arranjo Físico

Segundo Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 195), “O projeto detalhado é o ato de operacionalizar os princípios gerais implícitos na escolha dos tipos básicos de arranjo físico.”

### 2.6.1 Projeto de arranjo físico posicional

Segundo Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 195), neste tipo de arranjo, a localização dos recursos não dependerá do fluxo dos recursos transformados, mas sim das características dos recursos transformadores. O objetivo deste projeto é alocar os recursos transformadores de modo que sua contribuição ao processo seja otimizada. Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 195) comenta a complexidade do projeto detalhado do arranjo físico posicional de locais que possuem alto fluxo de pessoas e materiais, como em um canteiro de obras:

Imagine o caos num canteiro de obra se caminhões pesados contínua e ruidosamente passassem pelo escritório de gerenciamento da obra, caminhões de entrega de uma empresa subcontratada tivessem que cruzar a área de outra subcontratada para chegar a seu local de armazenagem, ou se a mão de obra que dependesse a maior parte de seu tempo na obra fosse alocada para uma posição distante dela. Embora haja técnicas que ajudem a posicionar recursos em arranjos físicos posicionais, elas não são amplamente utilizadas.

### 2.6.2 Projeto de arranjo físico funcional

Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 195) afirmam que este arranjo físico é marcado pela alta complexidade do fluxo de recursos. O principal fator que leva a essa complexidade é o número de diferentes alternativas de projeto de arranjo físico funcional. O exemplo mais simples é um arranjo funcional com dois centros de trabalho, que há apenas duas formas de arranjá-los. Já uma operação com três centros de trabalho há seis formas de ser arranjada. Uma operação com cinco centros de trabalho pode ser arranjada de 120 maneiras diferentes. Portanto a relação entre o número de centros de trabalho e a quantidade de possibilidades para ser feito o arranjo funcional é fatorial:  $Q = N!$

Onde:

- $Q$  = quantidade de possibilidades
- $N$  = número de centros de trabalho

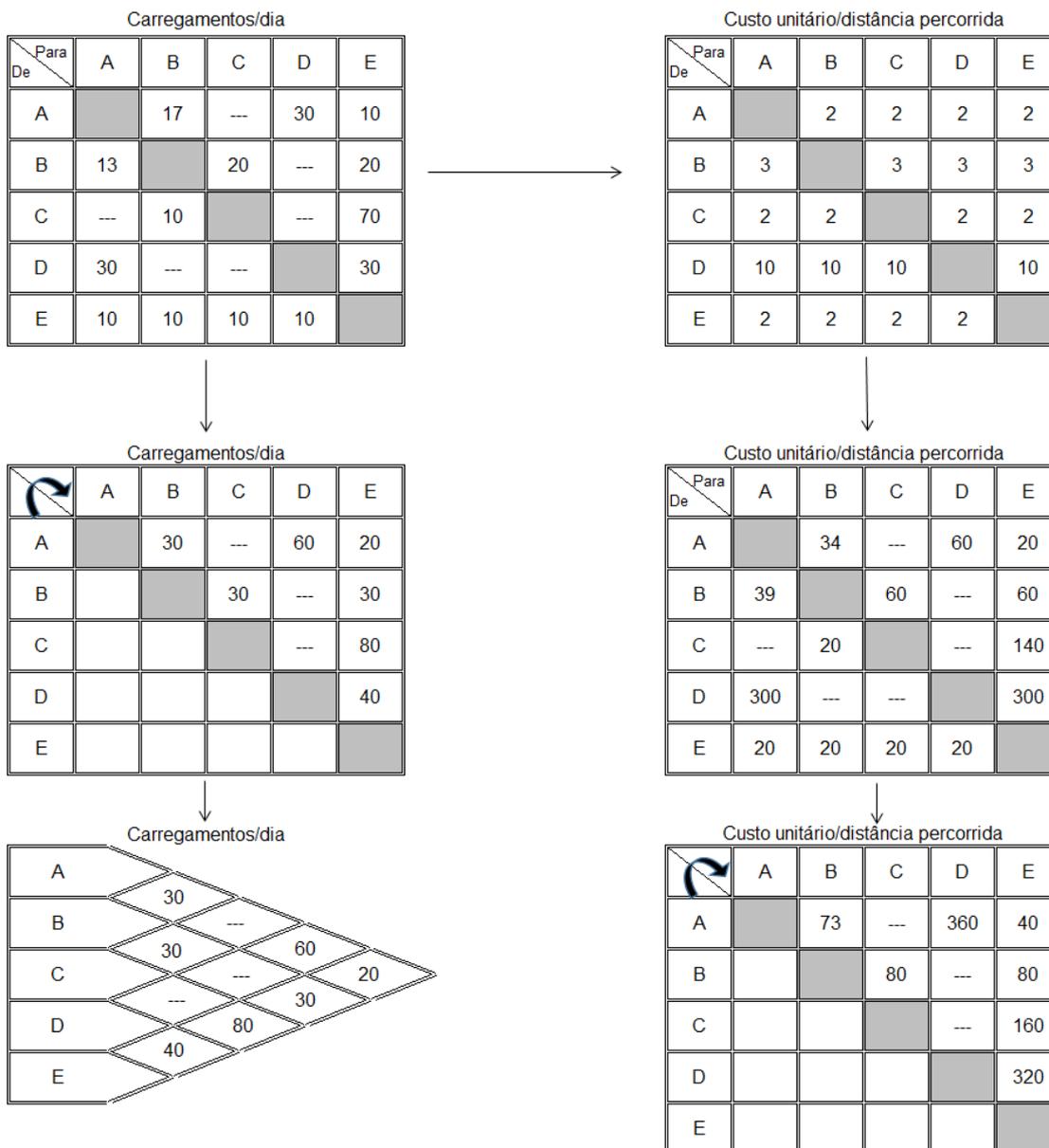
Segundo a mesma fonte citada acima,

Antes de começar o projeto detalhado em arranjos físicos funcionais, há algumas informações essenciais de que o projetista necessita:

- a área requerida por centro de trabalho;

- o nível e a direção do fluxo entre cada par de centros de trabalho (por exemplo, número de jornadas, número de carregamentos ou custo do fluxo por unidade de distância percorrida);
- o quão desejável é manter centros de trabalho próximos entre si ou próximos de algum ponto fixo do arranjo físico.

**Figura 6 – Diagrama de fluxo para arranjo físico funcional.**



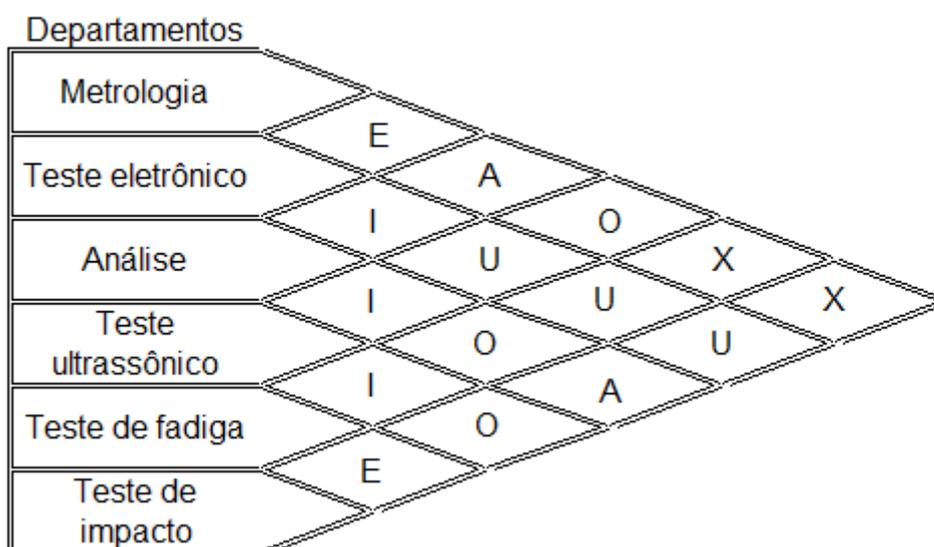
Fonte: Adaptado de Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 196).

De acordo com Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 196), os diagramas de fluxo, também chamados de cartas “de para” servem para indicar o fluxo dos recursos em uma operação, conforme mostrado na Figura 6. Com os dados de nível e direção de fluxo e custos unitários é possível criá-los. Como é mostrado nos diagramas, um melhor projeto detalhado de arranjo físico funcional é o que minimiza as distâncias percorridas.

Este método é chamado por Corrêa; Corrêa (2011, p. 409) de *Systematic Layout Planning* (SLP), que significa planejamento sistemático de layout, composto por uma carta de relacionamentos mostrada na Figura 7.

**Figura 7 – Carta de relacionamentos.**

Código	Proximidade é...
A	Absolutamente necessário
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Proximidade normal
U	Não importante
X	Indesejável



Fonte: Adaptado de Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 197).

