

Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas

**DIRETIVAS INFLUENCIADAS PELO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO
PARA CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL**

Zenilda Alexandria Taniguti

2017

**DIRETIVAS INFLUENCIADAS PELO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO
PARA CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL**

Zenilda Alexandria Taniguti

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

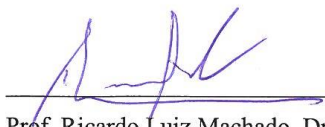
Orientador: Prof. Ricardo Luiz Machado, Dr.

Goiânia
Agosto, 2017

**DIRETIVAS INFLUENCIADAS PELO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO
PARA CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL**

Zenilda Alexandria Taniguti

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás em março de 2017.



Prof. Ricardo Luiz Machado, Dr.

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas

Banca Examinadora:



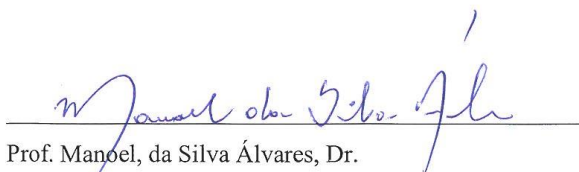
Prof. Ricardo Luiz Machado, Dr.

Orientador



Prof. Tatiana Gohdim do Amaral, Dra.

Examinadora Externa



Prof. Manoel, da Silva Álvares, Dr.

Examinador Interno

GOIÂNIA – GOIÁS
AGOSTO, 2017

T164 Taniguti, Zenilda Alexandria
Diretivas influenciadas pelo Sistema Toyota de Produção
para concepção do projeto de arquitetura fabril[manuscrito]/
Zenilda Alexandria Taniguti.-- 2017.
127 f.; 30 cm

Texto em português com resumo em inglês
Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica
de Goiás, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu
em Engenharia de Produção e Sistemas , Goiânia, 2017

Inclui referências f.113-119

1. Engenharia de produção. 2. Arquitetura industrial.
3. Arquitetura - Projetos. 4. Produção enxuta. I.Machado,
Ricardo Luiz. II.Pontifícia Universidade Católica
de Goiás. III. Título.

CDU: 658.511.5:725.1(043)

改善

kaizen

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Gelim e Zeni Alexandria e
meus sogros Chirochi e Simicó Taniguti.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Ricardo Luiz Machado, por seu apoio e amizade, além da sua dedicação, competência e especial atenção nas revisões e sugestões.

Ao meu esposo Marcelo Taniguti e meu filho Kenzo Taniguti.

À minha família e, em especial, minha irmã e designer, Genilda, pelas conversas, feedbacks e conselhos.

Aos demais professores do Programa MEPROS que contribuíram com minha formação e ao secretário do mestrado, Sr. Ernani Vaz, pelo excelente e educado atendimento.

Aos amigos e colegas de mestrado, em especial à minha amiga da adolescência, Regina Duarte Ribeiro Melo, pelo apoio e companheirismo incondicional, à nova amiga do coração, Tássia Zanutto Mendes, pela amizade e alegria contagiante, e ao exemplar colega Agamenon Lima do Vale.

Ao Lio Hospital de Olhos pela oportunidade de um relevante trabalho de arquitetura que se tornou um apoio para cumprir com as obrigações financeiras deste mestrado.

Aos professores Marta Pereira da Luz, Tatiana Gondim do Amaral e Manoel da Silva Álvares, que aceitaram compor minha banca de qualificação e de defesa.

À Pró-reitora de Graduação Profa. Sônia Margarida Gomes Sousa e à minha Coordenadora (CPAC/PROGRAD) Ivana Martelli, pelo apoio e incentivo constante pelo meu aperfeiçoamento profissional.

Agradeço também a todos os profissionais que se dispuseram a serem entrevistados, disponibilizando seus conhecimentos e experiências em favor desta pesquisa.

A todos o meu sincero e profundo **Muito Obrigada!**

“Atingir uma meta não significa que você concluiu algo. Metas são apenas ferramentas para aproveitar o potencial das pessoas. Quando você atingir uma meta, eleve o padrão para a próxima”.

Taiichi Ohno

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo elaborar diretrizes influenciadas pelos princípios de gestão do Sistema Toyota de Produção (TPS) para a concepção do projeto de arquitetura fabril. O propósito é contribuir na elaboração do projeto de arquitetura fabril com orientações baseadas nos resultados positivos do TPS. A abordagem metodológica escolhida para o desenvolvimento deste trabalho foi a *Design Science Research Methodology* (DSRM), direcionada para pesquisas tecnológicas. A pesquisa explicita que a gestão da produção é baseada em princípios que necessitam de uma correta organização do espaço, do estudo e de metodologias na concepção dos projetos de arquitetura dos edifícios fabris. Além disso, o trabalho considera a possibilidade do espaço físico projetado em contribuir com soluções para as demandas organizacionais e facilitar a aplicação do sistema produtivo. A pesquisa é subsidiada nas relações dos princípios norteadores do TPS e nas complexidades dos projetos fabris. Com a aplicação da DSRM, primeiro é realizada uma revisão teórica sobre o edifício fabril e os mais relevantes princípios do TPS. Em seguida, uma análise da relação dos dois conceitos a partir de um mapa conceitual estabelece o *design* e o desenvolvimento de uma proposta de Diretrizes de Arquitetura fabril Toyota (DAFT). Em um terceiro momento, este conjunto de diretrizes é submetido ao olhar de oito *experts* atuantes na área da arquitetura e industrial, por meio de entrevistas semiestruturadas. Esta avaliação, em um quarto momento, permite o refinamento do conjunto de 14 diretrizes (DAFT) para apresentação final. Na discussão das diretrizes pelos *experts* entrevistados, as opiniões fazem a ligação da gestão da produção com a necessidade do estudo do espaço fabril como um todo, de forma interativa. Em todos os momentos fica evidenciado que a complexidade dos projetos e das instalações fabris exige metodologias de estudo específicas para solucionar os problemas organizacionais. Como resultados da pesquisa também foram obtidas evidências de que as diretrizes advindas das ferramentas do TPS, em sua maioria, podem ser aplicadas em projetos industriais diversos, considerando que alguns *experts* trabalham com outros sistemas e as consideraram pertinentes. Desta forma, as DAFT podem representar aos desafios organizacionais uma possível proposta de discussão para auxiliar na tomada de decisões em todas etapas da concepção do projeto de arquitetura fabril.

Palavras-chave: Sistema Toyota de Produção (TPS), Arquitetura industrial, Projeto de arquitetura.

ABSTRACT

This research aims to elaborate directives influenced by the principles of management of the Toyota Production System (TPS) for the design of the industrial architecture project. The purpose is to contribute with the elaboration of the factory architecture project using orientations based on the positive results of TPS. The methodological approach chosen for the development of this dissertation was the Design Science Research Methodology (DSRM), directed to technological research. The research explains that the production management is based on principles that need a correct organization of the space, study and methodologies in the design of the architecture projects of the factory buildings. In addition, the work considers the possibility of the designed physical space to contribute with solutions to the organizational demands and to facilitate the application of the productive system. The research is focused in the relations between the guiding principles of the TPS and the complexities of the factory projects. With the application of DSRM, at first a theoretical review on the factory building and the most relevant principles of the TPS is carried out. Then an analysis of the relationship of the two concepts from a conceptual map establishes the design and development of a proposed Toyota Architecture Directive (DAFT). In a third moment, this set of directives is submitted to the eyes of eight experts working in the area of architecture and industry, through semi-structured interviews. This evaluation allows the refinement of the set of 14 directives (DAFT) for final presentation. In the discussion of the directives by the experts interviewed the opinions link the production management with the need to study the factory space as a whole, in an interactive way. At all times, it is evident that the complexity of projects and manufacturing facilities requires specific study methodologies to solve organizational problems. As a result of the research, we also obtained evidence that the directives from the TPS tools, for the most part, can be applied in several industrial projects, considering that some experts work with other systems and considered them relevant. In this way, the DAFT can represent to the organizational challenges a possible discussion proposal to assist in the decision making in all stages of the design of the industrial architecture project.

Keywords: Toyota Production System (TPS). Industrial Building. Architectural design.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 PROBLEMÁTICA DA PESQUISA | 17 |
| 1.2 OBJETIVOS | 19 |
| 1.2.1 Objetivo Geral | 19 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 19 |
| 1.3 SÍNTESE DA METODOLOGIA DE PESQUISA | 19 |
| 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO | 20 |
| CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 21 |
| 2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (TPS) | 21 |
| 2.1.1 Os princípios do Sistema de Produção Toyota | 23 |
| 2.2 O EDIFÍCIO INDUSTRIAL | 33 |
| 2.2.1 Histórico | 33 |
| 2.2.2 O projeto arquitetônico fabril | 34 |
| CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA..... | 46 |
| 3.1 INTRODUÇÃO | 46 |
| 3.2. OBJETO DE ESTUDO | 46 |
| 3.3 ETAPAS DE PESQUISA | 47 |
| 3.3.1 INSTRUMENTOS DA PESQUISA | 55 |
| 3.3.2 APRESENTAÇÃO DO MAPA CONCEITUAL | 55 |
| CAPÍTULO 4 – PROPOSTA DAFT | 62 |
| 4.1 PROPOSTA DE DIRETIVAS INFLUENCIADAS PELO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO PARA A CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL .. | 62 |
| 4.1.1 Filosofia | 62 |
| 4.1.2 Processo | 65 |
| 4.1.3 Sistema puxado | 72 |
| 4.1.4 Carga de trabalho nivelada | 73 |
| 4.1.5 Qualidade desejada | 74 |
| 4.1.6 Padronização | 74 |
| 4.1.7. Comunicação visual | 75 |
| 4.1.8 Tecnologia confiável e testada | 76 |
| 4.1.9 Pessoas e parceiros | 77 |
| 4.1.10 Pessoas e equipes | 77 |
| 4.1.11 Rede de parceiros | 77 |
| 4.1.12 Solução de problemas | 78 |
| 4.1.13 Tomar decisões por consenso | 78 |
| 4.1.14 Tornar uma organização de aprendizagem e reflexão | 79 |
| 4.2 UMA ANÁLISE DE UMA FÁBRICA DA TOYOTA | 80 |
| 5.1 APRESENTAÇÃO, AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DA PROPOSTA DAFT | 85 |
| 5.1.1 As entrevistas | 85 |
| 5.1.2 Relação dos experts | 86 |
| 5.2 AVALIAÇÃO DO MODELO DAFT | 87 |
| 5.2.1 Resultados e discussão da pesquisa | 87 |
| 5.2.1.1 Diretiva 1 | 87 |
| | 89 |
| 5.2.1.2 Diretiva 2 | 89 |
| 5.2.1.3 Diretiva 3 | 94 |
| 5.2.1.4 Diretiva 4 | 95 |
| 5.2.1.5 Diretiva 5 | 95 |
| 5.2.1.6 Diretiva 6 | 96 |

| | |
|--|------------|
| 5.2.1.7 Diretiva 7 | 96 |
| 5.2.1.8 Diretiva 8 | 97 |
| 5.2.1.9 Diretiva 9 | 98 |
| 5.2.1.10 Diretiva 10 | 98 |
| 5.2.1.12 Diretiva 12 | 100 |
| 5.2.1.13 Diretiva 13 | 100 |
| 5.2.1.14 Diretiva 14 | 101 |
| 5.3 SÍNTESE DA AVALIAÇÃO DAS DIRETIVAS | 101 |
| 5.3.1 Apresentação da proposta final de diretivas | 106 |
| CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 109 |
| 6.1 CONCLUSÕES | 109 |
| 6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 112 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 113 |
| APÊNDICE A - Protocolo de pesquisa para experts em edifícios fabris. | 120 |
| APÊNDICE B - Proposta de Diretivas influenciadas pelo Sistema Toyota de Produção para a concepção do projeto de arquitetura (TPS)..... | 121 |
| APÊNDICE C - Termo de confidencialidade..... | 125 |
| APÊNDICE D - Termo de consentimento livre e esclarecido..... | 126 |
| APÊNDICE E – Mapa Conceitual..... | 127 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 - Casa do Sistema Toyota de Produção elaborada por Fujio Cho..... | 23 |
| Figura 2 - Padrão de layout celular..... | 28 |
| Figura 3 - Modelo de relatório A3..... | 31 |
| Figura 4 - Campus Industrial Flextronics, Sidônio Porto, Sorocaba, SP, 2001..... | 37 |
| Figura 5 - Implantação esquemática da Fábrica Natura, Cajamar (1996)..... | 38 |
| Figura 6 - Possibilidades de montagem modular (ARMILLA)..... | 40 |
| Figura 7 - Diagrama de montagem de lajes industriais | 41 |
| Figura 8 - Modelo ARMILLA..... | 42 |
| Figura 9 - Fábrica da Ford em Highland Park, Detroit (1910)..... | 45 |
| Figura 10 - Interior da fábrica da Ford em Highland Park, Detroit (1910)..... | 45 |
| Figura 11 - Etapas da DSRM para desenvolvimento da DAFT | 48 |
| Figura 12 - DAFT (Diretivas de Arquitetura Fabril Toyota). | 50 |
| Figura 13 - Mapa conceitual para estudo da proposta DAFT..... | 56 |
| Figura 14 - Três elementos da Arquitetura fabril. | 67 |
| Figura 15 - Implantação da fábrica da Toyota Motor Hokkaido, Inc..... | 81 |
| Figura 16 - Floresta da fábrica Toyota Motor Hokkaido..... | 83 |
| Figura 17 - Avaliação percentual das diretivas pelos <i>experts</i> | 104 |
| Figura 18 - Síntese da avaliação das diretivas pelos dois grupos de <i>experts</i> (DAFT) . | 104 |
| Figura 19 - Síntese da avaliação das diretivas pelo grupo de arquitetos <i>experts</i> em projetos fabris (DAFT) | 105 |
| Figura 20 - Síntese da avaliação das diretivas pelo grupo de <i>experts</i> da área produtiva fabril (DAFT) | 105 |
| Figura 21 - Fluxo de avaliação das Diretivas pela pesquisa..... | 106 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| Quadro 1 - Os 14 princípios de gestão do TPS descritos por Liker (2005)..... | 24 |
| Quadro 2 - Sete princípios para análise dos processos (2P)..... | 25 |
| Quadro 3 - Três princípios para análise das pessoas/parceiros (3P)..... | 26 |
| Quadro 4 - Três princípios para análise dos problemas (4P)..... | 26 |
| Quadro 5 - Programa 5S (cinco sentidos) | 27 |
| Quadro 6 - Desperdícios considerados no TPS | 32 |
| Quadro 7 - Definições de Projeto | 35 |
| Quadro 8 - Divisão do projeto em etapas (NBR 13531) | 36 |
| Quadro 9 - Classificação das edificações industriais..... | 39 |
| Quadro 10 - Formas de disposição dos edifícios dentro do complexo fabril | 43 |
| Quadro 11 - Diretrizes de Albert Kahn para o edifício fabril..... | 44 |
| Quadro 12 - Perfil dos <i>experts</i> da área Fabril..... | 52 |
| Quadro 13 - Perfil dos <i>experts</i> da área de Arquitetura | 53 |
| Quadro 14 - Síntese do mapa conceitual (1P) | 57 |
| Quadro 15 - Síntese do mapa conceitual (2P) | 58 |
| Quadro 16 - Síntese do mapa conceitual (3P). | 60 |
| Quadro 17 - Síntese do mapa conceitual (4P) | 60 |
| Quadro 18 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a diretiva 1 (4 recomendações) | 87 |
| Quadro 19 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a diretiva 2 (11 recomendações) .. | 90 |
| Quadro 20 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a diretiva 3 (2 recomendações) | 94 |
| Quadro 21 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a diretiva 4 (1 recomendação)..... | 95 |
| Quadro 22 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a diretiva 5 (1 recomendação)..... | 96 |
| Quadro 23 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a diretiva 5 (1 recomendação)..... | 96 |
| Quadro 24 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a Diretiva 7 (1 recomendação) | 97 |
| Quadro 25 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a Diretiva 8 (1 recomendação) | 97 |
| Quadro 26 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a Diretiva 9 (1 recomendação) | 98 |
| Quadro 27 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a Diretiva 10 (1 recomendação) ... | 99 |
| Quadro 28 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a Diretiva 11 (1 recomendação) ... | 99 |
| Quadro 29 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a diretiva 12 (1 recomendação).. | 100 |
| Quadro 30 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a Diretiva 13 (1 recomendação) . | 100 |
| Quadro 31 - Síntese das opiniões dos <i>experts</i> sobre a Diretiva 14 (1 recomendação) . | 101 |
| Quadro 32- Quadro de avaliação das Diretivas DAFT..... | 102 |
| Quadro 33 - Proposta Final de Diretivas (DAFT) | 106 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
- BIM – *Building Information Modeling*
- CBMGO – Corpo de Bombeiro Militar de Goiás
- CD – Centro de Distribuição
- DAFT- Diretivas de Arquitetura Fabril Toyota
- DSRM - *Design Science Research Methodology*
- EP – *Expert* Produção
- EP1 – *Expert* Produção 1
- EP2 – *Expert* Produção 2
- EP3 – *Expert* Produção 3
- EP 4 – *Expert* Produção 4
- EA – *Expert* Arquiteto
- EA1 – *Expert* Arquiteto 1
- EA2 – *Expert* Arquiteto 2
- EA3 – *Expert* Arquiteto 3
- EA4 – *Expert* Arquiteto 4
- HQE – *Haute Qualité Environnementale* (Alta Qualidade Ambiental)
- IHMC – *Institute for Human & Machine Cognition* da Universidade da Flórida (EUA)
- JIT – *Just-in-time*
- LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design* (Liderança em Energia e Desenho Ambiental)
- LP – *Lean Production*
- MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor do Processo
- MIT – *Massachusetts Institute of Technology*
- NR– Normas Regulamentadoras
- RH – Recursos Humanos
- SANEAGO – Companhia de Saneamento do Estado de Goiás
- SEMMA – Secretaria Municipal do Meio Ambiente
- SPE – Sistema de Produção Enxuta
- TPM – Manutenção Preventiva Total
- TPS – *Toyota Production System*
- TRF – Troca rápida de ferramenta

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A volubilidade dos mercados e da economia e fatores como as inovações tecnológicas e sustentáveis geram a necessidade nos projetos fabris de propor edifícios tão dinâmicos quanto o processo produtivo que abriga.

A construção fabril é destinada a acomodar processos produtivos e industriais e estreitamente ligada a dois fenômenos contemporâneos: os avanços tecnológicos e a sustentabilidade, o que as qualifica como uma expressão de vanguarda. Desta forma, o edifício fabril requer, para sua concepção, a definição de um grande número de variáveis e parâmetros inerentes ao processo industrial utilizado.