A Figura 8, segundo Corrêa; Corrêa (2011, p. 409), mostra estes outros três passos do SLP, que, a partir das relações de proximidade (classificando as relação por letras que representam a necessidade de proximidade entre os postos de trabalho), pode-se criar o diagrama de relacionamentos, o diagrama de arranjo de atividades (que mostra graficamente a relação entre os postos de trabalho) e o diagrama de relação de espaços (que mostra a relação dos espaços em uma planta), utilizando as simbologias dos critérios de Muther (1961).

**Figura 8 – SLP por Corrêa; Corrêa (2011) e os critérios de Muther (1961).**

Critérios de Muther (1961) para definição de proximidade		
A	4	=====
E	3	=====
I	2	=====
O	1	=====
U	0	
X	-1	

Diagrama de relacionamentos

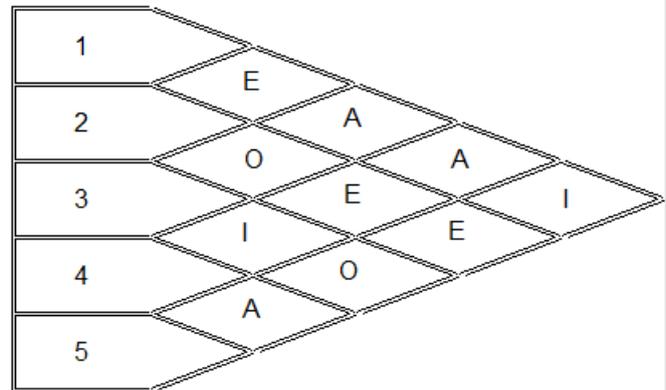


Diagrama de arranjo de atividades

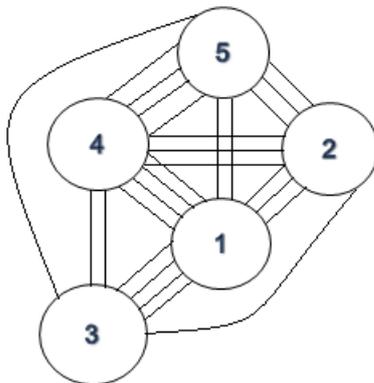
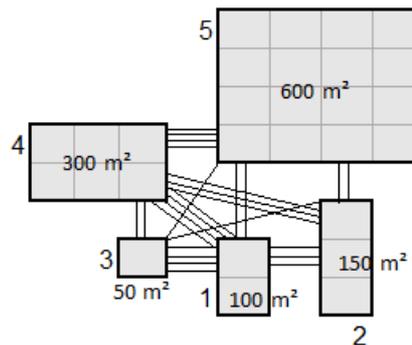
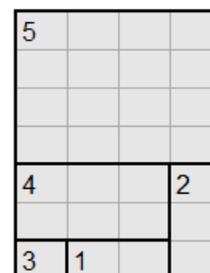


Diagrama de relação de espaços



Ajuste do arranjo no espaço disponível



Fonte: Adaptado de Corrêa; Corrêa (2011, p. 411-412).

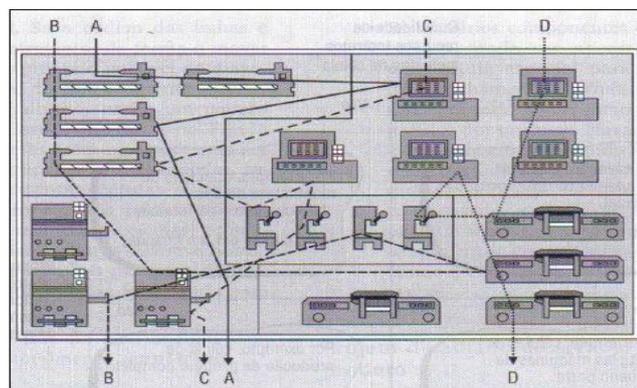
### 2.6.3 Projeto de arranjo físico celular

A implementação do arranjo físico celular é descrita por Corrêa; Corrêa (2011, p. 416):

- identificar de itens produzidos que tenham, agregadamente, volume suficiente e similar conjunto de recursos para serem processados – deve-se estar preparado para que ‘sobrem’ determinados itens de grande variedade que não conseguem ser colocados em nenhuma célula –, estes continuarão, em geral, a ser processados num setor com arranjo funcional;
- identificar e agrupar recursos (máquinas, pessoas) de forma que consigam, com suficiência, processar as famílias de itens identificadas, definindo células;
- para cada célula, arranjar os recursos, usando os princípios gerais do arranjo físico por produto, estabelecendo uma pequena operação dentro da operação, de forma que a movimentação e os fluxos daquelas famílias identificadas na primeira etapa sejam mais ordeiros, simples e ágeis;
- localizar máquinas grandes ou que não possam ser divididas para fazerem parte de células específicas para próximo das células.

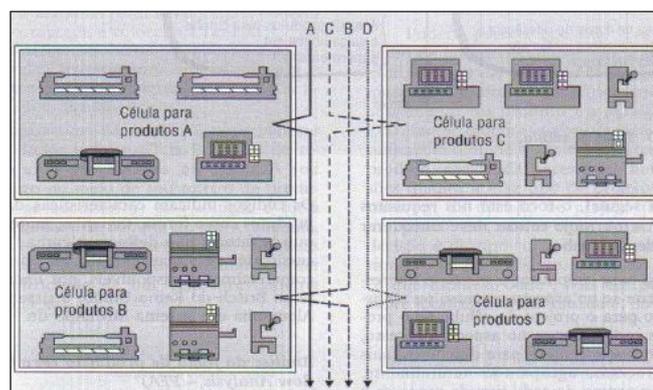
A Figura 9 mostra um arranjo físico funcional e a Figura 10 mostra a mesma operação após a implementação do arranjo físico celular. Vale ressaltar a redução considerável no fluxo dos materiais. Em ambas as figuras, as setas mostram o fluxo dos produtos no arranjo físico.

**Figura 9 – Arranjo físico funcional.**



Fonte: Adaptado de Peinado; Graeml (2007, p. 225)

**Figura 10 – Arranjo físico celular.**



Fonte: Adaptado de Peinado; Graeml (2007, p. 226).

## 2.6.4 Projeto de arranjo físico por produto

Segundo Corrêa; Corrêa (2011, p. 414),

Em arranjos físicos por produto (ou em linha), as tarefas envolvidas em produzir determinado item, em geral, padronizado e em larga escala, devem ser alocadas para as estações de trabalho de forma a atingir um fluxo produtivo o mais suave possível. A alocação de quais tarefas devem ser executadas por qual estação de trabalho é conhecida como balanceamento de linha e terá impacto na configuração das estações de trabalho, no seu espaço e na posição relativa, ou seja, no seu arranjo físico.

Nesse arranjo físico, os centros de trabalho devem ser distribuídos de forma que os tempos ociosos sejam minimizados ao longo do processo e os gargalos sejam suavizados ou eliminados. O balanceamento de linha é que tornará isso possível.

Peinado; Graeml (2007, p. 209) explica o passo a passo como se faz o balanceamento de uma linha:

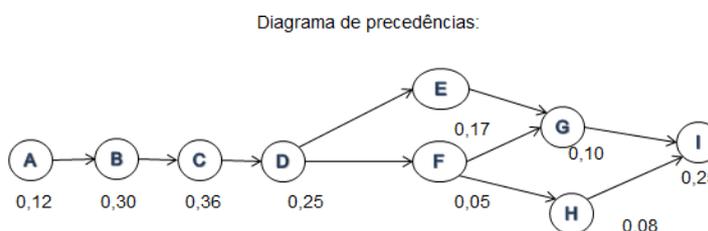
- 1º passo: Dividir as operações de trabalho em elementos de trabalho que possam ser executados de modo independente;
- 2º passo: Levantar o tempo padrão para cada um dos elementos de trabalho, por meio de criteriosa cronoanálise;
- 3º passo: Definir a sequência de tarefas e suas predecessoras;
- 4º passo: Desenhar o diagrama de precedências;
- 5º passo: Calcular o tempo de duração do ciclo e determinar o número mínimo de estações de trabalho;
- 6º passo: Atribuir as tarefas às estações de trabalho seguindo a ordem natural de montagem. A seguinte regra deve ser seguida para determinar as tarefas que podem ser atribuídas a cada estação:
  - a- todas as tarefas precedentes já devem ter sido alocadas;
  - b- o tempo da tarefa a ser alocada não deve ser superior ao tempo que resta para a estação de trabalho;
  - c- quando houver mais de uma tarefa que pode ser alocada, dar preferência à tarefa que tenha maior duração, ou à que esteja mais no início da montagem, ou seja, que tenha mais tarefas subsequentes;
  - d- se ainda houver empate, escolha uma tarefa arbitrariamente.
- 7º passo: Verificar se não existe uma forma melhor de balanceamento, buscando deixar a mesma quantidade de tempos ociosos em cada estação de trabalho;
- 8º passo: Calcular o percentual de tempo ocioso e o índice de eficiência para a linha de produção;
- 9º passo: Se todos os passos anteriores tiverem sido seguidos, a única forma de balancear melhor a linha será pela utilização de estações em paralelo para realizar operações elementares demoradas, que não podem ser subdivididas. Duas estações de trabalho paralelas, realizando a mesma operação, são capazes de dobrar a velocidade de produção daquele 'elo' do processo produtivo.