A elaboração do projeto fabril pressupõe entendimentos subsidiados nas relações multidisciplinares do sistema produtivo proposto e dos projetos com suas complexidades em suas instalações industriais.

A gestão da produção é baseada em princípios que necessitam de uma correta organização do espaço, do estudo e de metodologias na concepção dos projetos de arquitetura dos edifícios fabris para atender às demandas dos problemas organizacionais.

Em uma visão macro temos, de um lado, o projeto de arquitetura com seus recursos de conceber espaços adequados a cada função fabril e, do outro, um sistema de gestão que disponibilizará princípios para o funcionamento da estrutura organizacional de forma eficiente.

Neste contexto, surge a motivação desta pesquisa em estudar a relação harmoniosa dos dois conceitos: projeto de arquitetura fabril e sistema produtivo. Padin (2009) e Camarotto (1998) sinalizaram a escassez de trabalhos científicos nesta área de conhecimento. Camarotto discutiu o planejamento do projeto sob o ponto de vista fabril e a negligência deste planejamento em relação ao sistema de gestão.

A lacuna deixada pela exiguidade destas informações associa-se à inexistência de um método específico para concepção de um projeto.

Nesta pesquisa foram buscadas diretivas que orientem arquitetos e projetistas na discussão e elaboração do projeto fabril industrial, de forma a reduzir o distanciamento entre o sistema de gestão e a obra física que abriga toda a organização.

Para o estudo, foi adotado o Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System* – TPS). Alguns autores referem-se ao TPS usando a expressão manufatura enxuta ou, em inglês, *Lean Production* (LP). Neste trabalho será utilizado o termo TPS e não LP, pela natureza da pesquisa, que almeja buscar os conceitos originais, ou a essência do sistema para seu embasamento teórico. A escolha foi determinada por ser um sistema que oferece uma metodologia ágil, sendo também uma filosofia de trabalho com foco em pessoas e em produtos, não em processos (ARAMUNI, 2015).

1.1 PROBLEMÁTICA DA PESQUISA

Ao mesmo tempo que a arquitetura fabril fascina pela amplitude do tema, a complexidade dos projetos e das instalações exige metodologias de estudo específicas para solucionar problemas diferentes daqueles encontrados na arquitetura em geral. Algumas questões, como, por exemplo, a flexibilidade e a expansibilidade, não muito presentes em outros tipos de projeto, vêm à tona com toda força na arquitetura fabril (PADIN, 2009).

Quanto maior a flexibilidade da manufatura, maior a necessidade de flexibilidade do edifício industrial. Quanto mais flexível se torna o edifício industrial, mais flexível se torna a manufatura, estabelecendo-se uma espiral contínua de melhoria (GHION, 2008).

De acordo com Padin (2009), o projeto fabril envolve questões diversas e complexas, que devem ser estudadas de acordo com cada tipologia e com o devido

embasamento técnico e teórico. A pertinência de um trabalho de sistematização do processo de projeto fabril se torna importante, considerando que o edifício fabril representa uma parcela significativa dos investimentos na implantação de uma indústria.

A gestão da produção é baseada em princípios que necessitam de uma correta organização do espaço, do estudo e de metodologias na concepção dos projetos de arquitetura destes edifícios. O espaço edificado para abrigar o processo industrial tem sua importância para o sucesso da organização.

O *layout* organizacional faz parte das ações de implementação da capacidade produtiva (SILVA *et al.*, 2015).

As concepções dos projetos fabris direcionados pelos padrões vigentes na organização da produção e na eficiência do sistema produtivo direcionam para soluções espaciais na organização (CAMAROTTO, 1998).

No contexto discutido anteriormente, emergiu a seguinte questão geral de pesquisa:

- como deve ser um modelo de diretrizes para concepção do projeto de arquitetura fabril?

Diante da questão geral apresentada, emergiram outras questões específicas que nortearam o presente estudo:

- a) Quais são as demandas genéricas da gestão da produção a serem inseridas na elaboração de um projeto industrial?
- b) Que princípios relacionados à gestão da produção devem ser considerados na organização do espaço industrial como um todo?
- c) Que diretrizes devem ser consideradas na fase de elaboração de projetos de arquitetura fabris para apoiar as soluções de problemas organizacionais ou evitá-los?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar um modelo de diretrizes para a concepção do projeto de arquitetura fabril por meio da abordagem do Sistema Toyota de Produção.

1.2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos destacam-se:

- a) Levantar as demandas genéricas da gestão da produção que devem ser consideradas no projeto de arquitetura fabril;
- b) Determinar os princípios da gestão da produção que devem ser consideradas no projeto de arquitetura fabril;
- c) Definir as diretrizes que devem ser consideradas na concepção do projeto de arquitetura fabril.

1.3 SÍNTESE DA METODOLOGIA DE PESQUISA

A abordagem metodológica escolhida para o desenvolvimento deste trabalho foi a *Design Science Research Methodology* (DSRM), direcionada para pesquisas tecnológicas, dando respaldo a todas as etapas de seu desenvolvimento, desde a concepção até o processo de comunicação de seus resultados (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2015).

A DSRM é desenvolvida em cinco etapas: conscientização, *design* e desenvolvimento, demonstração (apresentação) e avaliação, validação e comunicação.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos, referências bibliográficas e apêndices.

No capítulo 1 é apresentada uma introdução do trabalho, discorrendo sobre o problema a ser discutido, a justificativa da escolha do tema, os objetivos e o roteiro da pesquisa.

No capítulo 2 é apresentada a revisão de literatura, tratando dos princípios do Sistema Toyota de Produção, suas principais práticas e ferramentas, além de um panorama do edifício fabril e das questões que envolvem sua concepção.

No capítulo 3 descreve-se os detalhes da metodologia de pesquisa. Nesse sentido, são apontados os procedimentos necessários para aplicar a metodologia *Design Science Research Methodology* (DSRM) para que o modelo teórico denominado Diretivas de Arquitetura Fabril Toyota (DAFT) possa compreender o ambiente TPS, identificar seus princípios e formular uma proposta de diretivas para apoiar e sistematizar o processo de tomada de decisões no âmbito da concepção do projeto de arquitetura fabril em forma de diretivas.

No capítulo 4 são apresentados o *design* e o desenvolvimento do conjunto de DAFT.

No capítulo 5 são apresentadas a avaliação dos *experts*, a análise das opiniões e a síntese dos resultados da pesquisa.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as considerações finais e as sugestões para futuras pesquisas.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fundamentação da pesquisa buscou dois suportes teóricos: o Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System* – TPS) e a arquitetura fabril. Do lado do TPS, foram levantados os princípios norteadores desse sistema, ou melhor, da cultura Toyota. Do lado da arquitetura fabril, o objetivo foi identificar os principais elementos de sua concepção ou, ainda, entender as necessidades do espaço edifício fabril.

2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (TPS)

No mundo dos negócios, muitas organizações trabalham com focos transversais legítimos, regidas pelo autointeresse e pelas próprias submetas. Os clientes procuram preços mais baixos, os fornecedores pedem preços mais elevados. Sindicatos exigem salários mais elevados; detentores de ações esperam mais e mais lucros. A competição está sempre tentando comercializar um produto melhor, ou com mais recursos, a um custo mais baixo. O sucesso do negócio depende de gerenciamento de tudo isso, de um sistema com uso de todas as técnicas e conhecimentos disponíveis para o desenvolvimento de soluções (THOMBRE; CHAUDHARY, 2016).

Muitas empresas têm implementado o Sistema de Produção Toyota a fim de melhorar seu desempenho de produção e competitividade (LAI *et al.*, 2015).

A idealização do Sistema Toyota de Produção iniciou na Toyota Motor Company em 1933, logo após a Segunda Guerra Mundial. Seu precursor foi Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi Toyoda, um inventor revolucionário quanto às formas de produzir. Kiichiro-san teve uma ideia inicial de operacionalizar o processo produtivo depois de fazer uma visita à unidade *Rouge* da Ford, em Detroit. Porém, seu projeto só foi concretizado a partir das investigações e observações de Eiji Toyoda, seu primo, depois de visitar a mesma unidade da Ford em 1950. O engenheiro chinês Taiichi Ohno, colaborador da Toyota

neste período, também visitou várias fábricas nos Estados Unidos, inclusive unidades da Ford e General Motors, e apoiou Eiji Toyoda no aumento da eficácia da Toyota com base na movimentação dos materiais e na liderança com criatividade, habilidade e conhecimento e sempre voltada a iniciativas produtivas. A eficácia do método de movimentação de materiais e mercadorias observado nas organizações americanas permitiu que anos depois Taiichi Ohno criasse as bases para a filosofia *just-in-time*, um dos pilares do TPS. O consultor Shigeo Shingo fez incansáveis tentativas de melhoria, que apoiaram Ohno em sua proposta (RODRIGUES, 2014).

Womack, Jones e Roos (2004) estudaram os métodos de gestão no Japão e desse estudo foi publicada uma obra de referência divulgada mundialmente em 1990 pelo livro *The machine that changes the world*. Deste estudo, que foi espelhado do TPS, surge o Sistema de Produção Enxuta (SPE) ou *Lean Production* (JUNIOR e AKABANE, 2014).

Desde então, o termo *Lean* é mundialmente aplicado para se referir à filosofia de liderança e gestão que tem por objetivo a sistemática eliminação do desperdício e a criação de valor. A indústria do automóvel foi o berço da filosofia *Lean*, mas ao longo do tempo essa filosofia cresceu e evoluiu para outros setores de atividade (FERREIRA, 2015).

Hoje justifica-se o sucesso do Sistema de Produção Toyota com a excelência operacional obtida por meio de métodos, sistemas e programas que buscam a qualidade contínua como parte atuante da estratégia da organização e, ao mesmo tempo, a filosofia organizacional voltada para as pessoas, priorizando a compreensão, o respeito, a motivação e a otimização de suas forças de trabalho (LIKER, 2005).

O reconhecido sucesso alcançado e sustentado pela Toyota e seu sistema de produção, ao longo de anos, tem despertado em muitas empresas o interesse em implantar as técnicas provenientes deste modelo.

O objetivo do próximo tópico é descrever os principais subsistemas que compreendem o TPS, bem como explicar conceitos e ferramentas associadas a este sistema.

2.1.1 Os princípios do Sistema de Produção Toyota

A forma estrutural do TPS é simbolicamente representada por meio do formato de uma casa (Figura 1), que está apoiada em dois pilares principais, que representam o *just-in-time* (JIT) e o *jidoka* (automação). Na cobertura estão os objetivos a serem alcançados: diminuição do *lead time* e dos custos com a mais alta qualidade. No alicerce está o *heijunka* (Nivelamento da Produção), as operações padronizadas e o *Kaizen* (melhoria contínua). Suportando toda a estrutura, a fundação representa a estabilidade (LIKER, 2005).

Figura 1 - Casa do Sistema Toyota de Produção elaborada por Fujio Cho

| Alta qualidade, baixo custo e menor <i>lead time</i> | | | | |
|---|------------|---------------------|---------------------------------|--|
| JUST IN TIME | | | JIDOKA | |
| Fluxo contínuo | Tempo Takt | Sistema Puxado | Parar e notificar anormalidades | Separar o trabalho humano do trabalho das máquinas |
| Heijunka | | Padronização | Kaizen | |
| ESTABILIDADE | | | | |

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2014).

Segundo Rodrigues (2014), esta representação gráfica da estrutura do TPS, denominada “Casa TPS”, foi sistematizada por Fujio Cho, que integrou os métodos, sistemas e programas à busca da excelência operacional por meio das experiências adquiridas trabalhando com Ohno e, depois, chegando à presidência da Toyota. Desde 1934, a Toyota já apresentava sua primeira relação de princípios, que foram posteriormente atualizados.

O TPS é um sistema com várias ferramentas de aplicação na organização industrial. Aramuni (2015) reuniu 14 princípios do TPS (Quadro1) descritos por Liker (2005) de forma objetiva e clara. Ele considerou, em sua síntese, os 4 Princípios Gerais, ou seja, os 4P's: (1) *Philosophy* (filosofia), (2) *Process* (processo), (3) *People/Partners* (pessoas e parceiros) e (4) *Problem Solving* (solução de problemas), itens que são o fluído para a operacionalização do modelo sistematizado por Cho na Casa Toyota (RODRIGUES, 2014).

Quadro 1 - Os 14 princípios de gestão do TPS descritos por Liker (2005)

| 4P's | 14 Princípios | Descrição | Ferramentas |
|------|---------------|---|---------------------------|
| 1 | 1 | Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo | Visão estratégica |
| 2 | 2 | Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona | 5S e células |
| 2 | 3 | Usar sistemas puxados para evitar a superprodução | <i>Kanban</i> |
| 2 | 4 | Nivelar a carga de trabalho | <i>Heijunka</i> |
| 2 | 5 | Construir uma cultura de parar e resolver problemas, para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa | <i>Poka-Yoke e jidoka</i> |
| 2 | 6 | Tarefas padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários | Padronização |
| 2 | 7 | Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto | Gestão visual |
| 2 | 8 | Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos | TPM e TRF |
| 3 | 9 | Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e a ensinem aos outros | Liderança |
| 3 | 10 | Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa | Comprometimento |
| 3 | 11 | Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar | Parcerias |
| 4 | 12 | Ver por si mesmo para compreender completamente a situação | Integração |
| 4 | 13 | Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções; implementá-las com rapidez | Processo decisório |
| 4 | 14 | Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável e pela melhoria contínua | Aprendizagem |

Fonte: Adaptado de Aramuni (2015).

A filosofia, *philosophy* (1), dá um norte a toda a organização ao associar de maneira eficaz seus objetivos, seus valores, sua visão de futuro e sua missão. Isso deve ser operacionalizado por meio de um plano estratégico integrado. Quanto ao processo, *process* (2), é analisado por intermédio de sete princípios (Quadro 2).

Quadro 2 - Sete princípios para análise dos processos (2P)

| Os 7 princípios para análise do 2ºP - (<i>process</i>) | | | |
|--|--|---|---|
| | Princípios | Descrição | Ação |
| 1 | Fluxo de processos contínuo | Explicita problemas que devem contemplar e alinhar o desmembramento dos objetivos e das estratégias organizacionais para todos os níveis e setores da organização. Relação fornecedor-cliente, em todos os níveis, buscando valor no fornecedor e atendendo ao valor do cliente imediato, o que pode ser atingido por meio da gestão estratégica de processos. | Para ajudar a atingir esse princípio, a organização e o <i>layout</i> da linha que podem ser trabalhados por meio do programa 5S e das células de produção, respectivamente, são boas alternativas. |
| 2 | Sistema puxado, evitando a superprodução | Acionados pelo cliente; e deve ocorrer com as especificações e o valor que ele quer, no momento em que ele quer e na quantidade desejada. | O <i>Kanban</i> tem sido o sistema que tem operacionalizado a produção puxada. |
| 3 | Nivelamento da carga de trabalho (<i>heijunka</i>) | Busca nivelar a carga de trabalho por meio da coordenação integrada de todas as unidades, equipamentos e equipes de trabalho. | Nivelamento por intermédio do mapeamento, da medição, da gestão e do controle dos processos. |
| 4 | Cultura da qualidade, fazendo certo na primeira vez. | Cultura que prioriza a solução de problemas de maneira rápida e eficaz, com a criação de sistemas programados para identificar falhas, interrompendo imediatamente toda a produção ao se identificar alguma anomalia, evitando retrabalhos. | O <i>Poka-Yoke</i> e a autonomia, <i>jidoka</i> , têm auxiliado a garantir a integridade de produtos semiacabados em toda a linha. |
| 5 | Padronização para melhoria contínua e aprendizagem | Definição do ponto ótimo para cada ação a partir das melhores práticas, capacitando os colaboradores e calibrando todos os equipamentos, para depois padronizar. | A estabilidade das ações possibilita previsões adequadas e dentro das metas estabelecidas e é o passo anterior a padronização. |
| 6 | Controle visual, explicitando os problemas | A observação “ <i>in-loco</i> ” é a melhor ação para identificar prováveis anomalias; sendo assim, é preciso preparar toda a linha com indicadores visuais simples e de fácil acesso. | O Programa 5S, o <i>Poka-Yoke</i> , a autonomia e alguns elementos ou etapas da manutenção preventiva total e do <i>Kanban</i> auxiliam a dinamizar o controle visual. |
| 7 | Tecnologia alinhada aos processos e funcionários | As novas tecnologias são bem-vindas, mas necessariamente devem se adaptar à cultura e ao modelo de gestão da organização. | A manutenção preventiva total, a troca rápida de ferramentas e a autonomia são exemplos da participação ativa das pessoas diante das características e tecnologia dos equipamentos. |

Fonte - Adaptado de Rodrigues (2014).

As pessoas e parceiros, *People/Partners* (3), são analisados por meio de três princípios, descritos no Quadro 3, abaixo:

Quadro 3 - Três princípios para análise das pessoas/parceiros (3P)

| Os 3 princípios para análise do 3ºP - <i>People/Partners</i> | | | |
|--|---|--|---|
| | Princípios | Descrição | Ação |
| 1 | Desenvolvimento de líderes comprometidos com o trabalho e a filosofia | Os líderes devem disseminar os princípios da organização e conhecer plenamente todas as atividades operacionais. Garante que os líderes terão origem na base da organização e longa permanência nesta. | Plano de carreiras consistente e políticas de RH vinculadas aos objetivos estratégicos |
| 2 | Desenvolvimento de pessoas e equipes | A cultura da organização deve ser entendida e compartilhada por todos. Os colaboradores e as equipes devem ter um conhecimento pleno de suas atividades específicas, mas também envolvimento e responsabilidade com todas as outras atividades da organização. | Programa de treinamento e da utilização de técnicas para o comprometimento dos colaboradores. |
| 3 | Cooperação e respeito aos parceiros e fornecedores | A integração e o compartilhamento de conhecimento com os parceiros e fornecedores devem ser um dos pilares da organização. | Relações devem ser de longo prazo, estabelecendo um clima de cooperação e estabilidade. |

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2014).

Na solução de problemas, *Problem Solving* (4), a análise acontece por intermédio de três princípios apresentados no Quadro 4, abaixo:

Quadro 4 - Três princípios para análise dos problemas (4P)

| Os 3 princípios para análise do 4ºP - <i>Problems</i> | | |
|---|--|---|
| | Princípios | Descrição |
| 1 | Participação pessoal nos problemas e ações | Cada executivo, líder ou colaborador, conhecendo pessoalmente a situação-problema, pode de alguma forma nivelar e unificar as informações. |
| 2 | Decisões lentas, implementação rápida | Todos os envolvidos no processo devem participar ou contribuir com dados ou informações para as decisões, que são definidas após a identificação das várias alternativas. Isso aumenta o tempo para a tomada de decisão, mas quando definido, já é do conhecimento e da concordância de todos, o que agiliza sua implementação. |
| 3 | Aprendizagem como foco | Os processos de aprendizagem estão vinculados a aspetos da cultura da organização e às melhores práticas utilizadas nos processos já estabilizados. Outro aspecto importante é a proteção do conhecimento com a busca da manutenção do corpo funcional por longo prazo. |

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2014).

Para complementar serão descritas algumas ferramentas valiosas dentro do TPS, levantadas no Quadro 1.

O Programa 5S, *housekeeping*, que significa “arrumando a casa”, surgiu no Japão quando o país estava parcialmente destruído pela Segunda Guerra Mundial, sendo, então, motivado pela necessidade de reorganização em todos os níveis, nas organizações, na

sociedade e nas residências. Foi considerado o passo inicial e a base para muitos processos de melhoria nas organizações por meio da busca e da introdução de boas e eficazes práticas. O objetivo é criar e manter um ambiente limpo, organizado, com *layout* adaptado às necessidades e potencialmente gerenciável (ARAMUNI, 2015).

Rodrigues (2014) verificou, em sua pesquisa, que os cinco sentidos, muitas vezes, são conceituados de maneira diferente, isto porque, na verdade, o ideal é adequar e contextualizar cada um dos “S” à realidade e aos aspectos culturais de cada organização. Esse mesmo autor descreve os conceitos e objetivos (Quadro 5) para cada um dos cinco sentidos:

Quadro 5 - Programa 5S (cinco sentidos)

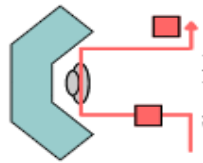
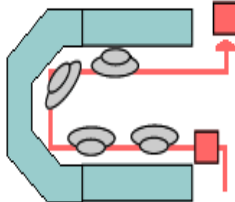
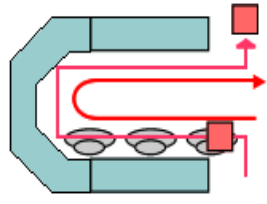
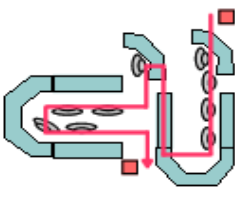
| Programa 5 S | | | |
|---------------------|------------------------|-----------------------|--|
| | Princípios | | Objetivos |
| 1 | <i>Seiri</i> | Senso de utilização | Otimização dos espaços, alocação e utilização de móveis, equipamentos e materiais de trabalho em geral. É aconselhável que, nos locais de trabalho, estejam alocados apenas o necessário e com <i>layout</i> adequado para utilização eficaz. |
| 2 | <i>Seiton</i> | Senso de organização | Ordenar racionalmente móveis, equipamentos, material de uso e documentos para facilitar o acesso e a utilização dos diversos recursos em um <i>layout</i> coerente. Busca ainda definir novas formas de armazenar materiais de consumo e definir novos fluxos de produção. |
| 3 | <i>Seiso</i> | Senso de limpeza | Deixar sempre limpo ou em condições favoráveis para uso os recursos físicos, móveis e equipamentos utilizados. Procura criar a cultura de utilizar um calendário para limpeza e manutenção de equipamentos, ferramentas e estrutura. |
| 4 | <i>Seiketsu</i> | Senso de padronização | Cumprir as recomendações técnicas e manter as condições de trabalho dos colaboradores, favorecendo a saúde com relação às limitações físicas e mentais. Procura ainda a padronização dos bons hábitos das normas técnicas e dos procedimentos e ações eficazes |
| 5 | <i>Shitsuke</i> | Senso de disciplina | Criar uma cultura para educar, conscientizar e disciplinar o colaborador visando a um comportamento e a hábitos que motivem a melhoria contínua por meio da força física, mental e moral. Busca ainda a manutenção dos quatro sentidos iniciais. |

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2014).

Outra ferramenta é o *layout* celular. A empresa japonesa de consultoria ROSUTORE dispõe um padrão base do sistema de *layout* celular, que auxilia no estudo e elaboração na concepção do projeto Toyota.

Este padrão, representado na Figura 2 abaixo, disponibiliza quatro possibilidades de arranjo considerando o número de trabalhadores e a divisão ou individualização das tarefas.

Figura 2 - Padrão de *layout* celular

| Padrão de base do sistema de produção de células | | | | | |
|--|-------------------|---|-------------------------|----------------------------------|--|
| | Sistema | Desenho da célula | Nº de trabalhadores | Forma de trabalho | Resultado |
| 1 | Sistema Único |  | Um trabalhador | Independente | Aumento da estação de trabalho |
| 2 | Sistema Dividido |  | Múltiplos trabalhadores | Divisão do trabalho | Ajuste pessoal |
| 3 | Sistema de Equipe |  | Múltiplos trabalhadores | Independente | Ajuste de pessoal |
| 4 | Sistema Complexo |  | Múltiplos trabalhadores | Divisão do trabalho Independente | Aumento da estação de trabalho e ajuste de pessoal |

Fonte: <http://losutore.com/seisankakusin.htm>. Acesso 08/09/2016.

1. No sistema único, várias tarefas são executadas por um único trabalhador;
2. No sistema *Split* (dividido), o trabalho é executado por múltiplos trabalhadores que compartilham as tarefas, encaminhando o processo;
3. No sistema de equipe, uma pessoa termina o trabalho e repassa até terminar o processo;

4. No último, o sistema complexo, utiliza-se os três métodos.

O estudo do *layout* influenciará na forma do edifício industrial e na disposição espacial dos edifícios da organização dentro do terreno, que só serão definidos após o estudo do arranjo físico da produção, que determinará a área necessária para o estabelecimento das atividades, as indicações e necessidades de iluminação, ventilação, instalações, condicionamento de ar e maquinário necessário.

Outra ferramenta importante, o *Kanban*, é um método para reduzir o estoque em processo, elevar a produtividade e expor problemas e tem o objetivo de criar uma tensão positiva no local de trabalho com a redução do trabalho em processo, o que motiva as pessoas a desempenharem suas tarefas (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011).

Para Sujimori *et al.* (1977) o *Kanban* é uma linha transportadora invisível que conecta todos os processos internos. Porém, para Bhushan *et al.* (2016), o *Kanban* deve ser um elemento de um sistema JIT para ser aplicável. Takeuchi (2010) acrescenta que o segredo não está em controlar o *warehouse*, e sim em como fazer o *Nagareka*, isto é, como fazer uma logística eficiente em que o material flua como a corrente caudalosa de um rio.

Rodrigues (2014) continua a definir mais alguns dos princípios envolvidos nesse processo de produção:

O *heijunka* tem como objetivo nivelar a carga de trabalho por meio da coordenação integrada de todas as unidades, os equipamentos e as equipes de trabalho, por meio do mapeamento, da medição, da gestão e do controle dos processos.

Jidoka significa o investimento em equipamentos automatizados convencionais com características normalmente associadas à sabedoria humana.

A padronização acontece depois de se definir o ponto ótimo para cada ação a partir das melhores práticas, se capacitar os colaboradores e se calibrar todos os equipamentos.

A gestão visual acontece a partir da observação *in-loco*, preparando-se toda a linha com indicadores visuais simples e de fácil acesso. A gestão visual tem sido uma das medidas simples e eficazes utilizadas nas organizações.



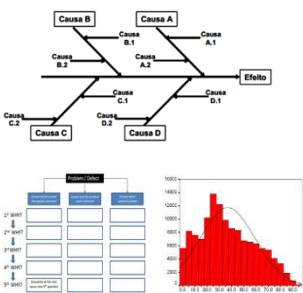
A manutenção preventiva total (TPM) e a troca rápida de ferramentas (TRF) são tecnologias alinhadas aos processos e funcionários, ou seja, a tecnologia como um meio e não um fim, sendo as pessoas o foco principal. As novas tecnologias são bem aceitas, mas devem se adaptar à cultura e ao modelo de gestão da organização.

Os conceitos de liderança, comprometimento e aprendizagem no ambiente de trabalho envolvem o incentivo às pessoas desenvolverem essas capacidades. Para Taiichi Ohno, a única maneira de conseguir isso é definir metas elevadas e forçar as pessoas a fazerem mais do que pensaram ser possível, preparando-as com treinamentos para estarem aptas a ajudarem outras pessoas onde for necessário (SHIMOKAWA; FUJIMOTO, 2011).

Ainda há outra ferramenta destacada por Ohno (1997), o Relatório A3 (Figura 2), utilizado para viabilizar a gestão visual e nivelar e integrar as informações entre os diversos setores.

De maneira acessível e simplificada, em folhas no formato A3 (27,5 x 42,5 cm), concentram-se informações relevantes para a administração, conforme Figura 3 (RODRIGUES, 2014).

Figura 3 - Modelo de relatório A3

| Título ou tema | | | |
|---|---|---|---|
| 1. Definição do problema | | 4. Análise do resultado | |
| Identificar processo crítico a ser analisado; Mapear o processo crítico; Determinar o indicador de desempenho; Determinar o método de coletas de dados; Coletar dados (medir); Processar todos os dados. |  | Analisar o resultado; Acompanhar e controlar a busca da solução; Efetuar correções ou ajustes, se for o caso. |  |
| 2. Análise do problema e das causas | | 5. Ações futuras | |
| Apresentação do gráfico de controle; Definir a meta; Definir as metas parciais do processo; Indicar os problemas prioritários, processo do indicador de desempenho; Identificar as causas mais prováveis; Priorizar a (s) causa(s) raiz. |  | Definir ações futuras de melhoria ou para manutenção do processo. | |
| 3. Plano de ação | | Unidade: Responsável: Data: | |
| Elaborar um plano de ação para eliminar as causas raízes. | | | |

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2014)

A sistematização apresentada e descrita sobre os princípios do TPS, com base nos trabalhos de Liker, sintetizam as ações operacionalizadas em todos os níveis da organização, com foco na mão de obra e em materiais, máquinas e métodos a partir de posições estratégicas.

Silva *et al.* (2016) fizeram uma pesquisa com vários autores e observaram que é consenso entre os pesquisadores a busca pela eliminação de desperdícios ou, pelo menos, sua minimização.

Segundo os autores citados acima por Silva *et al.* (2016), os desperdícios industriais (Quadro 6) podem se enquadrar em sete categorias.

Quadro 6 - Desperdícios considerados no TPS

| | Desperdício | Definição | Consequência |
|---|---------------------------------|---|--|
| 1 | Superprodução | Produzir mais do que a necessidade do cliente. | Gera grande parte dos desperdícios. |
| 2 | Estoques | Resultado da superprodução. | Maior <i>lead-time</i> de produção, maior de área de armazenagem, aumento de recursos para gerenciamento dos estoques. |
| 3 | Espera | Espera de pessoas, equipamentos, materiais e informações. | Máquinas paradas aguardando peças ou peças esperando para serem processadas. |
| 4 | Transporte | Transporte de peças em processo, matéria-prima ou produto acabado de um lugar a outro da fábrica, ou entre fábricas, na maioria das ocasiões. | Não agrega valor ao cliente final. |
| 5 | Movimentação | Movimentação de pessoas que não resulte em transformação do produto. | Não agrega valor ao cliente final. |
| 6 | Defeitos | Gerado por peças defeituosas, sendo refugos (peças perdidas) ou retrabalhos (peças que necessitam ser processadas novamente para serem aproveitadas). | Não agrega valor ao cliente final. |
| 7 | Processamento inadequado | Processos desnecessários ou ineficientes para produzir as peças, devido ao projeto ou utilização de ferramentas inadequadas. | Perda de produtividade e defeitos. |

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2014).

Para Júnior (2010), o processo decisório no modelo de Produção do Sistema Toyota deve buscar não só os analistas profissionais e especialistas, mas a inserção dos clientes externos e/ou internos e seus respectivos ambientes também no fluxo decisório, de forma a interagir com os agentes em seus ambientes e criar alternativas que evitem os erros frequentes de metas futuras que não representem de fato avanços significativos na geração de valor.

No entendimento de Spear e Bowen (1999), a situação que se ajusta exatamente a esse modelo de sistema de gestão seria ter a “capacidade de criar virtualmente variações infinitas de um produto ao mesmo tempo de forma eficiente e com menor custo” (p. 13), e o processo de funcionamento fabril seguiria este fluxo: “o cliente estaciona seu veículo em uma doca de embarque, solicita um produto ou serviço personalizado e o recebe imediatamente ao menor preço e sem nenhum defeito” (p. 13).

Lai *et al.* (2015) argumentam que, embora haja muitos casos de sucesso de implementação do TPS, nem sempre as organizações alcançam grandes realizações semelhantes às da Toyota. Segundo esse mesmo autor, que fez seu estudo em empresas de Taiwan, o mau desempenho pode estar relacionado ao ambiente instável da maioria das empresas. Em outras palavras, as empresas não seguem efetivamente as quatro etapas de Taiichi Ohno.

2.2 O EDIFÍCIO INDUSTRIAL

Neste tópico da revisão, o foco é o edifício industrial, dada sua importância dentro do contexto estudado, uma vez que as concepções dos projetos industriais direcionados pelos padrões vigentes na organização da produção refletem, nas soluções espaciais, a materialização da organização (CAMAROTTO, 1998).

2.2.1 Histórico

A origem do edifício fabril encontra-se diretamente ligada às mudanças ocorridas na Revolução Industrial, a partir do final do século XVIII, na Inglaterra. Tais mudanças tinham cunho tecnológico e ocorreram principalmente em três áreas: substituição das habilidades humanas por dispositivos mecânicos; energia de fonte inanimada (especialmente a do vapor) toma lugar da força humana e animal; e melhora na extração e transformação de matérias-primas (MIRANDA, 2003).

Na transição do século XX para o XXI, as construções fabris buscaram novos materiais, com o objetivo de qualificá-las e também para estreitar a relação do edifício com o meio ambiente. Ainda outras inovações foram apresentadas nas plantas industriais, como a automação, sistemas de ergonomia e métodos de produção mais limpa, que refletiram alterações na arquitetura do edifício (DALBELO, 2012).

2.2.2 O projeto arquitetônico fabril

A estética, a geometria funcional, a geometria morfológica, a construtibilidade e a manutenibilidade são aspectos qualitativos de avaliação de projetos arquitetônicos que, às vezes, são conflitantes entre si. Entretanto, o equilíbrio entre esses atributos determina um bom projeto (FERNANDEZ; HEINECK, 1998). “A Arquitetura Industrial e a Estética Fabril sempre tiveram um papel: comemorar a mudança, estimular a inovação e ser permanentemente novas” (PHILLIPS, 1993, p.23 apud PADIN, 2009).

Dessa forma, evoluem os sistemas e as novas tecnologias industriais, tornando-se então necessárias novas metodologias para solucionar a complexidade dos projetos e suas instalações.

Uma parcela significativa dos investimentos na implantação de uma nova indústria refere-se ao projeto; portanto, cabe, em sua concepção e detalhamento, tomar decisões com acerto e precisão, dotando-o de atributos de flexibilidade e expansibilidade para atender às especificidades dessa tipologia de projeto (PADIN, 2009).

Essa necessidade de uma maior flexibilidade dos ambientes industriais, diferentemente do que é exigido em outros tipos de projeto, face a fatores como os movidos pela instabilidade dos mercados, da economia, das exigências sociais, das inovações tecnológicas e da própria concorrência e exigência dos consumidores, gera um ambiente em que são necessárias constantes reestruturações internas e externas (CALAIS, 2012).

Por sua vez, a arquitetura fabril, em muitas situações, representa a imagem da empresa e, nesse caso, importação de tipos, ou seja, são repetidos da matriz para as filiais. Um dos tipos mais utilizados para o formato das plantas é o retangular ou quadrado, prevalecendo horizontalidade, o que facilita a flexibilidade, que é definida como uma

complexa rede de variáveis e parâmetros totalmente integrados ao processo de fabricação (CORREIA; BASTOS; MAIA, 2011).

De acordo com Michaud e Neto (2014), os instrumentos, como a sistematização da concepção do projeto, as habilidades inatas do arquiteto ou engenheiro e uma estrutura com especificações compartilhadas entre os diversos projetistas e participantes do processo, podem potencializar a qualidade dos projetos (SILVA; MELHADO, 2014).

Para potencializar a importância do projeto envolvido com a qualidade do empreendimento, cabe rever algumas de suas definições, de acordo com a revisão bibliográfica de Peralta (2002), relacionada no Quadro 7, abaixo:

Quadro 7 - Definições de Projeto

| Autor | Ano | Definições de projeto |
|-------------------------|------------|--|
| Camarotto <i>et al.</i> | 1999 | Conjunto de planos, especificações e desenhos de engenharia. |
| Dinsmore | 1992 | Empreendimento com começo e fim definidos, dirigido por pessoas, para cumprir metas estabelecidas dentro de parâmetros de custo, tempo e qualidade. |
| Gray <i>et al.</i> | 1994 | Solução criativa e eficiente para um problema. |
| Leusin | 1995 | Conjunto de atividades não repetitivas, multidisciplinares, visando alcançar um objetivo final, com uso de recursos materiais e humanos, respeitando as condições de tempo, custo e qualidade. |
| Pomeranz | 1988 | Conjunto sistemático de informações que serve de base para a tomada de decisões relativas à alocação de certo montante de recursos. |
| Valeriano | 1998 | Conjunto de ações executadas, de forma coordenada, por uma organização transitória, à qual são alocados insumos, sob a forma de recursos (humanos, financeiros, materiais etc.) e serviços (gerenciamento, compras, transporte etc.) para em um dado prazo alcançar um objetivo determinado. |

Fonte: Adaptado de Peralta (2002).

De acordo com Michaud e Neto (2014), a síntese do processo *projetual* está na NBR13531 (1995), que fixa as atividades/etapas técnicas de projeto de arquitetura e de engenharia, exigíveis para a construção de edificações (Quadro 8).