Para Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 205), o tempo de ciclo “é o tempo que decorre entre produtos finalizados, elementos de informação ou clientes obtidos no processo”. É dado pela razão entre o tempo disponível e a quantidade de produtos a serem processados naquele período de tempo. Por exemplo: Se uma empresa de manufatura de papel opera durante 40 horas semanais e a meta de produção é de 80 t de papéis por semana, então o tempo de ciclo é  $40/80$ , que é 0,5h que é o mesmo que 30 min. Os tempos padrões consistem no tempo necessário para realizar cada uma das tarefas do processo.

Ainda segundo Slack; Chambers; Johnston (2009, p. 205), a quantidade de estações de trabalho é calculada a partir da razão entre o conteúdo do trabalho e o tempo de ciclo. O conteúdo do trabalho consiste na soma dos tempos padrões de todos os processos da operação. Tomando como exemplo a mesma empresa de manufatura de papel anterior, supondo que a soma dos tempos padrões é de 2,5h, então haverá  $2,5/0,5 = 5$  estações de trabalho ao balancear esta operação. As Figuras 11 e 12 mostram o exemplo de balanceamento de linha de uma operação que tem os processos A, B, C, D, E, F, G, H e I.

**Figura 11 – Balanceamento de linha de uma operação.**

Processo	Tempo padrão (min)
A	0,12
B	0,3
C	0,36
D	0,25
E	0,17
F	0,05
G	0,1
H	0,08
I	0,25
Conteúdo do trabalho	1,68



Supondo um tempo de ciclo de 0,48 min, então:  
 Quantidade de centros de trabalho = Conteúdo do trabalho/tempo de ciclo

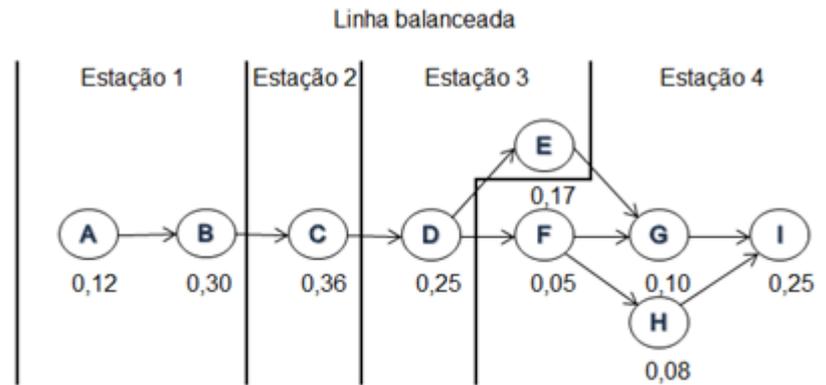
Quantidade de centros de trabalho =  $1,68/0,48$

Quantidade de centros de trabalho = 3,5. Quando o resultado não dá inteiro, arredondamos para cima, então serão 4 centros de trabalho.

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 208-209).

Conforme pode ser observado na Figura 12, o balanceamento de linha faz com que haja uma melhor distribuição das tarefas em centros de trabalho, o que otimiza os tempos de produção, além das relações de contato entre os subsetores, reduzindo a quantificação das variáveis que causam custos operacionais desnecessários.

**Figura 12 – Linha Balanceada.**



$$\text{Tempo ocioso} = (0,48 - 0,12 - 0,30) + (0,48 - 0,36) + (0,48 - 0,25 - 0,17) + (0,48 - 0,05 - 0,10 - 0,25 - 0,08)$$

$$\text{Tempo ocioso} = 0,24 \text{ min}$$

$$\% \text{ Tempo ocioso} = \frac{0,24}{4 \times 0,48} = 12,5\%$$

$$\text{Eficiência} = 1 - \% \text{ Tempo ocioso} = 87,5\%$$

Fonte: Adaptado de Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 208-209).

### **3 METODOLOGIA**

Nesta seção serão descritos detalhadamente os procedimentos formais da realização desta pesquisa. Conforme Marconi; Lakatos (2003, p. 83), “[...] método é a forma de alcançar objetivo, através de atividades sistêmicas e racionais, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista.”

#### **3.1 Método de Abordagem**

Este estudo usou o método conhecido como estudo de caso que, segundo Gil (2010, p. 54), “[...] consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados.” Os resultados de um estudo de caso são apresentados, geralmente, em aberto, ou seja, na condição de hipóteses, não na forma de conclusão.

Segundo Gil (2010, p. 54), o estudo de caso apresenta alguns propósitos citados abaixo:

- a) explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- b) preservar o caráter unitário do objeto estudado;
- c) descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação;
- d) formular hipóteses ou desenvolver teorias; e
- e) explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos.

O estudo de caso de que se fala neste trabalho foi feito em um subsetor da PETROBRAS em Carmópolis/SE chamado Parque da Desparafinação.

#### **3.2 Caracterização da Pesquisa**

Conforme Marconi; Lakatos (2003, p. 155), pesquisa “é um procedimento formal, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades

parciais.” Segundo Ubirajara (2013b, p. 27), as pesquisas são caracterizadas quanto aos objetivos, ao objeto e à abordagem (tratamento) dos dados.

### 3.2.1 Quanto aos objetivos ou fins

Uma pesquisa deve ter um objetivo geral determinado para servir como um guia do que se pretende alcançar com ela. Segundo Ander Egg (1978 apud Marconi; Lakatos, 2003, p. 156-157), Uma pesquisa deve partir “de um objetivo limitado e claramente definido, sejam estudos formulativos, descritivos ou de verificação de hipóteses.”

Segundo Ubirajara (2013a, p. 121),

Todo tipo de pesquisa avalia todas as informações coletadas dos entrevistados com o objetivo de alcançar os resultados. Antes de iniciar uma pesquisa é necessário saber o que será pesquisado e qual a finalidade da pesquisa. Assim ajudará a colher apenas as informações precisas, que esteja de acordo com o objetivo.

Conforme Gil (2010, p. 41), as pesquisas, segundo seus objetivos gerais, são classificadas em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas.

Ainda segundo Gil (2010, p. 41), as pesquisas exploratórias “tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torna-lo mais explícito ou a constituir hipóteses.” O objetivo principal deste tipo de pesquisa é o aprofundamento das ideias ou a descoberta de intuições. A flexibilidade é um fator bastante presente neste tipo de pesquisa, pois vários aspectos relativos ao problema são considerados.

As pesquisas descritivas tem como objetivo a descrição das características de um fenômeno ou população. Segundo Gil (2010, p. 42),

[...]são inúmeros os estudos que podem ser caracterizados sob esse título e uma de suas características mais significativas está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática.

Já as pesquisas explicativas tem como objetivo principal a identificação dos fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Ainda segundo Gil (2010, p. 42),

Esse é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas. Por isso mesmo, é o tipo mais complexo e delicado, já que o risco de cometer erros aumenta consideravelmente.

Ainda segundo Gil (2010, p. 42-43),

Pode-se dizer que o conhecimento científico está assentado nos resultados oferecidos pelos estudos explicativos. Isso não significa, porém, que as pesquisas exploratórias e descritivas tenham menos valor, porque quase sempre constituem etapa prévia indispensável para que se possa obter explicações científicas. Uma pesquisa explicativa pode ser a continuação de outra descritiva, posto que a identificação dos fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito e detalhado.

Com isso, pode-se concluir que as características da pesquisa do presente estudo de caso, quanto aos objetivos, são explicativa e descritiva. Explicativa porque abrange a conceituação e análise do processo, e os conceitos dos tipos básicos de arranjos físicos que serão utilizados para otimizar o fluxo de materiais. Descritiva porque abrange o porquê da utilização de cada tipo básico de arranjo físico, em que casos devem ser utilizados e como devem ser implantados.

### 3.2.2 Quanto ao objeto ou meios

Gil (2010, p. 43) utiliza o termo da literatura inglesa, *design* ou *delineamento*, para se referir ao meio de pesquisa. Ele cita dois grupos de delineamento. O primeiro é o grupo das chamadas fontes de *papel*, que são as pesquisas bibliográfica e documental, e o segundo é o grupo cujos dados são fornecidos por pessoas, que são as pesquisas experimentais, *ex post facto*, o levantamento e o estudo de campo.

O Quadro 6 mostra as características dos meios de pesquisa.

Portanto, diante das características apresentadas no Quadro 6, os meios de pesquisa utilizados nesse estudo de caso foram:

- pesquisa bibliográfica, pois todo o referencial teórico já encontrava-se disponível e publicado;
- pesquisa documental, pois houve a utilização de documentos do sistema de Controle de Materiais da Desparafinação (CMD), de arquivos em formato .dwg e de algumas planilhas de controle para tomar conhecimento de fluxo de materiais, de tempo padrão de operações, do layout industrial e do tipo de cobrança em relação aos custos das máquinas;
- estudo de campo, pois houve pesquisas com o supervisor e com o engenheiro da área sobre eventuais mudanças para melhoria de fluxo, assim como perguntas informais aos operadores das máquinas na área.