Quadro 8 - Divisão do projeto em etapas (NBR 13531)

| | Fases/projeto | Etapas/projeto | Documentos produzidos |
|---|---------------------------------------|--------------------------|--|
| 1 | Planejamento | Levantamento de dados | Estudo: terreno, tipologia da edificação, vizinha, exigências. |
| | | Programa de necessidades | Determinação de: exigências dos clientes, características funcionais e técnicas, expectativas dos usuários. |
| | | Estudo de viabilidade | Análise e seleção de alternativas arquitetônicas, elementos estruturais, instalações e componentes, soluções físicas e jurídicas. Definição da metodologia empregada. |
| 2 | Desenhos Iniciais | Estudo preliminar | Concepção e representação do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, configuração da edificação e soluções alternativas, caracterização dos elementos construtivos/ arquitetônicos. |
| | | | Diretivas gerais de projeto. |
| 3 | Desenvolvimento | Anteprojeto | Concepção e representação de informações técnicas provisórias. |
| | | | Detalhamento da edificação e seu interior. |
| | | | Instalações e componentes necessários ao inter-relacionamento entre projetos. |
| | | | Informações suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e prazos de serviço de obra. |
| 4 | Detalhamento para a construção | Projeto legal | Obtenção de alvará, licenças e demais documentos indispensáveis para a atividade da construção. |
| | | Projeto básico | Concepção e representação das informações técnicas da edificação e seus elementos, instalações e componentes. |
| | | Projeto executivo | Informações técnicas relativas à edificação e a todos os elementos da edificação, componentes construtivos. |

Fonte: Adaptado de Michaud e Neto (2014).

A evolução tipológica dos edifícios industriais, com seus processos funcionais mais extensos do que aqueles abrigados por qualquer outra forma de construção, está intimamente relacionada à planta de produção, evolução do maquinário e das técnicas e materiais construtivos. Portanto, não corresponde apenas à planta de produção industrial, mas também inclui as plantas de geração de energia, calor, armazéns de matéria-prima e de produtos acabados, administração, pesquisa e desenvolvimento, centros de distribuição (CD), estações de reciclagem, edifícios de traslado e edifícios de transporte, que, resumindo, são edifícios de produção que, direta ou indiretamente, abrigam a manufatura mecanizada de bens. Comunicação, fornecimento e abrigo são,

provavelmente, seus requisitos principais. As Figuras 4 e 5 mostram dois exemplos de organização fabril na planta de implantação: Campus Industrial Flextronics, em Sorocaba, São Paulo, e a fábrica de cosméticos da Natura, em Cajamar (PADIN, 2009).

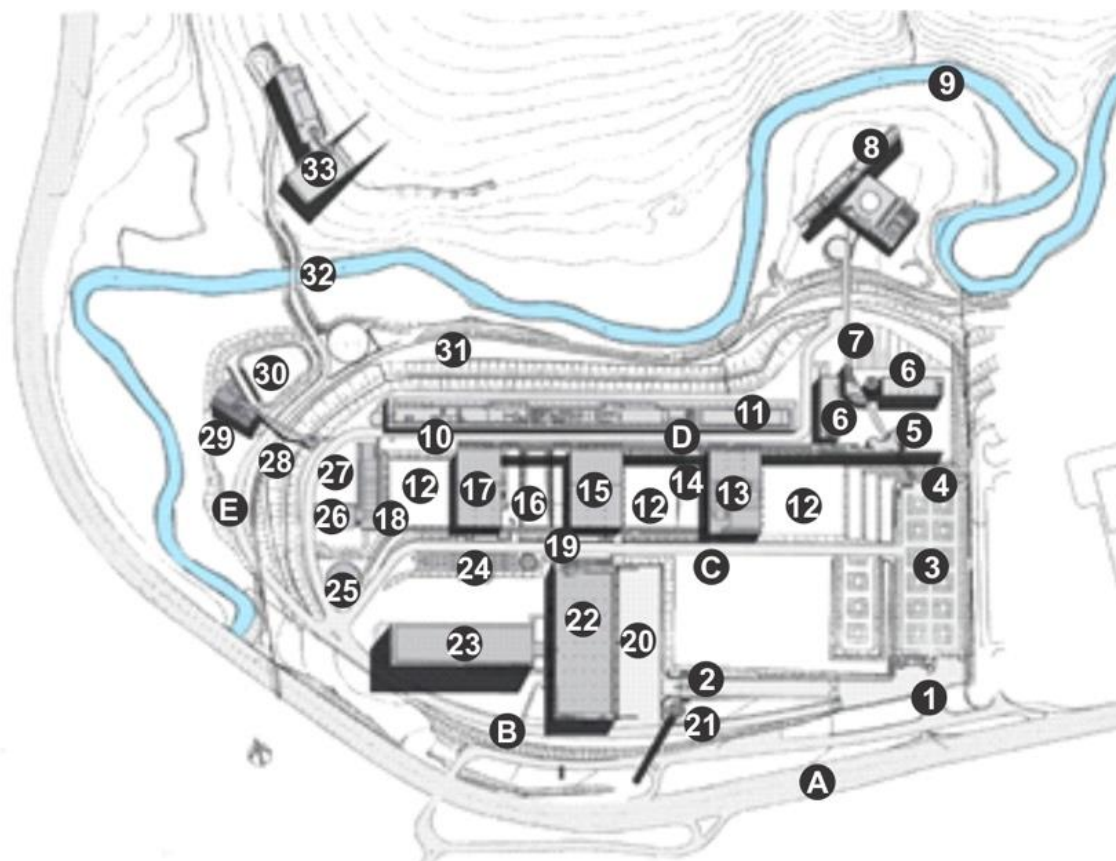
Figura 4 - Campus Industrial Flextronics, Sidônio Porto, Sorocaba, SP, 2001



| Legenda da implantação da Fábrica Flextronics | | | |
|---|-----------|----|----------------------------|
| 1 | Fábrica 1 | 7 | Pesquisa e Desenvolvimento |
| 2 | Fábrica 2 | 8 | Prédio de serviços |
| 3 | Fábrica 3 | 9 | Área de lazer |
| 4 | Fábrica 4 | 10 | Mata preservada |
| 5 | Fábrica 5 | 11 | Reserva natural |
| 6 | Fábrica 6 | | |

Fonte: Adaptado de Padin (2009).

Figura 5 - Implantação esquemática da Fábrica Natura, Cajamar (1996)



| Legenda da implantação esquemática da fábrica da Natura em Cajamar /SP | | | |
|--|---|----|--|
| 1 | Portaria social | 18 | Passarela de circulação de produtos e outros |
| 2 | Portaria de cargas | 19 | Ligação das fábricas ao prédio do <i>picking</i> |
| 3 | Estacionamento | 20 | Docas e pátio de manobra de caminhões |
| 4 | Ponte de acesso a recepção | 21 | Reservatório |
| 5 | Recepção | 22 | <i>Picking</i> |
| 6 | Edifícios de pesquisa e desenvolvimento | 23 | Almoxarifado |
| 7 | Passarela | 24 | Tanques |
| 8 | Núcleo de aperfeiçoamento | 25 | Edifício de utilidades |
| 9 | Rio Juqueri | 26 | Central de manutenção |
| 10 | Passarela de visitação | 27 | Pátio de ônibus de funcionários |
| 11 | Apoio de funcionários | 28 | Ponte de acesso e tubulação da ETE |
| 12 | Área de expansão | 29 | ETE |
| 13 | Fábrica 1: Cremes e maquiagens | 30 | Clube |
| 14 | Praça | 31 | Ferrovias Perus-Pirapora (desativada) |
| 15 | Fábrica 2: hidro alcoólicos | 32 | Acesso ao clube |
| 16 | Praça | 33 | Prédio do clube |
| 17 | Fábrica 3 | | |
| A | Rodovia Anhanguera | D | Via de acesso de equipamentos internos |
| B | Via de acesso | E | Acesso ao clube e ETE |
| C | Via de acesso de acesso às fábricas | | |

Fonte: Adaptado de Dalbello (2012).

Para Phillips (1993), pode-se classificar as edificações industriais por meio de uma análise baseada no uso, em função dos volumes construídos, em sete categorias, conforme ilustrado no Quadro 9:

Quadro 9 - Classificação das edificações industriais

| | Edifícios | Destinação | Características |
|---|---|---|---|
| 1 | Edifícios para fabricação e engenharia | Destinam-se à fabricação de carros, motores, mobiliário, veículos militares, gráficas para impressão de jornais e periódicos, que apresentam problemas específicos de pesquisa e análise. | Edifícios industriais caracterizados pela tecnologia de ponta e com concepção dos projetos específica para cada processo de fabricação. |
| 2 | Armazéns | Localizam-se em condomínios industriais, incubadoras de laboratórios e pequenas empresas, centros de distribuição, em geral, fábricas leves. | Edifícios que não têm relação intrínseca com a produção. |
| 3 | Laboratórios | Complexos destinados à experimentação, pesquisa e desenvolvimento. | |
| 4 | Arquitetura municipal | Fábricas para obras públicas, controle de água e luz, estações de tratamento de água e esgotos, estações de gás, plantas de reciclagem de lixo, estações ferroviárias, museus e centros de pesquisa, estações de bombeamento e elevação de águas, plantas de incineração, centrais energéticas, hospitais e centros de pesquisa, dentre outras. | Edificações que são destinadas ao funcionamento das cidades. |
| 5 | Indústrias de alimentos | Indústrias de cervejeiras, lácteas, vinícolas, dentre outras. | Edifícios que apuram o máximo da função para não terem perdas em função dos diversos processos produtivos. |
| 6 | Linguagem transferível | Habitação, esportes, aeroportos. | |
| 7 | Fábricas naturais | Parques de energia eólica, as hidrelétricas, os locais de extração madeireira. | Intervenções humanas sobre o ambiente natural |

Fonte: Adaptado de Phillips (1993)

Adam, Hausmann e Jüttner (2004) apresentam outra classificação para os edifícios industriais, baseada nas funções principais de cada edificação, que ficam, assim, divididas em sete grupos: Armazenamento ou Estoque, Montagem, Produção, Suprimentos (*supply and disposal*), Manutenção, Exibição e Administração.

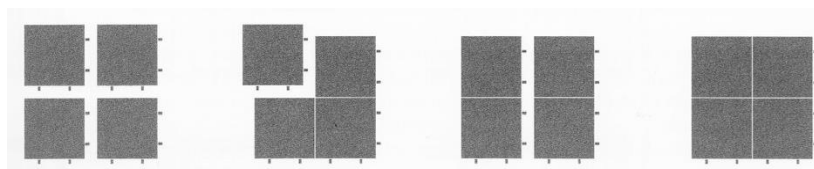
De uma forma poética, os mesmos autores definem o projeto industrial como um caminho estreito com possibilidades ilimitadas, onde o objetivo é identificar, aprofundar e organizar e, diante das leis naturais, obedecê-las em um modelo. A busca por princípios

de organização com visão integral levou ao desenvolvimento de sistemas de componentes modulares.

Segundo Adam, Hausmann e Jüttner (2004), o desenvolvimento de sistemas é uma ferramenta indispensável para o nosso tempo, em constantes mudanças. Sistemas que apontem possibilidades futuras, especialmente os sistemas construtivos, devem estar abertos para diferentes propósitos e mudanças de usos ou adaptados às novas exigências de melhorias.

No Manual de Desenho de Indústrias desses autores, o projeto de construção dos edifícios industriais tem sistemas de componentes modulares descritos como um conjunto de regras e regulamentos para os processos construtivos, com propostas sobre a forma como as peças individuais se relacionam entre si, podendo ser adaptados uns aos outros em uma abordagem modular, o que permite uma arquitetura com conexões em um nível superordenado (Figura 6).

Figura 6 - Possibilidades de montagem modular (ARMILLA)

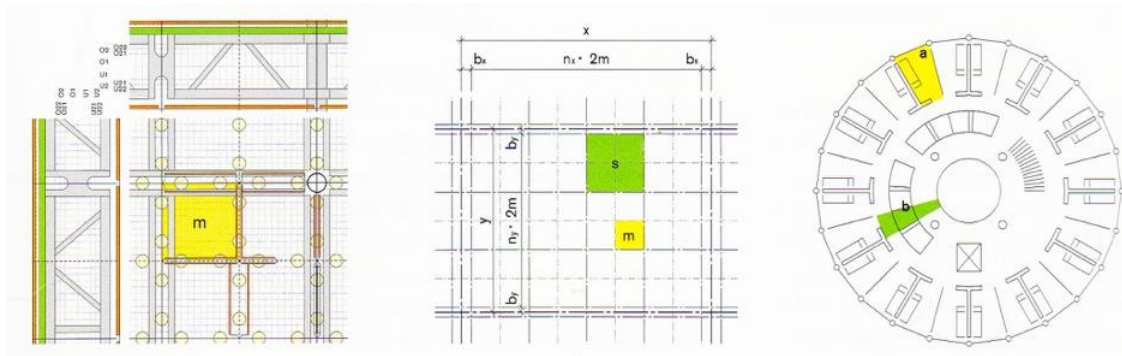


Fonte: Adam, Hausmann e Jüttner (2004)

As possibilidades técnicas hoje disponíveis, as estruturas locais existentes, em particular, as necessidades das pessoas são tomadas em consideração no desenvolvimento da organização modular. O ponto de partida é a análise das condicionantes existentes e/ou condições auxiliares e as ligações funcionais. Em planejamento de edifícios térreos, uma organização modular com uma grade quadrada de 1,20 metros provou ser adequada. Toda estrutura ortogonal pode ser remontada em campos quadrados dentro de uma grade linear. Dessa forma, torna-se possível processar edifícios existentes e mesmo convencionalmente construídos com a metodologia abaixo descrita. Estruturas não

ortogonais podem ser representadas por uma série de áreas padrão idênticas e planejadas utilizando-se regras e regulamentos análogos, conforme Figura 7, abaixo (ADAM; HAUSMANN; JÜTTNER, 2004).

Figura 7 - Diagrama de montagem de lajes industriais



Fonte: Adam, Hausmann e Jüttner (2004).

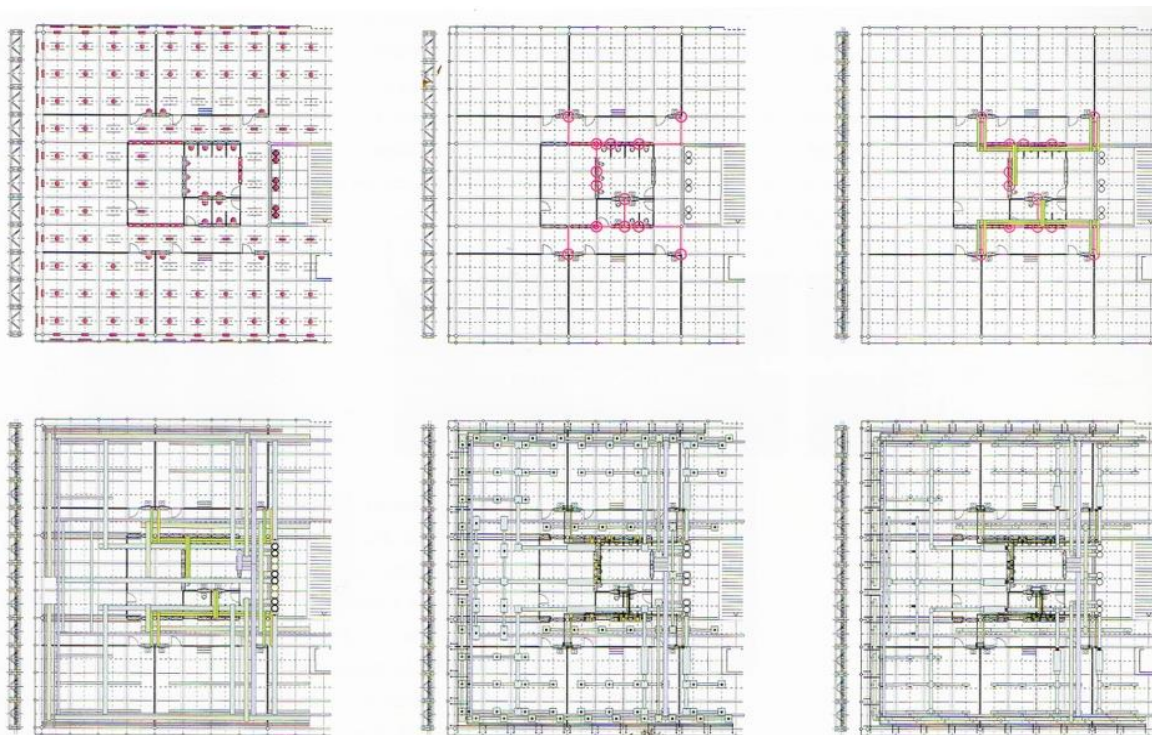
O exemplo de modelo de projetar apresentado por Adam, Hausmann e Jüttner (2004), denominado de Armilla, é o resultado de uma pesquisa de mais de quatro décadas em Solothurn, na Institut für industrielle Bauproduktion, na Universidade de Karlsruhe, em colaboração com *digitales bauen engineering gmbh* em Karlsruhe.

A Armilla é um modelo de coordenação modular com um projeto cooperativo dos sistemas técnicos de um edifício, que garantem que, quando houver uma alteração de uso, o edifício poderá ser alterado ou convertido sem se destruir nada, sendo apenas um caso especial da conversão ou alteração. A instalação geométrica é desenvolvida em uma grade de planejamento ortogonal. As organizações modulares dos diferentes sistemas de componentes de construção são harmonizadas umas com as outras e coordenadas com o padrão dos potenciais pontos de conexão (Figura 8).

Nesse caso são transferidas as informações, os conceitos e métodos de tecnologia para arquitetura e seu planejamento, construção e processos operacionais. Edifícios projetados dessa forma podem ser idealmente representados em estruturas de *software*. O "código genético" de um edifício é criado através da descrição compacta no banco de

dados. Todos os processos de uso e conversão podem ser derivados e monitorados. As construções não são mais desenhadas, mas sim programadas. Com essa metodologia, um edifício, em todas as suas dependências, desde o planejamento para demolição e disposição, pode ser monitorado e operado. Dessa forma, os critérios para construção sustentável são realizados em grande medida.

Figura 8 - Modelo ARMILLA

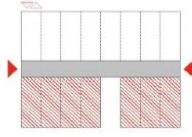
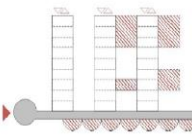
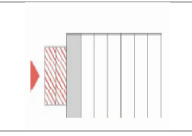
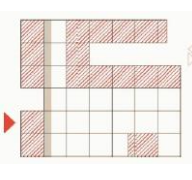
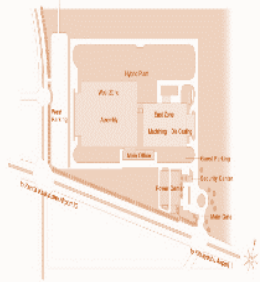


Fonte: Adam, Hausmann e Jüttner (2004).