**Quadro 6 – Características dos meios de pesquisa.**

<b>Grupo</b>	<b>Pesquisa</b>	<b>Descrição</b>
Papel	Bibliográfica	Desenvolvida com base em material já elaborado, constituída principalmente de livros e artigos científicos.
	Documental	O mesmo conceito da pesquisa bibliográfica, mas os materiais ainda não receberam um tratamento analítico.
Pessoas	Experimental	Comparação entre um fator estudado e sua relação com os demais analisando suas influências.
	Ex post facto	Tradução: "a partir do fato passado". Estudo realizado após ocorrência de variações na variável dependente.
	Levantamento	Interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer
	Estudo de campo	Similar ao levantamento, com um universo menor e um aprofundamento maior.

Fonte: Adaptado de Gil (2010, p. 44-52).

### 3.2.3 Quanto à abordagem de dados

Segundo Ubirajara (2013a, p. 124), uma pesquisa realizada com abordagem pode ser qualitativa, quantitativa ou, ainda, qualiquantitativa. Pesquisas quantitativas tratam-se de pesquisas em que os dados são mensuráveis podendo ter seus resultados quantificados. A pesquisa é qualitativa quando não há mensuração de variável e sim a compreensão, de percepções, de interpretação do problema ou do fenômeno. A qualiquantitativa trata-se da pesquisa que utiliza de dados qualitativos para gerar dados quantitativos ou vice-versa.

No presente estudo de caso, a abordagem dos dados foi qualitativa e quantitativa, pois há uma mensuração de variáveis como tempos padrão e distâncias. Também há o estudo dos processos utilizados na manutenção e inspeção de tubos de produção no âmbito do processo e do arranjo físico.

### 3.3 Instrumentos da Pesquisa

Segundo Marconi; Lakatos (2003, p. 163),

A seleção do instrumental metodológico está diretamente relacionada com o problema a ser estudado; a escolha dependerá dos vários fatores relacionados com a pesquisa, ou seja, a natureza dos fenômenos, o objeto da pesquisa, os recursos financeiros, a equipe humana e outros elementos que possam surgir no campo da investigação.

O mesmo autor cita alguns instrumentos de pesquisa utilizados para a coleta de dados. Eles variam de acordo com as circunstâncias ou com o tipo de investigação. Segue abaixo as principais técnicas citadas por Marconi; Lakatos (2003, p. 166):

- coleta documental;
- observação;
- entrevista;
- questionário;
- formulário;

Coleta documental trata-se da análise de dados a partir de documentos escritos ou não. Observação é a técnica de obtenção de dados a partir da observação de aspectos da realidade. Para Gil (2010, p. 114-115), questionário é um conjunto de questões que são respondidas por escrito por um pesquisado, entrevista é a técnica que envolve duas pessoas e que uma delas formula questão e a outra responde, e, por fim, formulário é a técnica em que o pesquisador formula questões previamente e anota as respostas.

Nesse estudo, foram utilizados a coleta documental, quando o autor colheu dados a partir do sistema de Controle de Materiais da Desparafinação, de planilhas em rede e de pastas localizadas nela; e observação, quando o autor observou locais para possíveis mudanças no arranjo físico.

### **3.4 Unidade, Universo e Amostra da Pesquisa**

Unidade de pesquisa consiste no local onde foi realizado o estudo. O estudo de caso foi realizado no Parque da Desparafinação, em Carmópolis/SE, mais precisamente na área de manutenção e inspeção de tubos de produção. Universo trata-se de todo o espaço, material, processo ou pessoas que está sendo estudado e amostra é uma parte desse total, que é o que é retirado para realizar o estudo.

Portanto, o universo trata-se de todo o processo que é feito na Desparafinação: inspeção e manutenção de hastes de bombeio; manutenção e

inspeção de tubos de produção; manutenção e inspeção de tubos e comandos de perfuração; manutenção e inspeção de tubos de revestimento; e revestimento interno de tubos de produção. A amostra trata-se do processo de manutenção e inspeção de tubos de produção.

### 3.5 Definição de Variáveis

De acordo com Gil (2010, p. 94), essas variáveis são características ou valores que podem ser medidas ou analisadas através de diferentes mecanismos operacionais, que permitem verificar a relação/conexão entre essas características ou fatores e devem possibilitar o esclarecimento do que se pretende investigar.

O Quadro 7 mostra as variáveis e os indicadores destinados a este estudo de caso baseados nos objetivos específicos (1.3).

**Quadro 7 – Variáveis e indicadores do estudo de caso.**

Variáveis	Indicadores
Análise do processo e do arranjo físico	Mapofluxograma
Rastreamento de falhas na movimentação de materiais	Mapofluxograma e análise do arranjo físico (SLP)
Sugestão de melhorias no arranjo físico e balanceamento da linha	Matriz produto-processo e projeto detalhado de arranjo físico

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

### 3.6 Plano de Registro, Tratamento e Análise de Dados

Os dados quantitativos de produção e tempos de operações foram coletados através do sistema de Controle de Materiais da Desparafinação e de planilhas feitas em Excel disponíveis na rede de computadores da Petrobras. Os dados quantitativos de distância entre as estações de trabalho foram obtidos através de um arquivo em formato .dwg, para AutoCad, também disponível na rede de computadores Petrobras. Os dados qualitativos foram obtidos através de observações do layout da operação e do aprofundamento no referencial teórico.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

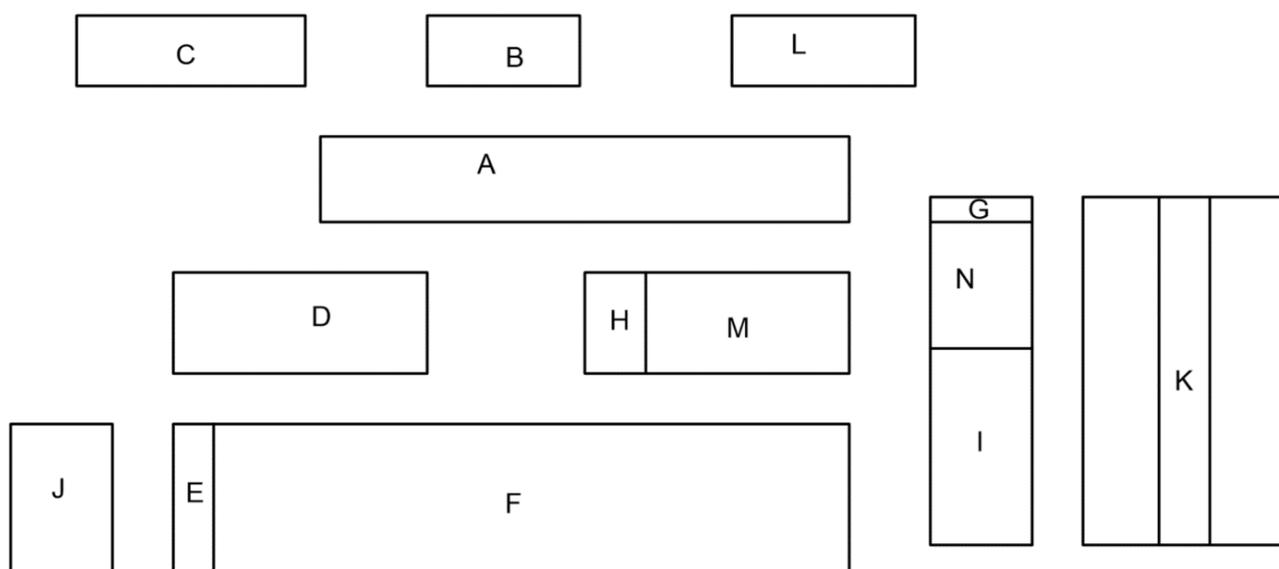
Nesta seção primeiramente será apresentado o mapeamento dos processos de manutenção e inspeção dos tubos de produção que ocorrem do Parque da Desparafinação, o rastreamento e avaliação de falhas na movimentação dos materiais, algumas sugestões de mudanças no layout, visando melhorias para este processo, e o acatamento das sugestões propostas.

### 4.1 Mapeamento do Processo

#### 4.1.1 Processo de manutenção e inspeção de tubos de produção

A Figura 13 mostra o layout da área de manutenção e inspeção de tubos de produção do Parque da Desparafinação.

**Figura 13 – Layout da área de manutenção e inspeção do Parque da Desparafinação.**



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O Quadro 8 mostra a legenda com a descrição das subáreas mostradas na Figura 13.

**Quadro 8 – Legenda das subáreas de inspeção e manutenção de tubos de produção do Parque da Desparafinação.**

<b>Subárea</b>	<b>Descrição</b>
A	Estaleiro de espera dos tubos usados provenientes dos poços.
B	Galpão de limpeza com injeção de vapor e hidrojateamento
C	Galpão de gabaritação de tubos
D	Estaleiro de espera
E	Máquinas de inspeção eletromagnética
F	Local onde se realiza inspeção visual nos tubos
G	Área de troca de luvas
H	Serra elétrica
I	Galpão de tornearia
J	Área de lavagem de tubos com bomba de média pressão
K	Estaleiros de estocagem
L	Área de lavagem de tanques e materiais de sondas de produção e perfuração (sob média pressão)
M	Galpão 1 de revestimento interno de tubos
N	Galpão 2 de revestimento interno de tubos

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

#### **4.1.2 Operações de manutenção e inspeção de tubos de produção**

O procedimento de manutenção e inspeção dos tubos de produção ocorre a partir da chegada dos tubos, oriundos de algum poço, ao Parque da Desparafinação. Estes tubos chegam dentro de caixas especiais de propriedade da Petrobras.

Ao chegarem, os tubos são retirados de caixas de transporte e são colocados no galpão de espera para lavagem (subárea A). Depois eles seguem para a máquina de injeção de vapor (Apêndice A) seguida de hidrojateamento (Subárea B). A limpeza com vapor amolece a parafina e outros resíduos que estão no interior dos tubos e o hidrojateamento faz uma lavagem com alta pressão, limpando a parede interna e externa dos tubos, com o objetivo de retirar os resíduos que restaram da injeção de vapor e eventuais cascalhos, incrustações e corrosões.

Da subárea B, os tubos seguem para o galpão de gabaritação (subárea C) onde é passado um gabarito com o objetivo de verificar se o tubo está empenado ou não. Estando empenado o tubo é considerado sucata e não segue para as outras etapas de manutenção e inspeção. Os tubos aprovados no processo de gabaritação, caso as máquinas de inspeção eletromagnética (Apêndice B) estejam com as entradas congestionadas, seguem para o estaleiro de espera (subárea D).

Caso contrário, do galpão onde é passado o gabarito eles seguem diretamente para uma das máquinas de inspeção eletromagnética (subárea E).

As máquinas de inspeção eletromagnética verificam pontos de irregularidade na parede dos tubos de produção. O operador da máquina marca onde está a falha e o local é examinado com um aparelho de ultrassom, que dependendo do grau de corrosão ou abrasão o tubo pode ser classificado em quatro faixas: amarelo (muito bom), azul (bom), verde (mediano) e vermelho (sucata).

Depois das máquinas de inspeção eletromagnética, o tubo é passado por uma inspeção visual (subárea F) para verificar o estado da rosca e da luva. Caso a rosca esteja danificada ele é encaminhado para a serra elétrica (subárea H), onde é serrada a ponta do tubo onde tem a rosca danificada e de lá é encaminhado para o galpão de tornearia (Apêndice C, subárea I), onde a rosca é reaberta. Após reaberta a rosca o tubo é encaminhado para a área de lavagem de tubos com bomba de média pressão (subárea J) para que sejam retiradas as limalhas de ferro. Na inspeção visual também observa-se o estado da luva do tubo. Caso não esteja em condições de uso, o tubo é encaminhado para a área de troca de luvas (Apêndice D, subárea G) para efetuar a sua troca e, de lá, é encaminhado para o estoque (subárea K). A área de lavagem de tanques e equipamentos de sonda (subárea L) não faz parte do processo de manutenção e inspeção de tubos de produção.

Nesta área, também existem os Galpões de revestimento interno dos tubos (subáreas M e N), onde é colocado revestimento interno nos tubos de produção. Mas estas atividades também não fazem parte do processo de manutenção e inspeção de tubos, ou seja, são atividades à parte.

#### **4.1.3 Entradas e saídas ao longo do processo**

De acordo com as operações de manutenção e inspeção de tubos de produção, descritas no subitem 4.1.2, é possível criar o Quadro 9 com as operações e as suas precedentes, simbolizadas com letras. Conforme as atividades descritas no Quadro 9, entradas e saídas podem ser visualizadas ao longo de toda a operação, tornando-se possível criar o Quadro 10, com a distribuição das entradas (recursos a serem transformados e recursos transformadores) e saídas ao longo do processo de produção. Todos estes recursos combinados formam o processo de transformação

**Quadro 9 – Operações e as relações de precedência.**

Processo	Descrição	Precedência
A	Espera para entrar no processo	---
B	Lavagem com injeção de vapor e hidrojateamento	A
C	Gabaritagem de tubos	B
D	Espera para inspeção eletromagnética	C
E	Inspeção eletromagnética	D
F	Inspeção visual	E
G	Troca de luvas	F
H	Serrar elétrica	F
I	Reabertura de rosca nos tornos	H
J	Lavagem sob média pressão	I
K	Estoque	C, F, G ou J

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

**Quadro 10 – Entradas e saídas ao longo do processo de manutenção e inspeção de tubos de produção**

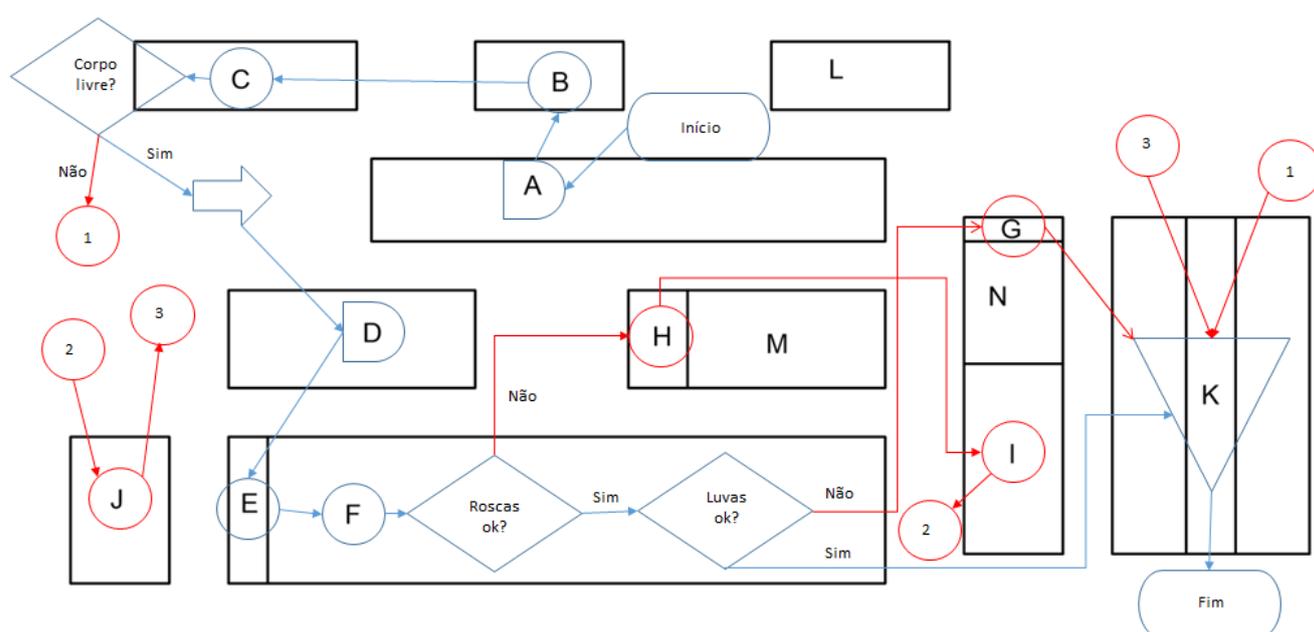
Operações (processos de transformação)	Entradas (inputs)		Saídas (outputs)
	Recursos a serem transformados	Recursos de transformação	
A	Tubos usados provenientes dos poços	Máquinas que retiram os tubos das caixas de transporte e seus operadores	Tubos organizados e separados por poço
B	Tubos usados provenientes do estaleiro de espera	Máquina de injeção de vapor e hidrojateamento, seus operadores, galpão de lavagem	Tubos parcialmente limpos e resíduos de óleo
C	Tubos limpos	Máquina de gabaritagem, seus operadores e o galpão onde é feita esta atividade.	Tubos classificados como sucata e tubos em condições para escoar fluidos.
D	Tubos em condições para escoar fluidos	Máquinas de transporte de tubos, seus operadores e estaleiro de espera	Tubos em condições para escoar fluidos
E	Tubos em condições para escoar fluidos	Máquinas de inspeção eletromagnética, instrumentos de ultrassom, seus operadores e galpões	Tubos com marcações de falhas.
F	Tubos com marcações de falhas	Inspetores de luvas, inspetores de rosca, galpões, estaleiros e informações de onde existem falhas nas paredes dos tubos	Tubos classificados de acordo com as falhas nas paredes e sua espessura, tubos com roscas danificadas e com luvas danificadas
G	Tubos com as luvas danificadas	Chave hidráulica para troca de luvas, seu operador e galpão de troca de luvas	Tubos com luvas novas
H	Tubos com roscas danificadas provenientes da inspeção visual	Serra elétrica, seu operador e estaleiros	Tubos com as pontas serradas e resíduos de materiais ferrosos
I	Tubos com pontas serradas	Tornos, seus operadores, estaleiros e galpão onde ficam os tornos	Tubos com roscas recuperadas
J	Tubos com roscas recuperadas	Lavador de tubos, pistola de lavagem e estaleiros	Tubos limpos e resíduos de material ferroso
K	Tubos considerados sucata no processo de gabaritagem, tubos classificados e liberados na inspeção eletromagnética, tubos com roscas recuperadas e limpas e tubos com luvas novas	Máquinas para carregar tubos, seus operadores, informações de classificação dos tubos e estaleiros	Tubos carregados em carretas para os poços, tubos carregados por empresas que arrematam, em leilões, as sucatas

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

#### 4.1.4 Mapeamento do processo produtivo

Com o Quadro 9, é possível criar um mapofluxograma das atividades do processo de manutenção e inspeção de tubos de produção, classificado como processo em linha, já que a produção é elevada e os produtos são padronizados, com máquinas e operadores especialistas. O mapofluxograma é mostrado na Figura 14.