Eles argumentam que a busca por princípios de organização conduz ao desenvolvimento de sistemas de componentes modulares. Edifícios construídos com esses sistemas têm uma qualidade especial de uso e aparência. Eles são variações sobre arranjos dos módulos de um sistema geral. Tais edifícios podem ser modificados e adaptados às novas exigências correspondentes às mudanças no seu uso. Como resultado, ocorrem mudanças na aparência da edificação.

Padin (2009) classifica os modelos de ordenações dos edifícios em sistemas aditivos (lineares e bidimensionais de superfície) e sistemas integrativos.

Quadro 10 - Formas de disposição dos edifícios dentro do complexo fabril

| | | Descrição das formas de distribuição dos edifícios fabris | |
|-----------------------|------------------------------|---|--|
| Sistemas aditivos | Lineares |  | Espinha: acessos e volumes de circulação conectam as diferentes partes do edifício e funcionam como uma espécie de “coluna vertebral”. A produção se dá por meio de células fechadas, independentes e servidas pelas utilidades necessárias especificamente para cada etapa do processo produtivo. |
| | |  | Pente: os espaços residuais entre as unidades podem configurar áreas abertas onde será possível a instalação de maquinário diversos, como geradores, compressores de ar, alguns deles que exigem, inclusive, em função de otimização de recursos, a proximidade com o local atendido. |
| | |  | Base: permite definir um dos lados como a fachada principal da fábrica, diferentemente do que ocorre com estruturas em espinha ou pente. |
| | Bidimensionais de superfície |  | Grelha: possibilidade de expansão nos dois sentidos e regularidade estrutural, que permite acoplamento estrutural e viabiliza os caminhamentos das instalações. Permite a integração de todas as áreas da fábrica e a alternativa de modificação do desenho da linha de produção sem a necessidade de seguir um acesso rígido. Ideal em produções que passem constantemente por grandes modificações tecnológicas. |
| Sistemas integrativos | |  | Integrado: pode apresentar edificações em um único volume (todos os setores industriais se dividem sob uma mesma cobertura) ou em edificações em vários volumes (construída em vários blocos, setores serão divididos em edifícios separados). A ampliação se dá por meio da construção de novas unidades autônomas. As proximidades dos vários setores diminuem as áreas de circulação. Existe uma tendência em integrar as funções administrativas / direção técnica nas áreas de manufatura com o objetivo de melhorar a comunicação. Em geral, a produção deste tipo de fábrica é escoada imediatamente após a produção, permitindo, em alguns casos, eliminar estoque de saída de produto manufaturado. |

Fonte: Adaptado de Padin (2009)

Para finalizar este capítulo, a pesquisa buscou as nove diretrizes que norteavam os projetos de edifícios industriais projetados pelo arquiteto Albert Kahn (Quadro 11), em especial a fábrica da Ford em Highland Park, Detroit (Figuras 9 e 10), que tanto inspirou Kiichiro Toyoda e Eiji Toyoda, em 1910 (GRUBE, 1972 apud DALBELO, 2012).

Quadro 11 - Diretrizes de Albert Kahn para o edifício fabril

| Princípio | Descrição | Diretrizes para o projeto industrial |
|-----------|--|--|
| 1 | <i>Design</i> funcional | Deve prever acomodação para que os maquinários funcionem com eficiência, facilitando a produção. |
| 2 | Produção linear | Deve atender o sentido único e direto do fluxo de produção, sem cruzamentos e de maneira que o transporte e o manuseio de materiais sejam reduzidos. |
| 3 | Flexibilidade | Deve prever a realocação de espaços de acordo com as mudanças nas tecnologias de produção e também deve prever a ampliação de setores e da produção. |
| 4 | Espaços amplos entre colunas | Deve considerar a maior distância economicamente possível entre colunas a fim de permitir maior liberdade para acomodação das máquinas e causar o mínimo de interferências no transporte de materiais. |
| 5 | Piso e teto adequados | A altura do pé direito deve ser projetada de acordo com o tipo de produção e o projeto deve prever pisos resistentes à carga exigida pelas máquinas. |
| 6 | Locais de serviços convenientemente situados | Elevadores, escadas, rampas colocadas onde melhor cumpram suas funções e não interfiram no fluxo da produção. |
| 7 | Boa iluminação | Iluminação natural e artificial adequadas, uniformemente distribuídas e com intensidade suficiente para a realização das tarefas, sem ofuscamento. |
| 8 | Ventilação adequada | Deve ser feito para proporcionar o movimento de ar suficiente para as necessidades humanas e equipamentos. |
| 9 | Baixos custos iniciais e de manutenção | Economia resultante de projeto racional e uso eficiente dos materiais, reduzindo os custos iniciais e gastos com manutenção. |

Fonte: Adaptado de Stratton (2000 apud DALBELO, 2012).

Segundo Dalbelo (2012), a fábrica de Detroit possuía, em seu interior, uma série de escritórios, uma usina de fundição e uma pequena usina elétrica, além das máquinas do processo de produção. Para ela, Kahn projetou grandes janelas e venezianas, que garantiam a ventilação, além de cobertura translúcida, que permitia a iluminação natural na área de trabalho.

O próximo capítulo descreve a metodologia utilizada para desenvolvimento da pesquisa - Diretivas de Arquitetura Fabril Toyota (DAFT).

Figura 9 - Fábrica da Ford em Highland Park, Detroit (1910)



Fonte: Stratton (2000 apud Dalbelo 2012).

Figura 10 - Interior da fábrica da Ford em Highland Park, Detroit (1910)



Fonte: Stratton (2000 apud Dalbelo 2012).

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentado e discutido o método de pesquisa empregado na busca do embasamento científico referente aos objetivos desta pesquisa.

Serão abarcados os principais conceitos da *Design Science Research Methodology* (DSRM) e seus desdobramentos para cada etapa do desenvolvimento de uma pesquisa nesta abordagem metodológica, incluindo os mecanismos que permitam a avaliação e atestem sua validade. Será descrito também o projeto de arquitetura industrial como objeto de estudo, o método de pesquisa com as etapas que serão seguidas e os instrumentos utilizados, ou seja, as técnicas de coleta de dados.

O objetivo da aplicação da abordagem DSRM preconiza que o modelo teórico a ser proposto neste trabalho, denominado Diretivas de Arquitetura Fabril Toyota (DAFT), possa compreender o ambiente TPS, identificar seus princípios e formular uma proposta para apoiar e sistematizar o processo de tomada de decisões no âmbito da concepção do projeto industrial em forma de diretivas.

3.2. OBJETO DE ESTUDO

Dentre os diversos tipos de artefatos apresentados na Figura 12 no contexto da DSRM, a presente pesquisa opta pelo modelo que conduzirá à elaboração de conjunto de proposições, ou seja, um conjunto de diretivas para o objeto de estudo, que é o projeto de arquitetura fabril influenciado pelo TPS. A abrangência do estudo adotado para o modelo refere-se ao seu sentido mais amplo, ou seja, à forma de organizar o projeto, de definir as relações e interações entre o sistema produtivo e a forma física do complexo fabril, diferentemente do estudo somente da área de produção.

As duas temáticas principais do objeto, assim como deve acontecer no processo de projeção do arquiteto, se encontraram em suas interfaces com novas possibilidades interpretativas atendendo aos princípios do TPS, que, de uma forma geral, deve buscar, segundo Liker (2005), a flexibilização do sistema de produção e a estratégia de produzir segundo a demanda do cliente, limitada em termos de quantidade, porém diversificada.

Outro aspecto a ser atendido é a especificidade, pois, segundo Ioppi (2015), projetos simples com objetivos claros e soluções evidentes são projetados como similares a projetos mais complexos.

Além da DSRM, a pesquisa precisou apoiar em outras metodologias e métodos disponíveis na literatura para a operacionalização das etapas previstas, tais como o mapa conceitual e entrevistas semiestruturadas.

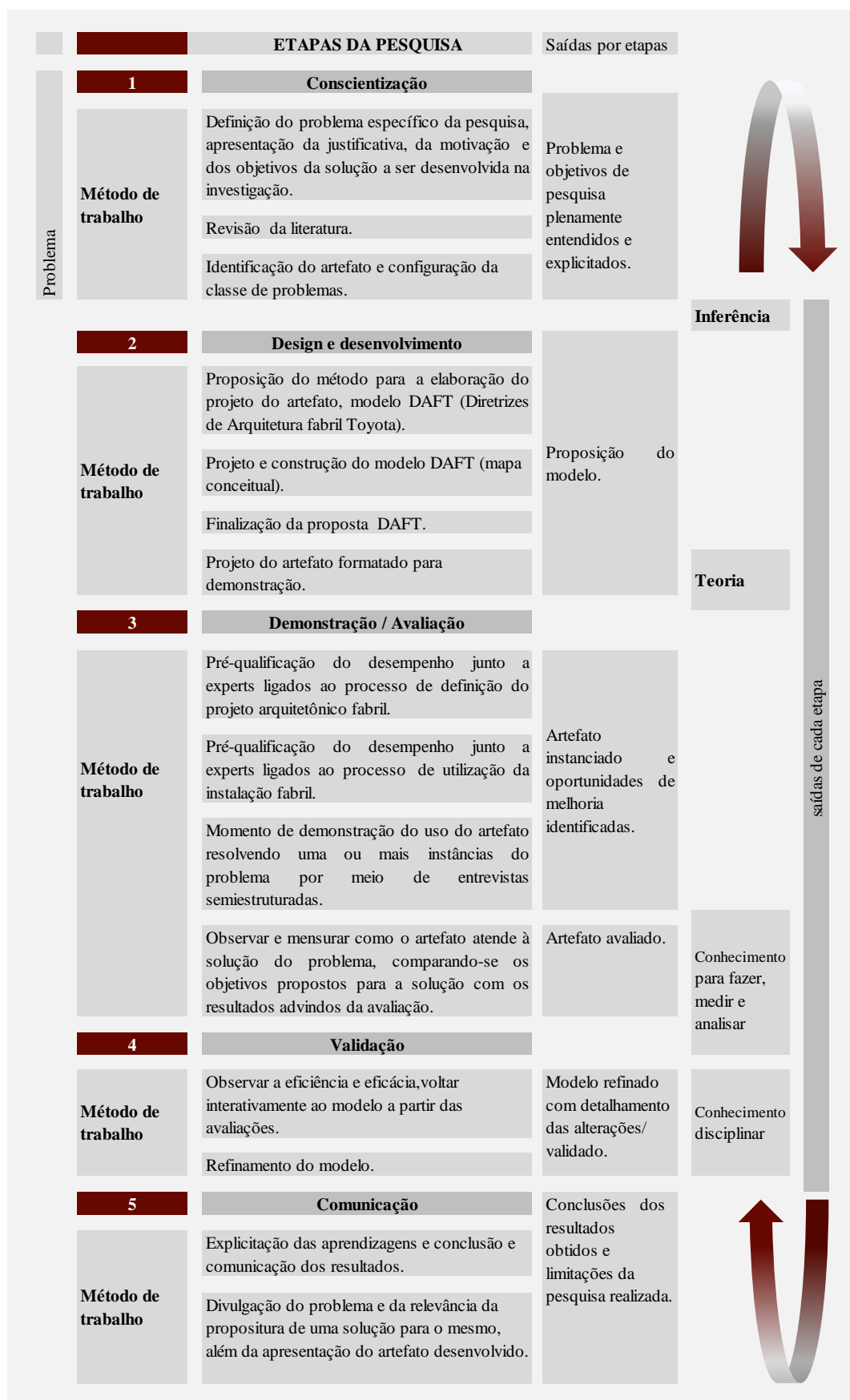
3.3 ETAPAS DE PESQUISA

A pesquisa aplicada está direcionada à área de gestão de projetos, buscando, em uma investigação sistemática, elaborar um artefato (modelo) para um problema real: a necessidade de generalizar diretivas para concepção de projeto de arquitetura nos moldes do TPS.

A metodologia escolhida para o desenvolvimento deste trabalho foi a *Design Science Research Methodology* (DSRM), conforme apresentado na Figura 11.

Direcionada para pesquisas tecnológicas, a DSRM respalda todas as etapas de seu desenvolvimento, desde a concepção até o processo de comunicação de seus resultados. Esse tipo de metodologia apoia as organizações a superarem restrições que limitam o atingimento de seus objetivos (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2015).

Figura 11 - Etapas da DSRM para desenvolvimento da DAFT



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Dresch (2013), Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015). Lacerda *et al.* (2013), Ioppi (2015), Freitas Junior (2016); Peffers *et al.* (2007).

Os encaminhamentos das etapas desta pesquisa tomaram por base os estudos desenvolvidos por Dresch (2013), Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015), Lacerda *et al.* (2013), Ioppi (2015), Freitas Junior (2016); Peffers *et al.* (2007), cada uma delas representando uma fase do desenvolvimento da mesma. A Figura 11 sintetiza as cinco etapas: conscientização, *design* e desenvolvimento, demonstração e avaliação, validação e comunicação, que serão detalhadas a seguir.

Etapa 1: Conscientização

Nesta etapa, foram identificados problemas específicos da pesquisa, a justificativa, a motivação e os objetivos da solução a ser desenvolvida na investigação.

O problema surge do interesse da pesquisadora em buscar soluções para um problema específico dentro de uma classe de problemas questionáveis na concepção de projetos de arquitetura fabril:

- a) Levantar as demandas genéricas da gestão da produção;
- b) Determinar os princípios da gestão da produção;
- c) Definir as Diretivas que devem ser consideradas na concepção do projeto de arquitetura fabril.

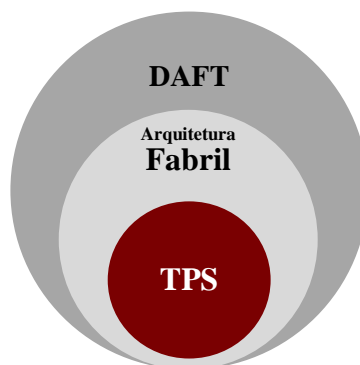
O objetivo de modelar o projeto de arquitetura industrial considerando princípios de gestão baseados no Sistema Toyota de Produção (TPS) foi formulado de modo que o atendimento aos princípios deste sistema fornecesse as respostas a essa classe de problemas que motiva a pesquisa.

Ainda nesta etapa está a revisão sistemática da literatura, que respalda o estudo e colabora na conscientização acerca do problema estudado, bem como a condição de ser viável e realizável.

A Figura 12 representa os dois campos de pesquisa, em cuja interseção está o modelo DAFT (Diretivas de Arquitetura Fabril Toyota). Valorizando os dois grandes

temas abordados e suas relações de conceitos principais, que são então apresentados em uma visão integrada de forma hierárquica em suas relações, representam a estruturação conceitual do trabalho.

Figura 12 - DAFT (Diretivas de Arquitetura Fabril Toyota).



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Essa etapa utiliza a técnica de coleta de dados bibliográficos nas bases de dados científicas (SCIENCE DIRECT, SCIELO, Google Acadêmico e outros). Também se realiza leituras dos livros, capítulos de livros, artigos, dissertações, teses e outros textos acadêmicos com os assuntos pertinentes.

Contudo, inicialmente foram demarcados os principais conceitos e delineadas as zonas de discussão a partir de três livros: *O Modelo Toyota - Manual de aplicação*, de Liker e Meier (2007), escolhido pela consistente experiência profissional dos autores vivenciando o modelo Toyota; Neves (2001), apenas para evidenciar o conjunto de informações indispensáveis para o projetista elaborar um projeto de arquitetura de forma genérica; e Adam, Hausmann e Jüttner (2004), que fazem um panorama internacional com uma seleção de exemplares de projetos de arquitetura industrial.

A partir deste ponto, a revisão sistemática da literatura apresentada no capítulo 2 teve o propósito de construir uma contextualização para o problema da pesquisa, permitindo, por meio dos conhecimentos disponíveis na literatura consultada, a elaboração do referencial teórico do estudo.

Etapa 2: *Design* e desenvolvimento

Nesta etapa, as referências identificadas, estudadas e registradas foram planejadas e detalhadas em um mapa conceitual com os dois conceitos principais: arquitetura industrial e princípios do sistema Toyota. Reflexões e análises, em uma fase abdutiva da *Design Science Research Methodology*, permitiram à pesquisadora encaminhar propostas de soluções para o problema, porém conduzidas pela assimilação dos conhecimentos adquiridos em uma leitura flutuante do material pesquisado para dar forma inicial ao modelo DAFT de diretivas.

Para promover a construção do mapa conceitual, utilizou-se o *software* CmapTools® versão 6.01.01, disponibilizado gratuitamente pelo Institute for Human & Machine Cognition (IHMC) da Universidade da Flórida (EUA).

O resultado de saída dessa etapa é a proposição do artefato (modelo DAFT) para posterior estado de demonstração e avaliação.

Etapa 3: Apresentação e avaliação

Dentro do contexto da DSRM, essa etapa se enquadra em uma pré-qualificação do artefato e se justifica pela intenção de coletar dados para seu refinamento. É o momento de apresentação das diretivas com objetivo de avaliar o potencial de atuação nas instâncias de orientação à concepção do projeto arquitetônico fabril.

Para que o modelo fosse instanciado e oportunidades de melhoria identificadas e apresentadas, foram colhidas opiniões de oito *experts* por meio de entrevistas individuais semiestruturadas.

Considerando a sugestão de Weller e Zardo (2013), os especialistas foram selecionados em vários níveis da organização, principalmente aqueles que se encontram em níveis intermediários no âmbito da gestão da instituição, que provavelmente, segundo os autores, têm condições de fornecer informações mais detalhadas sobre as estruturas

internas da organização e os seus acontecimentos. As opiniões colhidas devem ser interpretadas de forma a reproduzir opiniões, decisões e deliberações da estrutura da organização de onde advém sua experiência.

Assim, foram escolhidos oito *experts* definidos pela formação, área de atuação, experiência profissional e disponibilidade em colaborar com a pesquisa, quatro arquitetos que atuam ou atuaram em projetos arquitetônico fabris e quatro *experts* ligados ao processo de utilização da instalação fabril.