**Figura 14 – Mapofluxograma funcional dos processos de manutenção e inspeção de tubos de produção**



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

## 4.2 Análise do Processo, do Arranjo Físico e Rastreamento de Falhas

Nesta subseção será feita uma análise do processo de manutenção e inspeção de tubos de produção e do seu arranjo físico. Serão rastreadas falhas decorrentes tanto da estrutura do processo produtivo como do arranjo físico atual.

### 4.2.1 Análise do processo

Na Desparafinação ocorre o processamento em linha, em média, de 2000 tubos de produção por semana, sendo que o tempo de trabalho por dia é de oito

horas e a manutenção e inspeção só ocorre de segunda a sábado, ou seja, seis dias por semana.

O Quadro 11 mostra os tempos padrões dos processos segundo as planilhas do acompanhamento das operações da Petrobras. Neste mesmo quadro estão os cálculos do conteúdo de trabalho e o tempo de ciclo com a quantidade de centros de trabalho para a operação.

**Quadro 11 – Operações com seus respectivos tempos padrões**

Processo	Descrição	Precedências	Tempo padrão (min)
A	Limpeza de tubos com injeção de vapor e hidrojetato	---	1,10
B	Gabaritagem de tubos	A	0,31
C	Inspeção eletromagnética	B	0,70
D	Inspeção Visual	C	0,72
E	Troca de Luvas	D	0,54
F	Serrar ponta do tubo	D	0,32
G	Abertura de rosca	F	0,95
H	Lavagem com média pressão	G	0,37
Conteúdo do trabalho			5,005
produção / semana			2000
TD			2880
tempo de ciclo			1,44
Qtd de estações			3,48

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

#### 4.2.2 Análise do Arranjo Físico

Observando os mapofluxogramas da Figuras 14, pode-se observar que o arranjo físico atual é celular e funcional, pois foi formulado para ocorrer processamento de apenas um tipo de produto, em diversas células com equipamentos de funções diferentes. Pode-se observar, também, que o processo flui de maneira desorganizada.

As estações de trabalho possuem suas áreas de trabalho (m<sup>2</sup>) conforme o Quadro 12.

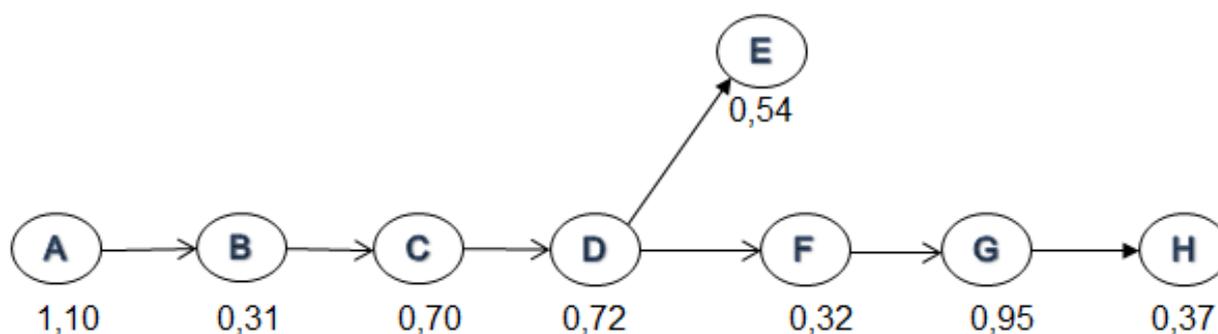
**Quadro 12 – Áreas necessárias por estação de trabalho.**

Subárea	Descrição	Área necessária (m <sup>2</sup> )
A	Galpão de limpeza de tubos com injeção de vapor e hidrojato	400
B	Galpão de gabaritação de tubos	420
C	Galpão de inspeção eletromagnética	280
D	Galpão com estaleiros para inspeção visual	1200
E	Área de troca de luvas	150
J	Área da serra elétrica	100
K	Área de tornearia	560
L	Área de lavagem de tubos com bomba de média pressão	250

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Na Figura 15 é ilustrado o diagrama de precedências da operação e os cálculos de tempo ocioso e eficiência (43,49%) de acordo com os códigos do Quadro 11.

**Figura 15 – Diagrama de precedências do processo de manutenção e inspeção de tubos de produção.**

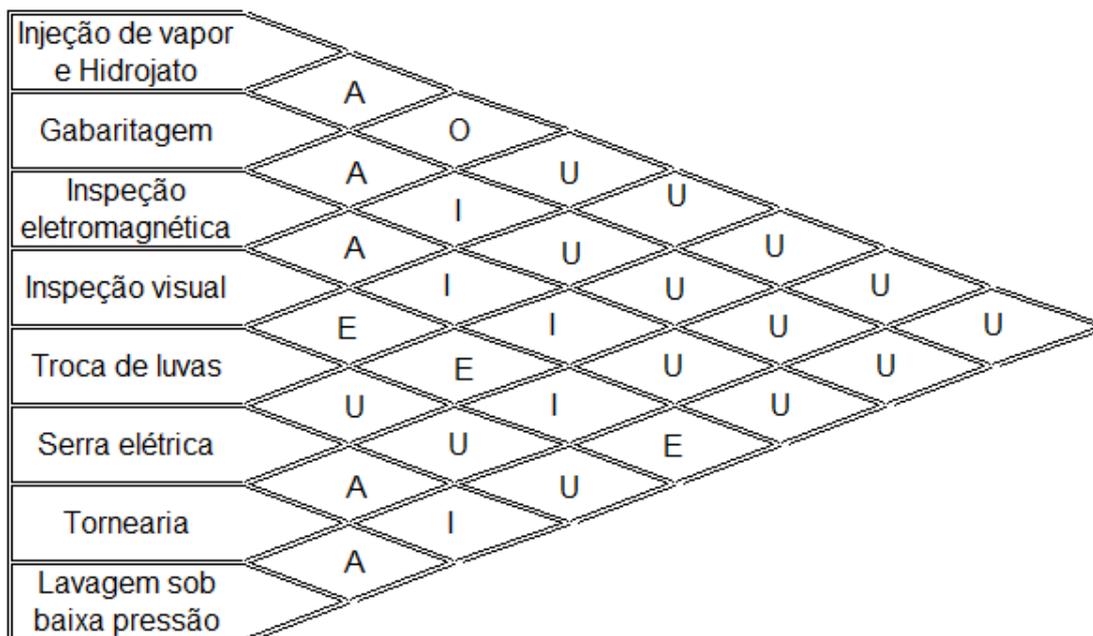


Tempo ocioso =	6,51
% tempo ocioso =	56,51%
Eficiência =	43,49%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Na Figura 16 está ilustrado o diagrama de relacionamentos entre os postos de trabalho (PT's).

**Figura 16 – Diagrama de relacionamentos**



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

#### 4.2.3 Rastreamento de falhas

Uma falha pode ser observada na Figura 13 tendo em vista o diagrama de relacionamentos da Figura 16. Nem a proximidade desejável entre os postos de trabalho da tornearia e da serra elétrica, nem a proximidade entre o galpão de lavagem sob média pressão e a tornearia, ocorrem. Com isso, tem-se um fluxo desordenado de materiais, o que aumenta, principalmente, o tempo e o custo do deslocamento do produto de um posto para outro.

Outra falha no processo é a ausência de um balanceamento na linha de produção. Como o processo é em linha, um balanceamento desta linha poderia otimizar os custos de produção juntamente com a reorganização do layout.

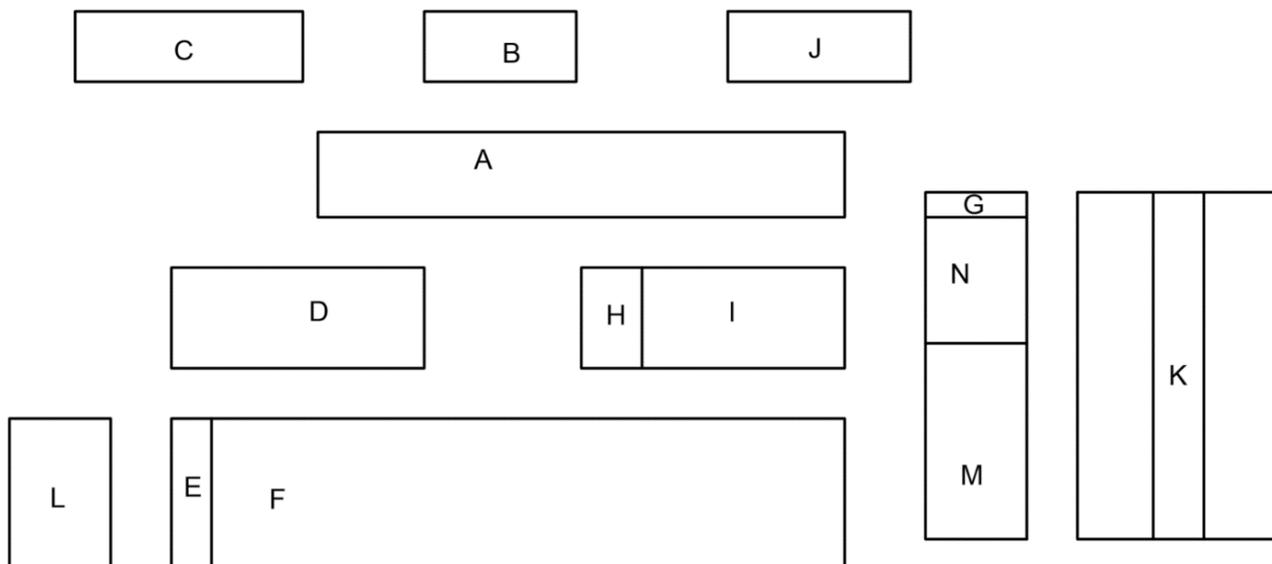
Quanto aos tipos de arranjo físico, a distribuição é correta, pois não há conflitos entre o tipo de processo e os tipos de arranjo físico.

#### 4.3 Propondo Melhorias para o Processo e para o Arranjo Físico

Primeiramente pode-se reorganizar o layout de modo que melhore o fluxo de materiais. A primeira sugestão é a permuta de lugar entre a área de lavagem de tubos sob média pressão (subárea J) e a área de lavagem de tanques e

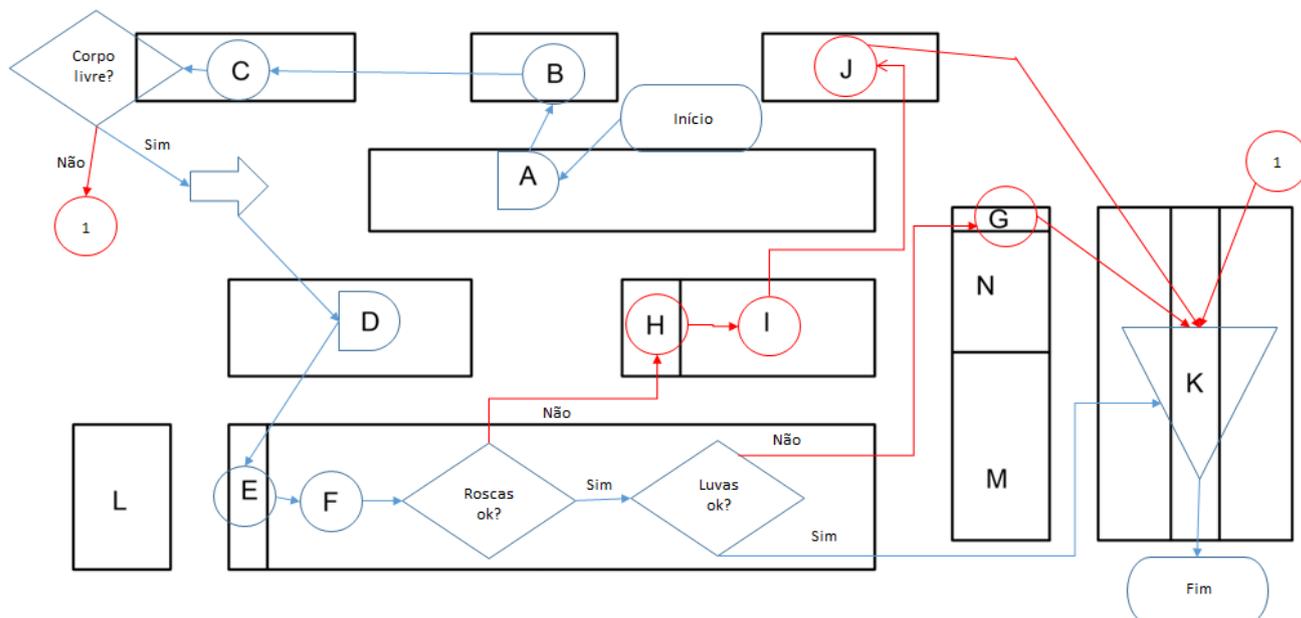
equipamentos de sondas (subárea L). Outra sugestão é a permuta entre o galpão de tornearia (subárea I) e o galpão de revestimento interno de tubos 1 (subárea M).

**Figura 17 – Reorganização do layout.**



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

**Figura 18 – Mapofluxograma com as mudanças propostas.**



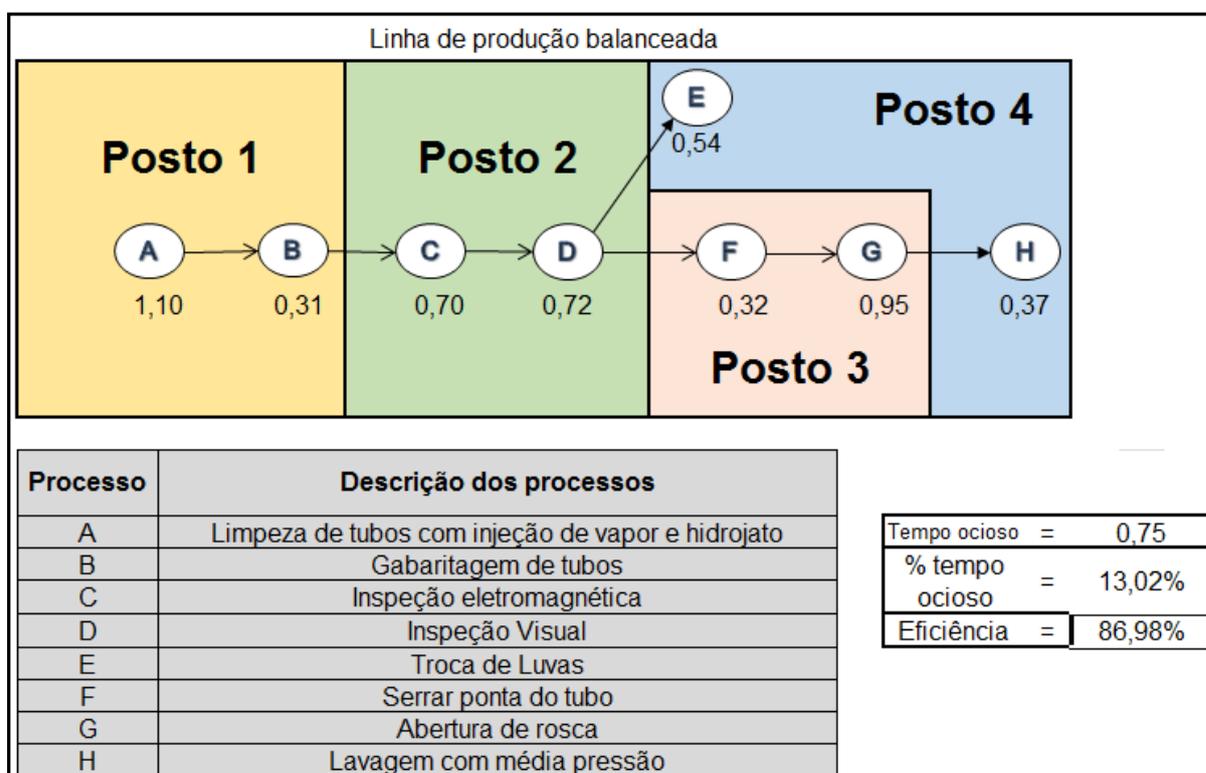
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A reorganização do layout está exposta na Figura 17. O mapofluxograma resultante dessas mudanças está ilustrado nas Figuras 18. Os códigos dessas figuras estão descritos no Quadro 9.

Por fim, outra sugestão é o balanceamento da linha de produção. De acordo com as informações expostas no Quadro 12 e na Figura 15, é possível calcular o balanceamento de linha. Na Figura 19, são expostos o balanceamento de linha, os

resultados de tempo ocioso e eficiência (86,98%) e uma legenda dos processos contidos nele.

**Figura 19 – Linha balanceada**



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

#### 4.4 Acatamento das Sugestões

Nesta subseção será exposto o que foi acatado das sugestões propostas na subseção 4.3, a avaliação dos resultados obtidos e justificativas.

##### 4.4.1 Mudança no layout do processo

Esta sugestão foi acatada pelo setor estudado, pois apenas envolveu mudanças de localização de estaleiros e poucas máquinas, o que gerou pouco custo para a empresa.