As diretivas serão confrontadas às experiências dos *experts*, que conferem autoridade para a validação da pesquisa acadêmica em suas qualificações profissionais descritas no Quadro 12 abaixo:

Quadro 12 - Perfil dos *experts* da área Fabril

| Perfil dos <i>experts</i> da área fabril | | | | |
|---|---|--|----------------------|--|
| <i>Experts</i> | Formação | Atuação | Tempo Empresa | Empresa |
| EP1 | Desenhista Industrial-Técnico Eletrônico | Supervisor de manutenção na Manufatura (elaboração e execução de projeto de utilidades na área industrial, layout industrial, alterações dos layouts internos nas áreas de produção e administração e montagens de unidades fabris). | 30 anos | Empresa de Manufatura de Brinquedos (ESTRELA) - SP |
| EP2 | Engenheira de Produção/Mestre em Construção Civil | Planejamento e Controle de Produção, Logística, Qualidade. | 6 anos | Obras Civas em uma Construtora / Docente na PUCGOIÁS - Engenharia de Produção |
| EP3 | Engenheira Civil | Engenheira Civil. | 8 anos | Montadora de veículos S/A (CAOA HYUNDAI) |
| EP4 | Engenheira de Produção | Gerente Jr de Melhoria Contínua. | 9 anos | Indústria de Produtos alimentares para bebê, medicamentos e produtos nutricionais para alimentação enteral e parenteral (MEAD JOHNSON NUTRITION) |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Quadro 13 - Perfil dos experts da área de Arquitetura

| Perfil dos <i>experts</i> da área de Arquitetura | | | | |
|---|-----------------------------------|---|----------------------|--|
| <i>Experts</i> | Formação | Atuação | Tempo empresa | Empresa |
| EA1 | Mestre em Arquitetura e Urbanismo | Arquiteto e Urbanista (fábricas de beneficiamento de tomate, milho e ervilha, fábrica de telhas zincadas, fábrica de saneantes e laboratório farmacêutico). | 39 anos | Arquitetura e Engenharia/Projetos e Construção (SIMON ARQUITETURA). Docente PUCGOIÁS - Arquitetura e Urbanismo |
| EA2 | Mestre em Arquitetura e Urbanismo | Arquiteto e Urbanista (projetos e serviços nas áreas de arquitetura e urbanismo, acústica, som e luminotécnico, hidrossanitário e combate a incêndio, elétrico e automação, estrutura de concreto e aço, todos desenvolvidos com softwares de ponta como o REVIT, CAD PROJ, TQS e CYPECAD MEP). | 27 anos | Arquitetura e Engenharia/Projetos e Construção - GO (ATHOS & WALTER) |
| EA3 | Arquitetura e Urbanismo | Arquiteto e Urbanista (fábrica de alimentos e bebidas). | 11 anos | Arquitetura Engenharia/Projetos e Construção (SDF) Docente PUCGOIÁS - Arquitetura e Urbanismo |
| EA4 | Mestre em Arquiteto e Urbanista | Arquiteto e Urbanista, Licenciatura em Construção Civil, Especialista em Metodologia de Projetos e Mestre em Engenharia de Produção. | 39 anos | ARQUITETURA Docente PUCGOIÁS - Engenharia de Civil. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

Os autores Weller e Zardo (2013) ainda argumentam que a entrevista semiestruturada, embora tenha sucesso em várias pesquisas, no caso de ser realizada com especialistas, apresentam melhores resultados com a elaboração prévia de um roteiro em que o pesquisador apresente domínio das questões abordadas e uma estrutura lógica do conteúdo.

Para tanto, foi elaborado um documento conciso em aberto para conduzir as entrevistas, apresentando as 14 diretivas e com espaço para as considerações, conforme Apêndice C. O mesmo documento foi utilizado como um tópico guia para a entrevista presencial ou no caso de contato telefônico e posterior envio por *e-mail*.

No contato inicial por meio de ligação telefônica. Foram apresentados uma introdução, a justificativa, os problemas, o objetivo e o detalhamento das etapas da pesquisa e do método de desenvolvimento e, por fim, o entrevistado foi convidado a opinar sobre cada uma das diretivas, com o posterior envio da pesquisa por *e-mail* ou pessoalmente.

Dentre as oito entrevistas individuais realizadas, uma foi presencial e teve duração de uma hora e meia, em horário e local especificado pelo entrevistado, gravada e posteriormente transcrita, constituindo um *corpus* textual, e as sete outras por *Skype* e *e-mail*.

Nos dois meios de coleta de dados os documentos encaminhados e devolvidos por *e-mail* foram:

- Protocolo de pesquisa para *experts* em edifícios fabris (Apêndice B);
- Proposta de diretivas influenciadas pelo Sistema Toyota de Produção para a concepção do projeto de arquitetura fabril para serem avaliadas (Apêndice C);
- Termo de confidencialidade (Apêndice D);
- Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice E).

Esta etapa foi *sine qua non* a pesquisa. A observação dos *experts* à proposta de diretivas responde à solução do problema da pesquisa, por meio de comparação das expectativas geradas nas etapas de proposição e projeto do modelo com sua arquitetura.

Etapa 5: Validação

Nesta etapa, todos os esforços de refinamento de acordo com os resultados das percepções e opiniões descritas sobre a proposta foram formalizados, para ficarem disponíveis em seu estado funcional e aplicável no ambiente externo. São apresentadas sínteses gráficas das opiniões e a nova proposta de diretivas refinada.

Etapa 6: Comunicação

O objetivo desta etapa será a apresentação pública do modelo desenvolvido, de modo que o conhecimento gerado possa ser aproveitado e ampliado. Também serão colocadas as considerações finais da pesquisa, destacando as conclusões, limitações e possíveis sugestões de oportunidades de trabalhos futuros.

3.3.1 INSTRUMENTOS DA PESQUISA

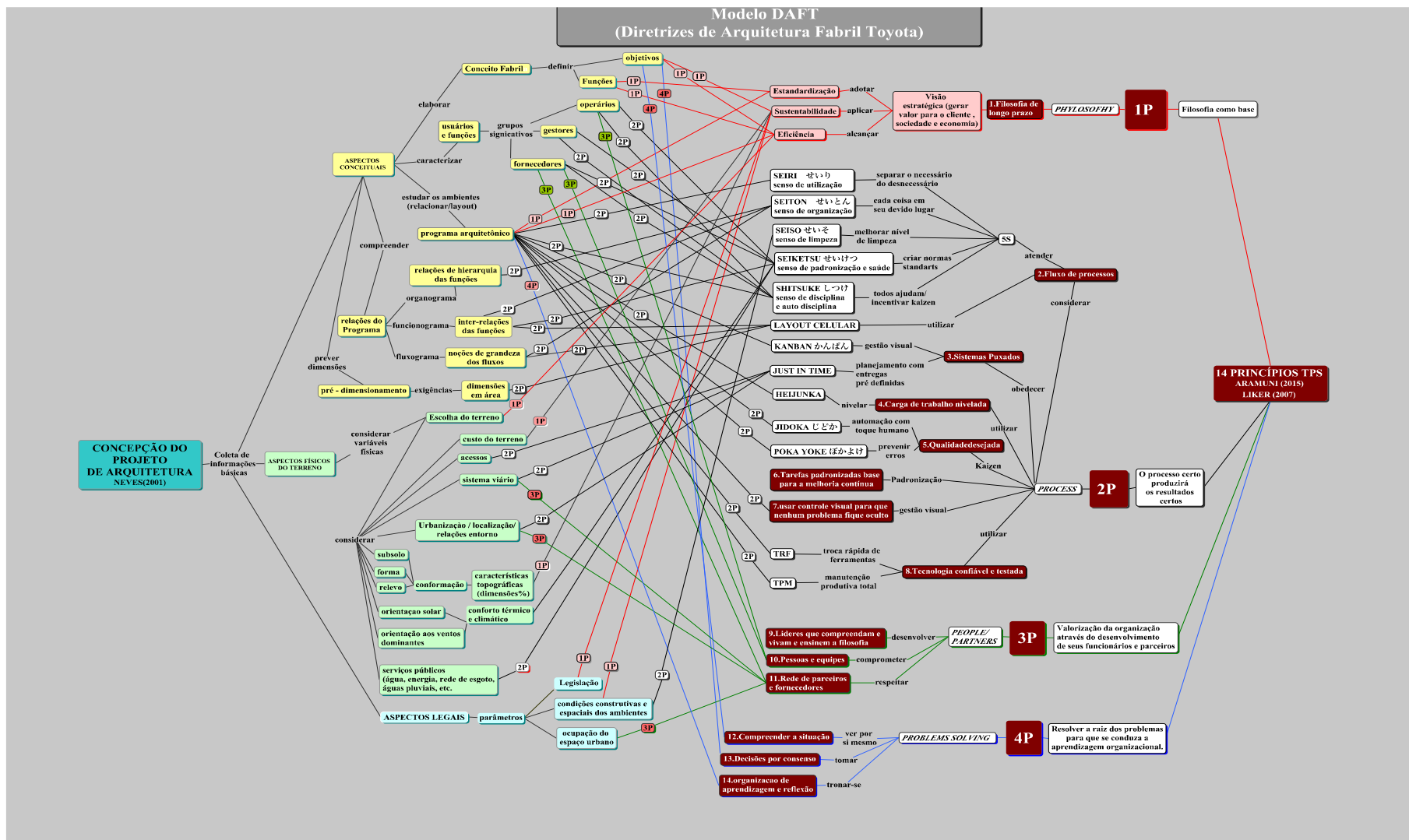
O uso da *Design Science Research Methodology* (DSRM) como procedimento metodológico da pesquisa para o desenvolvimento do modelo conceitual envolveu vários instrumentos para a coleta de dados; de início, preponderantemente a pesquisa bibliográfica com uma leitura flutuante e a observação participante. Os mapas conceituais auxiliaram na organização dos conceitos e do conhecimento de forma hierárquica e metacognitiva dentro do contexto da metodologia adotada.

Na medida em que as etapas foram evoluindo, suas saídas exigiram a utilização de entrevistas individuais semiestruturadas com *experts* das áreas de arquitetura e da produção fabril para a apresentação e avaliação do modelo de diretivas, considerando que não seria possível, por valores econômicos, a utilização do artefato para teste no ambiente externo.

3.3.2 APRESENTAÇÃO DO MAPA CONCEITUAL

A seguir, conforme ilustra a Figura 13 (também anexo em formato A3), é apresentado o mapa conceitual elaborado à luz das inter-relações entre os princípios TPS e os principais itens considerados na concepção de projetos de arquitetura. Embora o mapa conceitual indique a direção que norteará as diretivas (DAFT), foi elaborada uma síntese desta representação nos Quadros 14 a 17.

Figura 13 - Mapa conceitual para estudo da proposta DAFT



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Quadro 14 - Síntese do mapa conceitual (1P)

| 1P | Nº | PRINCÍPIOS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO | | CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL | | |
|-----------|---|--|-------------------|---|---|-----------------------------|
| | | Descrição | Ferramentas | Informações básicas / Direcionamentos iniciais do projeto (mapa conceitual) | | |
| FILOSOFIA | 1 | Decisões administrativas em filosofia de longo prazo (mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo) | Visão estratégica | Eficiência | Definir o conceito fábrica. | Aspectos conceituais |
| | | | | | Definir as funções da fábrica. | Aspectos conceituais |
| | | | | | Definir o programa arquitetônico (listar os ambientes de acordo com função da fábrica). | Aspectos conceituais |
| | | | | | Escolher o terreno favorável ao tipo de fábrica. | Aspectos físicos do terreno |
| | | | | Padronização, economia e espaços flexíveis | Estudar a padronização da setorização dos ambientes. | Aspectos conceituais |
| | | | | | Definir o programa arquitetônico que propicie economia e espaços flexíveis. | Aspectos conceituais |
| | | | | Sustentabilidade | Definir o objetivo sustentável da fábrica. | Aspectos conceituais |
| | | | | | Elaborar o projeto de acordo com a legislação e certificações. | Aspectos legais |
| | Propiciar condições construtivas e espaciais aos ambientes. | Aspectos legais | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Quadro 15 - Síntese do mapa conceitual (2P)

| 2P | Nº | PRINCÍPIOS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO | | CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL | | | |
|-----------------------|----|--|--|--|---|--|-----------------------------|
| | | Descrição | Ferramentas | | Informações básicas / Direcionamentos iniciais do projeto (mapa conceitual) | | |
| PROCESSOS | 2 | Fluxos de processos contínuos (trazendo os problemas à tona) | Programa 5S | <i>Seiri</i> (senso de utilização) | Separar o necessário do desnecessário | Definir o programa arquitetônico com economia e espaços flexíveis, relacionando os ambientes com estudo do <i>layout</i> . | Aspectos conceituais |
| | | | | <i>Seiton</i> (senso de organização) | Cada coisa em seu lugar | Estudar as relações das hierarquias das funções (organograma) dentro do programa arquitetônico. | Aspectos conceituais |
| | | | | | | Estudar as inter-relações das funções (funcionograma) dentro do programa arquitetônico. | Aspectos conceituais |
| | | | | | | Estimar as noções de grandeza dos fluxos (fluxograma). | Aspectos conceituais |
| | | | | <i>Seiso</i> (senso de limpeza) | Melhorar o nível de limpeza | Condições construtivas e espaciais dos ambientes de acordo com parâmetros legais e de uso. | Aspectos legais |
| | | | | <i>Seiketsu</i> (senso de padronização e saúde) | Criar <i>standards</i> / criar normas de limpeza | Considerar usuários e funções na padronização dos ambientes/ grupos significativos / operários/ gestores e fornecedores. | Aspectos conceituais |
| | | | | | | Inter-relacionar as funções dos ambientes para padronizar e qualificar o projeto. | Aspectos conceituais |
| | | | | | | Considerar a orientação dos ventos dominantes e a orientação solar para alcançar conforto térmico e climático dentro do ambiente fabril. | Aspectos físicos do terreno |
| | | | | | | Utilizar os serviços públicos (água, energia, rede de esgoto, águas pluviais etc.). | Aspectos físicos do terreno |
| | | | | <i>Shitsuke</i> (senso de disciplina e autodisciplina) | Incentivar a melhoria contínua | Considerar usuários e funções na padronização dos ambientes/ grupos significativos/ operários/ gestores e fornecedores. | Aspectos conceituais |
| | | | | | | No estudo do programa arquitetônico. | Aspectos conceituais |
| <i>Layout celular</i> | | | No estudo do <i>layout</i> : inter-relacionar as funções dos ambientes, identificar as noções de grandeza dos fluxos, pré-dimensionamento dos ambientes. | Aspectos conceituais | | | |

Continua...

... continuação do Quadro 15.

| | | | | |
|---|---|--|--|-----------------------------|
| 3 | Sistemas puxados (evitar a superprodução) | Kanban | Propor um programa arquitetônico que facilite a gestão visual nos ambientes. | Aspectos conceituais |
| | | Just-in-time | Estudo dos acessos. | Aspectos físicos do terreno |
| | | | Estudo do sistema viário. | Aspectos físicos do terreno |
| | | | Considerar a urbanização, localização e relações de entorno da unidade. | Aspectos físicos do terreno |
| | | | Considerar no programa arquitetônico a redução da necessidade de grandes estoques. | Aspectos conceituais |
| 4 | Carga de trabalho nivelada | Heijunka | A carga de trabalho nivelada otimiza com o estudo do <i>layout</i> os espaços fabris principalmente os destinados a estoques, estacionamentos e áreas de carga e descarga. | Aspectos conceituais |
| 5 | Qualidade desejada (construir uma cultura de parar e resolver problemas, alcançando a qualidade) | Poka-Yoke (dispositivo à prova de erros) | O projeto deve estar alinhado com as instalações de equipamentos e máquinas para atender as necessidades da produção/ automação. | Aspectos conceituais |
| | | Jidoka (automação com toque humano) | O projeto deve atender as demandas da tecnologia. | Aspectos conceituais |
| 6 | Tarefas padronizadas (melhoria contínua e capacitação dos funcionários) | Padronização | Propor a padronização no programa arquitetônico. | Aspectos conceituais |
| 7 | Controle visual (nenhum problema oculto) | Gestão visual | O projeto em seu programa arquitetônico deve favorecer a espaços interligados que promovam a comunicação visual. | Aspectos conceituais |
| 8 | Tecnologia confiável e testada (atender aos funcionários e processos) | TRF (troca rápida de ferramentas) Redução do tempo de máquina parada para intervenções. | Considerar a tecnologia que será utilizada, compatibilizando a arquitetura com os projetos complementares e equipes multidisciplinares. | Aspectos conceituais |
| | | TPM (manutenção produtiva total) | Este processo é repetido para cada um dos três passos fundamentais (Limpeza e inspeção, Eliminação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso, Padronização e controles visuais). | Aspectos conceituais |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Quadro 16 - Síntese do mapa conceitual (3P).

| 3P | Nº | PRINCÍPIOS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO | | CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL | |
|---------------------|----|--|---|---|-----------------------------|
| | | Descrição | Ferramentas | Informações básicas / Direcionamentos iniciais do projeto (mapa conceitual) | |
| PESSOAS E PARCEIROS | 9 | Desenvolver líderes (que vivam e ensinem o trabalho e a filosofia) | Liderança | No programa arquitetônico, prever espaços para reuniões, cursos, aulas e treinamentos para desenvolver líderes. | Aspectos conceituais |
| | 10 | Desenvolver pessoas e equipes (que sigam a filosofia da empresa) | Comprometimento | No programa arquitetônico, prever espaços para reuniões, cursos, aulas e treinamentos e outras atividades de aprendizado. Considerar usuários e funções. Grupos significativos: operários, gestores e fornecedores. | Aspectos conceituais |
| | 11 | Respeitar a rede de parceiros e fornecedores (desafiando-os e ajudando-os a melhorar) | Parcerias (equipes multidisciplinares) | No programa arquitetônico, prever espaços de apoio a rede de parceiros e fornecedores. | Aspectos conceituais |
| | | | | No estudo de viabilidade do projeto, verificar a viabilidade do sistema viário. | Aspectos físicos do terreno |
| | | | No estudo de viabilidade do projeto, considerar a urbanização e as relações da organização com o entorno. | Aspectos físicos do terreno | |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Quadro 17 - Síntese do mapa conceitual (4P)

| 4P | Nº | PRINCÍPIOS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO | | CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL | |
|----------------------|----|--|---------------------------|--|----------------------|
| | | Descrição | Ferramentas | Informações básicas / Direcionamentos iniciais do projeto (mapa conceitual) | |
| SOLUÇÃO DE PROBLEMAS | 12 | Ver por si mesmo para compreender completamente a situação | Integração | Visitas a empresas similares. | Aspectos conceituais |
| | 13 | Decisões por consenso (opções consideradas completamente; implementá-las com rapidez) | Processo decisório | Projeto analisado e discutido com equipes multidisciplinares para tomada de decisões por consenso. | Aspectos conceituais |
| | 14 | Organização de aprendizagem e reflexão incansável pela melhoria contínua | Aprendizagem | Reflexão sobre a proposta do projeto em todas as etapas para buscar melhorias. | Aspectos conceituais |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Seguindo a linha de raciocínio estabelecida no mapa conceitual, a descrição do modelo Diretivas de Arquitetura Fabril Toyota (DAFT) dar-se-á no capítulo 4 em seções denominadas na sequência dos 4P's: filosofia, processo, pessoas e parceiros e solução de problemas, conforme Aramuni (2015). Cada uma das quatro categorias desdobrar-se-ão na inter-relação dos seus 14 princípios adjacentes conectados aos dados e itens básicos para conceber um projeto de arquitetura, resultando em uma ação essencialmente estratégica e significativa para identificar os princípios do TPS na concepção do projeto de arquitetura industrial.

CAPÍTULO 4 – PROPOSTA DAFT

Este capítulo examina a externalização de ideias e constructos configurados no mapa conceitual, mostrando a forma com que os conceitos se interagem e se polarizam no projeto arquitetônico fabril. As diretivas propostas visam o estabelecimento de recomendações sobre os principais aspectos metodológicos da concepção de projetos fabris. Destaca-se que a diretiva tem a função de ser uma ferramenta orientativa associada a plano de ação ou mesmo a um planejamento à elaboração de projetos de arquitetura fabril.

4.1 PROPOSTA DE DIRETIVAS INFLUENCIADAS PELO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO PARA A CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL

4.1.1 Filosofia

A primeira diretiva tem como princípio apoiar as decisões administrativas a longo prazo, mesmo que ocorram perdas temporárias nas metas financeiras de curto prazo (LIKER; MEIER, 2007).

A primeira recomendação para viabilização dessa diretiva envolve o desenvolvimento de uma visão estratégica. Na fase inicial do projeto de arquitetura deve-se priorizar a interdisciplinaridade como forma de antecipar as decisões erradas, mal fundamentadas ou não validadas em torno da visão estratégia TPS, com vistas à estandardização, eficiência e sustentabilidade da indústria a ser projetada.

O projeto industrial é caracterizado pela sua complexidade, dado pelo grande número de parâmetros, dados e informações que, na elaboração do projeto, devem ser compartilhadas, discutidas e decididas com as equipes multidisciplinares envolvidas

(PADIN, 2009). Estão neste grupo profissionais das áreas da engenharia de produção, de processo, de segurança, de equipamentos, de eletricidade, de instrumentação, de sistemas e métodos de produção, de estruturas e hidráulica, entre outros.

A segunda recomendação refere-se aos objetivos e funções que direcionarão o projeto padronizado e o processo de fabricação que se nortearão nas especificidades do conceito da indústria a ser projetada e nos princípios de gestão TPS. Segundo Kach *et al.* (2015), devem agregar valor aos clientes, à sociedade, à comunidade e aos seus funcionários.

Para Rodrigues (2014), a filosofia TPS direciona a organização ao associar, de maneira eficaz, seus objetivos, seus valores, sua visão de futuro e sua missão. Isso deve ser operacionalizado por meio de um plano estratégico integrado. Segundo Padin (2009), a forma arquitetônica deve seguir a função e ao mesmo tempo deve levar ao extremo as exigências funcionais do projeto fabril e as condicionantes técnicas, de acordo com os objetivos definidos.

A terceira recomendação consiste em analisar minuciosamente a escolha do terreno com sua natureza físico-espacial, que pode ser condicionante ou restritiva à eficiência e sucesso do empreendimento fabril. A planta do terreno com todas as informações técnicas (zoneamento, área edificável, condições do subsolo, serviços públicos disponíveis e condições de transporte, entre outras) e as características topográficas e condições do entorno devem ser conhecidas pelo arquiteto.

Antes mesmo de analisar e pesquisar valores é importante conhecer o zoneamento da região pretendida. Ele estabelece as diretrizes do crescimento da região, definindo as áreas residenciais, comerciais, industriais e mistas, além de prever as taxas de ocupação, definindo as porcentagens máximas das construções. Dentre os aspectos influenciáveis estão:

- O partido arquitetônico, determinando a variável entre o pré-dimensionamento e a dimensão do terreno;
- A condição do subsolo (apoio estrutural, a profundidade do lençol freático e a infiltração de resíduos industriais), que determinará a possibilidade de construção;
- Os serviços disponíveis ao terreno (linhas de gás e encanamentos de ar comprimido, eletricidade, tanto para energia como iluminação, serviços de telefonia e lógica), para dar suporte ao sistema produtivo e suas implicações;
- As condições de transporte, que talvez seja um dos primeiros elementos com o qual o arquiteto se defrontará, diante do planejamento dos acessos de pessoas e produtos;
- As áreas de estacionamento dentro do complexo fabril serão delimitadas e dimensionadas conforme as condições do sistema viário, isto é, de acordo com a disponibilidade de transporte público, ou em caso contrário para comportar os carros dos trabalhadores ou ônibus fretado.

A quarta recomendação associa-se à relação dos edifícios com o meio ambiente imediato. Nesse sentido, envolve: propor no projeto soluções integradas às condições espaciais e construtivas dos ambientes; gerir a energia, a água e os dejetos das atividades; desenvolver o conforto higrotérmico, acústico, visual e olfativo; providenciar a qualidade sanitária dos espaços, do ar e da água e ainda atender às exigências legais de funcionamento.

Considera-se que a visão estratégica da filosofia TPS empenha-se em buscar a relação harmoniosa entre a organização fabril e o meio ambiente. Esta é a tendência para alcançar a sustentabilidade, ou seja, o estado da arte na edificação industrial.

Para a quarta recomendação, a organização deve buscar um dos selos de arquitetura sustentável, como o *Haute Qualité Environnementale* (HQE - Alta Qualidade Ambiental), o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED - Liderança em

Energia e Desenho Ambiental) ou o projeto *Morizukuri*, que significa “criar floresta” e está descrito no relatório de sustentabilidade de 2014 da Toyota. Este projeto sustentável prioriza a biodiversidade local, inserindo áreas de florestas produzidas com vegetação original da região e com um desenvolvimento muito rápido. Esta ação constrói *habitats* autossustentáveis, mas, para que seja viável, deve que ser prevista no projeto.

4.1.2 Processo

Nesta segunda diretiva o processo é analisado, de acordo com Rodrigues (2014), por intermédio de sete princípios: fluxo de processos contínuo, sistema puxado evitando a superprodução, nivelamento da carga de trabalho, cultura da qualidade, padronização para melhoria contínua e aprendizagem, controle visual explicitando os problemas e tecnologia alinhada aos processos e funcionários.

Para viabilização dessa diretiva, emerge como primeira recomendação iniciar o projeto, resolvendo em planta o estudo dos fluxos produtivos, e prever os acessos de matérias-primas, produtos em fabricação, produtos acabados, escoamento da produção, de operários, de utilidades e de pessoal administrativo. Este estudo, em todos os níveis e setores da organização, deve estar nivelado com os objetivos e estratégias da organização.

Para Camarotto (1998), o estudo do projeto deve iniciar pelo estudo do fluxo do centro de produção, que comporta os processos automatizados (contínuos) e, em seguida, determinam-se as outras áreas. O fluxo de processos contínuos evidencia problemas que reforçam a consonância entre os objetivos e as estratégias organizacionais para todos os níveis e setores da organização. Para ajudar a atingir esse princípio também no projeto, a organização e o *layout* da linha podem ser trabalhados por meio do programa 5S e das células de produção, respectivamente, que são indicações do TPS.

A segunda recomendação envolve relacionar e estudar todos os ambientes ou

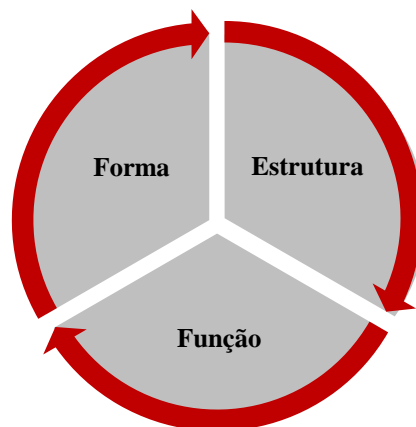
elementos arquitetônicos necessários para o ambiente industrial, criando uma atmosfera de utilização real dos espaços e evitando o superdimensionamento quantitativo e dimensional do ambiente fabril.

A terceira recomendação procura identificar a hierarquia das funções (organograma), as inter-relações das funções (funcionograma) e a noção de grandeza dos fluxos (fluxograma), locando cada ambiente em sintonia com o contexto de funcionamento da fábrica.

No contexto do TPS, a linha de pensamento deve ser de um ambiente de excelência operacional com base em métodos, apoiando em ferramentas que busquem a qualidade contínua como parte atuante da estratégia da organização e, principalmente, considerando a filosofia organizacional voltada para as pessoas, priorizando a compreensão, o respeito, a motivação e a otimização de suas forças de trabalho (ARAMUNI, 2015).

O projeto de arquitetura, de acordo com Forti (1964 apud Padin, 2009), se concretiza por meio da combinação harmoniosa de três elementos: função (resultante dos requisitos de produção), estrutura (associada aos requisitos materiais e economia da construção) e forma, sem distanciar do homem e suas necessidades materiais e morais (Figura 14).

Figura 14 - Três elementos da Arquitetura fabril.



Fonte: Adaptado de Forti apud Padin (2009).

A quarta recomendação procura tornar o projeto flexível às possíveis expansões, com economia e padronização em nível dos processos construtivos pré-fabricados, facilitar a programação visual de identificação das edificações, contribuir para elaboração do fluxo interno e externo das edificações e padronizar as instalações dos projetos complementares.

Segundo Camarotto (1998), a flexibilidade na concepção do projeto do edifício destinado à produção deve permitir a expansão vertical e horizontal, mantendo a mesma estrutura. Padin (2009) reforça esta posição, destacando que é interessante que os edifícios e principalmente as circulações contemplem, desde o projeto inicial, as possíveis expansões.

A modulação dos projetos fabris também pode ser incluída dentro do senso de organização, pois a concepção do projeto em quadrículas pode ser favorável na distribuição dos espaços com flexibilidade para atender as constantes alterações de maquinário e automatização das fábricas. Outros benefícios são identificáveis, como pré-fabricação da construção, proteção contra incêndios com a alternância dos edifícios com produções mais perigosas, organização do tráfego interior e do sistema de canalizações e pontes de tubulações (*pipe-racks*) nas ruas.

A quinta recomendação associa-se ao projeto de arquitetura, o qual deve atribuir

aos ambientes projetados condições construtivas e espaciais, especificando materiais de fácil assepsia que reduzam a possibilidade de acidentes e sejam adequados a cada função fabril. O projeto também deve prever áreas de serviço, apoio e armazenamento de produtos que sejam bem definidas e funcionais (BOUÇAS, 2013). A qualidade de vida fabril oferecida aos seus grupos de usuários pode sofrer influência da cultura da organização e do clima organizacional (FIORESE; MARTINEZ, 2016).

A sexta recomendação associa-se aos aspectos de padronização e saúde. Na escolha do terreno e no estudo da locação dos edifícios deve-se analisar a orientação solar e a orientação aos ventos dominantes para prever as condições climáticas e térmicas às quais as edificações da organização estarão expostas e, conseqüentemente, seus usuários.

Segundo Padin (2009), as exigências climáticas do local de implantação dos edifícios devem considerar os conceitos de economia e sustentabilidade e serem aplicados em todos os projetos. A identificação da “geometria ótima” da edificação pode melhorar as condições de conforto térmico no interior dos edifícios, minimizando o uso de equipamentos de condicionamento de ar.

A sétima recomendação sustenta que se utilize a luminosidade natural e evite a insolação. Nesse sentido, a localização dos edifícios no terreno deve ser pensada de modo a propiciar o máximo de luz natural a todos os ambientes de trabalho e sem permitir a entrada de sol direto. A boa iluminação influencia na eficiência do trabalho e no psicológico do trabalhador (PADIN, 2009).

A oitava recomendação envolve atender às determinações legais municipais, estaduais ou federais vigentes, que regulam e contribuem com questões de segurança do trabalho, de condições de conforto térmico, acústico e higiene e do meio ambiente. As áreas comuns, banheiros, refeitórios e outros, estão contempladas nessas exigências e recomendações.

O atendimento de adequações legais no projeto de arquitetura beneficiará a saúde dos trabalhadores. Sobre estes projetos incidem exigências de órgãos governamentais diversos, como se pode constatar pelo caso do município de Goiânia, com o Código de Edificações, da Secretaria do Meio Ambiente (SEMMA), da Companhia de Saneamento do Estado de Goiás (SANEAGO), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), das Normas Regulamentadoras da Consolidação das Leis do Trabalho (decretadas pelo Congresso Nacional), do Corpo de Bombeiros do Estado de Goiás (CBMGO). Outras portarias e Normas Regulamentadoras (NR 24, NR 8, NR 12) também regulam a segurança do trabalho, as condições de conforto, higiene, utilização de máquinas e equipamentos e meio ambiente.

Não somente o conforto térmico das edificações, mas também os acústicos serão relevantes durante o desenvolvimento do projeto, considerando o ruído externo que poderá atingir a edificação industrial e o ruído interno que será emanado no meio ambiente (PADIN, 2009).

A nona recomendação propõe programa arquitetônico com espaços internos e externo autodisciplinados que espelhem a organização do TPS, apoiados no *Lean Office* nas áreas administrativas. O espaço projetado deve respeitar as necessidades das atividades no desenvolvimento das funções de todos os grupos significativos de usuários (operários, fornecedores e gestores) que colaboram e incentivam a melhoria contínua (*kaizen*) aplicada no ambiente fabril, facilitando a criação normas *standards*. Nesse sentido, o *Lean Office* (escritório enxuto), que aplica princípios e ferramentas do TPS às atividades administrativas das organizações. O objetivo é a eliminação de retrabalho, a redução de atividades que não agregam valor aos processos, dos problemas de comunicação e de custos e o aumento de produtividade e eficiência das funções administrativas (EVANGELISTA; GROSSI; BAGNO, 2013).

Este objetivo exige do projeto de arquitetura fabril, em seu setor administrativo, que tem fluxos de informações e que não acompanham os processos de material ou de fabricação, áreas de trabalho otimizadas com postos de trabalhos organizados, criando hábitos e rotinas padronizados e projetado com mobiliário adequado.

A décima recomendação preconiza considerar o *layout* como a base projetual para a composição da espacialidade da fábrica tanto da área produtiva quanto das demais áreas. Na relação entre todas as partes constituintes da fábrica, a análise do *layout* abrange a movimentação de materiais, de pessoas e equipamentos, as características do produto e dos equipamentos previstos, a localização de instalações já existentes, como subestações e vias de acesso, o entendimento das relações multidisciplinares do processo produtivo, das linhas de produção e das atividades do complexo fabril (circulação, administração, instalações sanitárias, vestiários, refeitórios e cozinhas) e principalmente os sistemas informatizados, prevendo certa flexibilidade para que a indústria acompanhe as mudanças tecnológicas (PADIN, 2009).

Idealmente, o uso das três dimensões deve racionalizar o uso do espaço tridimensional (armazenagem verticalizada, transportadores aéreos, construções com vários andares, uso de subsolo, entre outros) e não apenas o espaço bidimensional.

A utilização da distância mínima, a obediência ao fluxo para diminuir os esforços de movimentação, a redução das distâncias e também a eliminação de cruzamentos, retornos e interrupções são substanciáveis neste estudo (OLIVÉRIO, 1985).

O pré-dimensionamento do edifício, com uso de referências dimensionais, interpreta as exigências nas áreas das atividades listadas no programa arquitetônico.

Portanto, deve-se investir em referências dimensionais para o pré-dimensionamento e o estudo dos *layouts* com algumas visitas em outras fábricas do mesmo gênero (dificultadas pelo sigilo industrial) ou levantamento bibliográfico (PADIN, 2009).

A décima primeira recomendação sustenta que a área produtiva deve explorar preferencialmente o modelo de *layout* celular. Considerar os elementos restritivos como pilares e paredes no edifício fabril, sistemas de pontes rolantes para movimentação e equipamentos monumentos. De acordo com Souza Júnior *et al.* (2012), o *layout* celular adequado ao TPS trabalha em pequenos lotes de produção, o que permite maior variedade nos produtos. Os trabalhadores desenvolvem mais do que uma única tarefa e operam mais que uma única máquina em dois ou mais postos de trabalhos distintos e próximos, nos quais um número limitado de peças ou modelos (produtos em famílias) é processado com pouca movimentação.

Para este modelo, os estudos de *layout* devem estabelecer com exatidão e precisão a forma da organização fabril (maquinário e departamentos) para otimizar o tempo de produção (ROSA *et al.*, 2014).

Villa e Junior (2014) afirmam que o correto dimensionamento do espaço fabril é um dos maiores problemas do arquiteto. Os autores Silva *et al.* (2015) concordam que as organizações fabris com estudos de *layouts* bem elaborados são mais dinâmicas e têm mais eficiência seus processos organizacionais.

O estudo do *layout* é o último item na ramificação dos itens listados no fluxo de processo (2P) do mapa conceitual. Contudo, este item influenciará na forma do edifício industrial e na disposição espacial dos edifícios da organização dentro do terreno, que só serão definidos após o estudo do arranjo físico da produção, que determinará a área necessária para o estabelecimento das atividades, as indicações e necessidades de iluminação, ventilação, instalações, condicionamento de ar e maquinário necessário.

O sistema integrativo estabelece-se de duas formas: um único volume com todos os setores industriais ou em vários blocos com setores divididos em edifícios separados. Nestes casos, a ampliação se dá por meio da construção de novas unidades autônomas.

No TPS, a produção é escoada imediatamente após a produção, podendo, em muitos casos, eliminar estoque de saída de produto manufaturado. A tendência de integrar as funções administrativas nas áreas de manufatura com o objetivo de melhorar a comunicação dos sistemas puxados do TPS que é o próximo princípio 2P.

4.1.3 Sistema puxado

Como primeira recomendação para esta diretiva, sugere-se a redução das áreas destinadas a armazenagens. O sistema puxado ou produção puxada é o método de controle da produção em que as atividades fluxo abaixo avisam as atividades fluxo acima sobre suas necessidades, evitando a superprodução (ARAMUNI, 2015).

O sistema *Kanban* é um sistema de informação (cartões) para controlar harmoniosamente as quantidades de produção em cada processo com base nas necessidades e demanda real dos clientes. O resultado será a redução do estoque para níveis mínimos, da probabilidade de obsolescência da produção, do capital improdutivo da empresa, dos custos operacionais de pessoal de equipamentos e outros (BHUSHAN *et al.*, 2016).