De acordo com a mudança no layout, proposta na Figura 18, pode-se observar a melhora no fluxo do processo, principalmente quando os tubos saem do galpão da tornearia e se dirigem ao galpão da lavagem sob média pressão. Houve

uma redução de 49,5 % da distância percorrida na movimentação dos tubos de produção, conforme é mostrado no Quadro 13.

**Quadro 13 – Ganhos com a reorganização do layout.**

Quantidade de movimentações por semana		Movimentação no layout anterior		Movimentação no layout reorganizado	
DE-PARA	Movimentações	Distância (m)	Tempo gasto (h)	Distância (m)	Tempo gasto (h)
A - B	210	15	0,15	15	0,15
B - C	210	20	0,022	20	0,022
C - D	210	50	0,055	50	0,055
D - E	210	30	0,040	30	0,040
E - F	210	0	0,000	0	0,000
F - G	43	145	0,170	145	0,170
F - H	115	50	0,053	50	0,053
F - K	55	280	0,320	280	0,320
G - K	43	60	0,075	60	0,075
H - I	115	95	0,120	0	0,000
I - J	115	360	0,440	100	0,130
J - K	115	600	0,540	200	0,250

Layout anterior	Total tempo gasto com as máquinas (h)	216,80
	Total distância percorrida com as máquinas (m)	175.440,00
Layout reorganizado	Total tempo gasto com as máquinas (h)	134,00
	Total distância percorrida com as máquinas (m)	88.615,00

**Redução de  
86.825 m (49,5%)  
percorridos e de  
82,8 h (38,2 %)  
gastas.**

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os ganhos mostrados no Quadro 13 são relativos à movimentação de materiais com os veículos denominados *dentão* (Apêndice E), que consistem em máquinas pá carregadeiras adaptadas com dois dentes que servem de suporte para os tubos. Os custos envolvidos nesta movimentação são cobrados por hora pela empresa contratada responsável. Os ganhos em horas (38,2%) também estão apresentados no Quadro 13.

#### 4.4.2 Balanceamento da linha

Caso ocorresse o balanceamento, haveria um aumento significativo da eficiência do processo, passando de 43,49% para 86,98%, pois iria otimizar o tempo

gasto no processo, utilizando o mínimo de recursos. Mas, como o contrato com a empresa que presta esse serviço à Petrobras no Parque da Desparafinação ainda está na metade do seu período, aproximadamente, fica inviável realizar a mudança nos postos de trabalho de modo que a linha fique balanceada. Pois isso iria acarretar em um desvio da função de alguns colaboradores, o que não ficaria de acordo com o contrato.

## 5 CONCLUSÃO

Neste estudo de caso foi explicitado todo o procedimento de manutenção e inspeção de tubos de produção do Parque da Desparafinação de Carmópolis/SE. Foi feito o mapeamento do processo estudado, juntamente com a análise do arranjo físico atual, o que tornou possível a verificação das falhas no fluxo dos materiais e na distribuição dos espaços físicos onde ocorrem as atividades.

O fato de a Desparafinação ter crescido, bastante, sem planejamento em relação ao fluxo do processo é o que findou trazendo certos prejuízos por movimentação desnecessária e por conta da distribuição do arranjo físico incorreto.

Portanto, foi proposta e implantada a modificação da localização de algumas instalações através de um estudo detalhado do processo e do arranjo físico que seria melhor empregado para a situação. Foi proposto, também, um balanceamento da linha de manutenção e inspeção de tubos de produção, que não pôde ser aplicado devido à inviabilidade financeira no momento.

Contudo, mesmo sem o balanceamento de linha ter sido aplicado, o objetivo geral deste estudo foi atingido, pois houve uma redução substancial na movimentação dos materiais ao longo do processo de manutenção e inspeção de tubos de produção.

O autor contou com a grande ajuda do Eng<sup>o</sup> Civil da Desparafinação, Jorge Luiz, que o orientou, fornecendo informações valiosas, como a planta da área, que foi necessária para o estudo do arranjo físico. O autor contou com grande ajuda, também, do corpo docente de graduação e pós graduação da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe (FANESE), como os professores Kléber e Éverton, nos quesitos de teoria e metodologia do desenvolvimento do estudo de caso.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, Luis César G. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional**: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total e reengenharia. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações**: Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

KRAJEWSKI, Lee; MALHORTA, Manoj; RITZMAN, Larry P. **Administração de Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MULLER, Guilherme Luiz; DIESEL, Letícia; SELLITTO, Miguel Afonso. **Análise de processos e oportunidades de melhorias em uma empresa de serviços**. São Leopoldo, 2010. Disponível em <  
<http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/241/716>> Acesso em 10 maio 2015.

MUTHER, Richard. **Systematic Layout Planning**. Boston, CBI Publishing Company, 1961.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças. **Sistemas, Organização e Métodos**: uma abordagem gerencial. 20. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da Produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007.

ROSA, Gilson Pires; CRACO, Tânia; REIS, Zaida Cristiane; NODARI, Cristine Hermann. **A reorganização do layout como estratégia de otimização da produção**. Bauru, 2014. Disponível em <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1126/583>> Acesso em 10 maio 2015.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. Tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

STEVENSON, William J. **Administração das operações de produção**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual do planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

UBIRAJARA, Eduardo. **Guia de orientação para trabalhos de conclusão de curso: Relatórios, artigos e monografias**. Aracaju: FANESE, 2013a. (caderno)

UBIRAJARA, Eduardo. **Tirando dúvidas sobre trabalhos acadêmicos: do relatório de estágio supervisionado à monografia**. Aracaju: FANESE, 2013b. (caderno)

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A – Local de injeção de vapor



## APÊNDICE B – Máquina de inspeção eletromagnética



## APÊNDICE C – Tornearia para reabertura de roscas



## APÊNDICE D – Chave hidráulica para troca de luvas



## APÊNDICE E – Máquina de transporte de tubos (dentão)



## **ANEXOS**

## ANEXO A – Página da intranet da Petrobrás, de onde foram tiradas informações sobre ela.

Portal Petrobras

portalpetrobras.petrobras.com.br/PetrobrasPortal/appmanager/portal/desktop?\_nfpb=true&\_pageLabel=petr\_landing\_lista\_outros\_a.petrobras&idConte=

Google

Conecte - Minha Rede [Exclur X](#)

Para interagir no Portal Petrobras com sua conta do Conecte, clique para conceder acesso.

Lista de Vídeos [Exclur X](#)

+ Adicionar item

Indicadores [Exclur X](#)

+ Adicionar item

Cotação de Moedas [Exclur X](#)

	Compra	Venda
<b>Dólar</b>		
Com.	3,7000	3,7010
Paralelo	3,7333	3,8967
Turismo	3,7300	3,8630
<b>Outras</b>	<b>Compra</b>	<b>Venda</b>
Euro	3,9430	3,9450
Libra	5,64800	5,65130
Yen	0,030300	0,030320

Fonte: Agência Estado  
Desenvolvido por: FINANSITE

Exclur X

Mais Visitados

Dados Cadastrais

**Apresentação**



Marca da por uma trajetória de superação de desafios que conduziu a companhia a avanços tecnológicos significativos, como a conquista da liderança em exploração e produção de petróleo em águas profundas e a descoberta de óleo e gás na camada pré-sal, a Petrobras é hoje a maior companhia da América Latina.

Empresa integrada de energia, atua de forma rentável com responsabilidade social e ambiental, buscando a eficiência nos processos e produtos. Está presente em 27 países, além de manter atividades na maior parte dos estados do Brasil, e tem ações negociadas nas principais bolsas de valores do mundo.

Sociedade anônima de capital aberto que tem como acionista majoritário o governo do Brasil, a Petrobras atua nos seguintes setores: exploração e produção, refino, comercialização e transporte de óleo e gás natural, petroquímica, distribuição de derivados, energia elétrica, biocombustíveis e outras fontes renováveis de energia.

Várias dessas atividades são desenvolvidas pelas cerca de 300 subsidiárias, coligadas e controladas, que compõem o Sistema Petrobras, tendo a Petrobras S.A. como controladora. Esse grupo de empresas está distribuído por diferentes regiões do Brasil e localidades no exterior. A companhia também tem participação em negócios com diversas outras empresas, dentro de fora do país.

**Evolução Histórica**

Criada em 3 de outubro de 1953 pelo então presidente Getúlio Vargas, a companhia vem, desde então, contribuindo sistematicamente para o desenvolvimento do país. Do salto tecnológico que representou a exploração em águas profundas à descoberta das imensas reservas de óleo e gás na camada pré-sal, passando pela conquista da autossuficiência, a Petrobras impulsiona o crescimento do país por cinco décadas.

Uma história escrita dia a dia pelo empenho de sua força de trabalho, habituada a superar desafios, e que se confunde, desde o início, com a história do país e dos brasileiros. Afinal, foi uma campanha popular iniciada em 1946 – O petróleo é nosso – que resultou no surgimento da Petrobras sete anos depois.

PT 07:38 25/11/2015