Assim, como os estoques em excesso não são de todo desejáveis, ao contrário, a redução da área de *warehouse* é favorável ao projeto, que disponibiliza esta área para outras atividades fabris definidas dentro das necessidades do programa arquitetônico.

A segunda recomendação envolve programar as áreas destinadas a estacionamentos de carga e descarga para movimentar materiais em pequenos lotes com alta frequência com constância e no menor *Lead Time* com o mínimo de tráfego cruzado de pessoas e de mercadorias.

No conceito JIT, a fábrica produz apenas o que é necessário, quando é necessário e na quantidade necessária, ou seja, de acordo com as solicitações dos clientes, às ordens

da previsão, com a qualidade requerida. Isso significa gerenciar e alocar os seus próprios recursos, porém é necessária uma boa seleção de fornecedores (PATIL, 2016).

O conjunto de formatos logísticos deve fornecer o suprimento no momento em que o item estiver em produção e o mais próximo ou no exato ponto de consumo, minimizando a movimentação e mantendo o sincronismo da operação focado na continuidade e no menor *Lead Time*. O projeto deve considerar que o caminhão tem um horário de partida e um horário de chegada, tendo como ordenação uma movimentação de material em pequenos lotes e com alta frequência operando com caminhões compactos, nunca em grandes carretas (TAKEUCHI, 2010).

A definição projetual dos acessos de pessoas e veículos ao complexo fabril é determinada pelo distrito industrial que influenciará no estudo das circulações internas. É recomendável que a entrada de mercadorias e a expedição sejam separadas e obedeçam ao fluxo da produção, que deve ser simples e ininterrupto com o mínimo de tráfego cruzado de pessoas e de mercadorias. As áreas de estacionamento devem considerar os métodos de transporte de matéria-prima e produtos acabados, além do transporte de trabalhadores de e para o edifício industrial (PADIN, 2009).

4.1.4 Carga de trabalho nivelada

Esta diretiva sustenta que a disposição física dos equipamentos deve otimizar a carga de trabalho, permitindo flexibilidade de adaptação dos *layouts*. *Heijunka* é uma ferramenta que tem função de nivelar e trazer estabilidade ao processo de fabricação, convertendo a demanda desigual dos clientes em um processo de fabricação uniforme e previsível. O objetivo do *heijunka* é evitar altas e baixas no cronograma de produção, resultando um melhor controle do inventário de produtos acabados. Existirão os fatores de desnivelamento externos ao processo produtivo, como as flutuações na procura,

contudo fatores internos poderão contribuir para a estabilidade: o tempo disponível para a produção dividido pela demanda de mercado (tempo *takt*), planejamento do *Kanban* e as vezes de *setup* (REWERS; TROJANOWSKA, 2016).

Neste contexto, o projeto da disposição física dos equipamentos torna-se num fator crítico no desempenho da organização (SILVA, 2009). As ações de nivelamento da carga de trabalho serão viabilizadas também por um projeto flexível do sistema de manufatura.

4.1.5 Qualidade desejada

A primeira recomendação sustenta que o projeto de arquitetura deve estar alinhado com toda a tecnologia adequada e prevista ao processo a ser desenvolvido. A cultura de fazer certo na primeira vez sem retrabalhos, identificar falhas ou interromper imediatamente toda a produção ao se identificar alguma anomalia é auxiliada pelos sistemas programados *jidoka* – autonomia e *Poka-Yoke* – garantindo a integridade de produtos semiacabados em toda a linha (ARAMUNI, 2015).

O arquiteto deve estar atento às novas tecnologias de produção e prever certa flexibilidade e diretivas para a forma do edifício fabril para que não se torne obsoleto por uma mudança tecnológica.

Os sistemas informatizados de dados e Tecnologia da Informação dependem dos serviços de telefonia e lógica já considerados na escolha da localização do empreendimento. Esta condicionante permite que a fábrica não apenas comunique-se corretamente internamente, mas também decisões por meio da rede global.

4.1.6 Padronização

Esta diretiva sugere que as tarefas padronizadas são a base para a melhoria

contínua. Nesse sentido, deve-se estabelecer a padronização na setorização dos ambientes do programa fabril, considerando os diversos graus de influência das variáveis físicas e conceituais (especialmente nos ambientes que têm ligações com acessos), na especificação dos materiais construtivos e na relação de compatibilização da arquitetura com os projetos complementares.

No TPS, a padronização para melhoria contínua e aprendizagem só acontece depois de definir o ponto ótimo para cada ação a partir das melhores práticas, capacitando os colaboradores e calibrando todos os equipamentos. A estabilidade das ações possibilita previsões adequadas dentro das metas estabelecidas e é o passo anterior à padronização (ARAMUNI 2015).

4.1.7. Comunicação visual

Como primeira recomendação para viabilizar esta diretiva, deve-se utilizar a gestão visual para facilitar a comunicação entre os setores, orientando os fluxos de pessoas e de materiais aos acessos de entrada, saída e movimentação dentro e fora dos edifícios, principalmente dos funcionários, evitando que se movimentem desnecessariamente. O projeto, em sua proposta de disposição dos ambientes coordenados com suas afinidades de função, também deve colaborar com a gestão visual, permitindo o acesso visual às operações quando adequado, ou mesmo a comunicação entre as pessoas envolvidas na operação.

A gestão visual explicita os problemas e é considerada uma medida simples e eficaz utilizada nas organizações do TPS, principalmente com a observação *in-loco*. Sendo assim, é necessário preparar toda a linha com indicadores visuais simples e de fácil acesso. O programa 5S, o *Poka-Yoke* e a autonomia, bem como alguns elementos ou etapas do TPM e do *Kanban* auxiliam a dinamizar o controle visual (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Para Silva (2009), a disposição física dos equipamentos/ambientes da área produtiva pode permitir que os gerentes vejam a totalidade do fluxo pelo qual são responsáveis, viabilizando um melhor controle de produção.

As definições de pontos de supermercados (alimentação) das linhas de produção devem ser projetadas em local de fácil visualização para detectar rapidamente excessos de estoques.

Considerando que os olhos são responsáveis por 75 – 90% da realização das atividades humanas, 87% de todas as impressões sensoriais são recebidas por meio deste órgão e no TPS a observação visual é muito importante, outros fatores na área de manufatura onde a acuidade visual é solicitada serão essenciais, como boa iluminação do entorno das máquinas e entendimento do método de manufatura. Os novos conceitos de tratamento sociotécnico das áreas de produção atenta para o cuidado no uso das cores, contudo o desconforto do ambiente industrial pode ser causado por reflexões especulares e não pela cor utilizada nas instalações (PADIN, 2009).

4.1.8 Tecnologia confiável e testada

A primeira recomendação para esta diretiva, antes da elaboração do projeto, é que o arquiteto visite alguns estabelecimentos industriais, conhecendo as instalações e o funcionamento dos equipamentos e máquinas previstos na produção.

Na visão do TPS a tecnologia é um meio e não um fim, está alinhada aos processos e pessoas, que são o foco principal. A TPM, a TRF e a autonomia são exemplos da participação ativa das pessoas diante das características e tecnologia dos equipamentos para obter resultados satisfatórios (ARAMUNI 2015).

Para garantir este princípio, o projetista deve ter conhecimento sobre a tecnologia a ser utilizada.

4.1.9 Pessoas e parceiros

Os líderes no TPS devem transmitir os princípios da organização e conhecer integralmente as atividades operacionais. Os objetivos estratégicos incorporados a um plano de carreiras consistente e as políticas de Recursos Humanos assegura que estes líderes tenham origem na base da organização e permaneçam nela (ARAMUNI, 2015).

A recomendação para este princípio é determinar no programa arquitetônico espaços para treinamentos, locais com visibilidade para os quadros de desempenho, salas para reuniões e espaços alternativos (internos e externos) para uso de eventos da organização ou para os funcionários.

Segundo Silva (2009), um exemplo destas atividades é o evento *kaizen*, que treina os membros da equipe, programa as tarefas a serem realizadas durante uma semana, efetua as tarefas programadas e realiza uma apresentação final para direção da empresa.

Os colaboradores e as equipes devem ter um conhecimento pleno de suas atividades específicas, além do envolvimento e responsabilidade com todas as outras atividades da organização (SILVA, 2009).

4.1.10 Pessoas e equipes

Recomenda ao projeto preocupar-se com a concepção de um edifício funcionalmente eficiente, que responda da melhor maneira às exigências das várias equipes de utilizadores nos diferentes espaços. Este raciocínio durante a elaboração do projeto considera o desempenho das pessoas e impacta nas operações do chão-de-fábrica e também nas atividades de escritório.

4.1.11 Rede de parceiros

Neste princípio é importante destinar no projeto espaços de apoio, salas de reunião

e espaço cibernético com rede de computadores para favorecer as interações e o compartilhamento de conhecimento, estabelecendo um clima de cooperação e estabilidade com os parceiros e fornecedores.

Para ilustrar a complexidade dessas redes de cooperação, o modelo utiliza o estudo de Ito *et al.* (2014), que coletaram dados da rede *Kyohokai* de parceiros da Toyota no Japão em sua pesquisa de análise para mensurar a intensidade e o grau da relação de transações e é nítida a centralização da organização e a forte cooperação interativa entre os parceiros de rede. A rede de parceiros, segundo eles, é considerada uma extensão da Toyota.

4.1.12 Solução de problemas

Como primeira recomendação, o arquiteto deve fazer visitas a indústrias, primordialmente visitas aos edifícios de produção. Isso deve fazer parte da cultura de cada executivo, líder ou colaborador, uma vez que conhecer pessoalmente a situação-problema tem sido uma forma de nivelar e unificar as informações (ARAMUNI, 2015).

4.1.13 Tomar decisões por consenso

No TPS, todos os envolvidos de alguma forma no processo produtivo devem participar ou contribuir com dados ou informações para as decisões, que são definidas após a identificação das múltiplas opções. Essa ação, que depois de definida agiliza a implementação da solução, pode aumentar o tempo para a tomada de decisões, mas, quando definida, é consenso e a implementação é rápida.

Na concepção do projeto fabril, a compatibilização de todos os projetos, analisando as possíveis interferências de cada projeto sobre todos os demais, de modo a detectar e corrigir qualquer eventual incompatibilidade, agilizará o processo construtivo do empreendimento.

Recomenda-se a utilização de softwares de projeto que empreguem a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) para auxiliar o desenvolvimento da compatibilização (VILLAR; JUNIOR, 2014).

4.1.14 Tornar uma organização de aprendizagem e reflexão

Ter uma postura de visão ponderada acerca da importância das questões ligadas ao espaço físico de acordo com as exigências, à redução do ciclo de vida dos produtos, às novas exigências do *marketing* e à necessidade de modernização dos sistemas industriais não só na concepção do projeto, mas em todo o ciclo de vida da organização industrial.

Os processos de aprendizagem estão vinculados a aspectos da cultura da organização TPS e às melhores práticas utilizadas nos processos já estabilizados. Outro aspecto importante é a proteção do conhecimento com a busca da manutenção do corpo funcional por longo prazo (ARAMUNI, 2015).

Ao projeto físico do edifício industrial, cabe a reflexão que o distancia de ser apenas um invólucro genérico desvinculado das características do processo produtivo que abriga e sem qualquer interface significativa com o planejamento e controle da produção e com as estratégias de desenvolvimento da organização (MICHELS, 1993).

A competição e os crescentes padrões de exigência do mercado reduzem o ciclo de vida dos produtos, exigindo das organizações capacitação para as inovações com agilidade. Reordenações de *layout* com acréscimos em linhas de produção existentes, expansões e outras ações são as exigências que solicitam altos níveis de flexibilidade nas instalações físicas. O *marketing*, importante também no ambiente competitivo, valoriza a qualidade estética das suas instalações físicas pelo bom ambiente de trabalho para os funcionários ou pela preocupação na preservação do meio-ambiente e convivência harmônica com o entorno que a rodeia. A necessidade de modernização dos sistemas

industriais direciona não apenas sobre equipamentos, processos industriais e procedimentos administrativos, mas inclui a organização de fábrica (MICHELS, 1993).

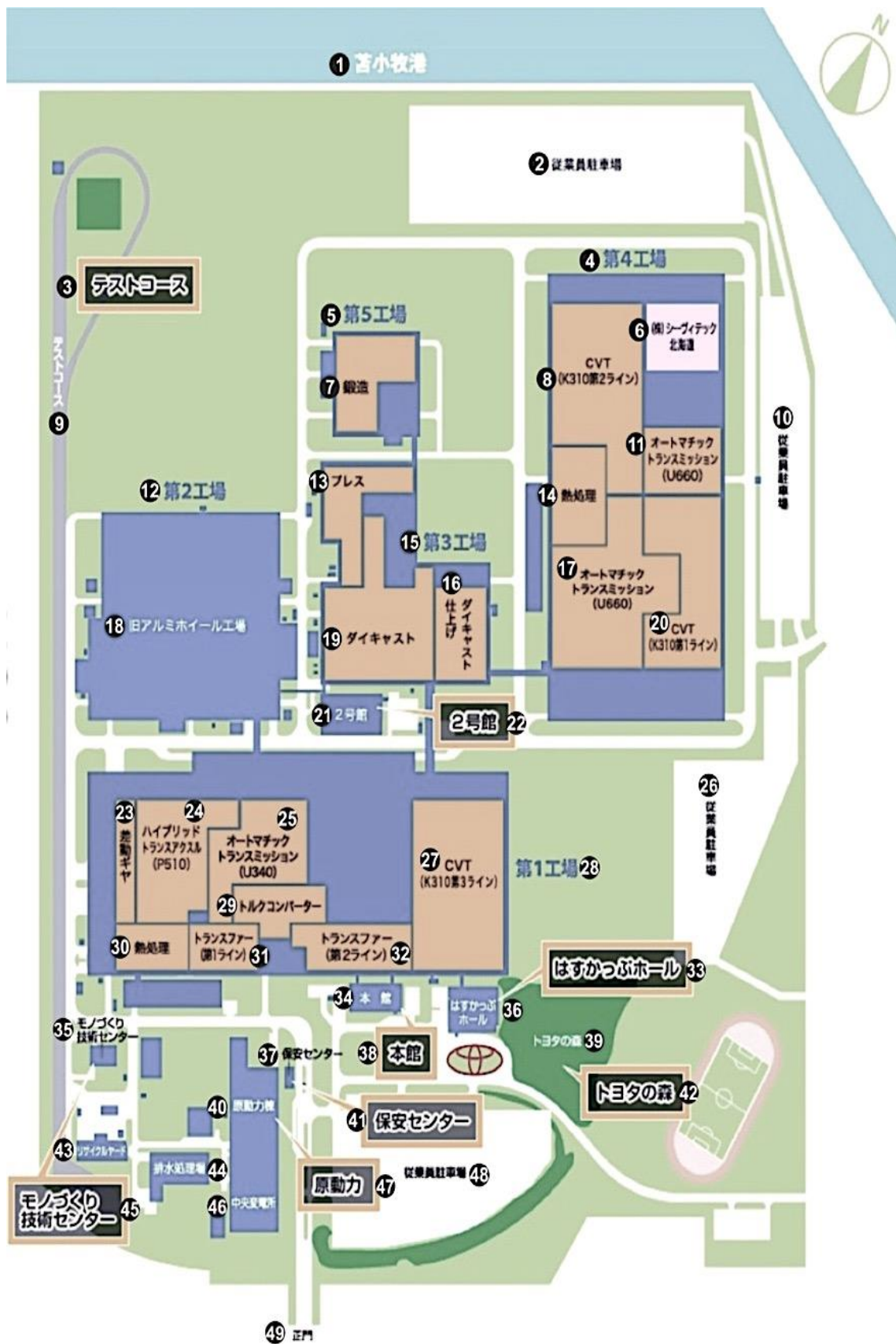
4.2 UMA ANÁLISE DE UMA FÁBRICA DA TOYOTA.

Para buscar uma qualificação inicial da proposta de diretivas, foi realizada uma análise de referência em uma arquitetura essencialmente com base nos princípios TPS. O estudo foi elaborado a partir da disponibilidade de informações no *site* oficial da fábrica da Toyota Motor Hokkaido, Inc. (<http://www.tmh.co.jp/>) e da implantação representada na Figura 15, que identifica os locais de atividades desta fábrica e suas ordenações.

A empresa em questão opera como uma subsidiária da Toyota Motor Corporation, fabricando peças de automóveis tais como transmissão automática, transmissão continuamente variável, transferência e rodas de alumínio. Foi fundada em 1991 e está sediada em Tomakomai, na ilha de Hokkaido, no Japão.

Justifica-se na diretiva 1 a escolha da natureza físico-espacial do terreno na cidade de Tomakomai para a implantação da fábrica por vários fatores. Entre eles, as condições de transporte são garantidas pela proximidade com o porto de Tomakomai (1) e o aeroporto.

Figura 15 - Implantação da fábrica da Toyota Motor Hokkaido, Inc.



Fonte: Adaptado de <http://www.tmh.co.jp/>. Acesso 29 /12/ 2016.

| Legenda da implantação da fábrica da Toyota Motor Hokkaido, Inc. | | | |
|---|-------------------------------------|-------|---------------------------------|
| Primeira planta | | | |
| 24 | Transformador híbrido (P510) | 29 | Conversor de torque |
| 25 | Transmissão automática (U340) | 31 | Transferência linha 1 |
| 27 | CVT (3ª linha K310) | 32 | Transferência linha 2 |
| Segunda planta | | | |
| 18 | Antiga fábrica de rodas de alumínio | | |
| Terceira planta | | | |
| 13 | Prensa | 19 | Fundição |
| 16 | Acabamentos da fundição | | |
| Quarta planta | | | |
| 6 | Itekakita Ltda | 14 | Processo de tratamento térmico |
| 8 | CVT (2ª linha K310) | 17 | Transmissão automática (U660) |
| 10 | Estacionamento da linha | 20 | CVT (1ª linha K310) |
| 11 | Transmissão automática (U660) | | |
| Quinta planta | | | |
| 7 | Forjaria | 44 | Controle de águas residuais |
| 34/38 | Edifício principal | 45/35 | Centro de tecnologia da fábrica |
| 36 | Salão Sukatsuburu | 46 | Subestação |
| 39/42 | Floresta da Toyota | 43 | Estaleiro de reciclagem |
| 41 | Central de segurança | 3 | Último percurso |
| 47/40 | Força motriz | 2 | Edifício |
| 48 | Estacionamento de empregados | 1 | Porto Tomakomai |
| 40 | Subestação centro | 2 | Estacionamento de empregados |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

A área do terreno é de 1,03 milhões de metros quadrados e permite futuras ampliações, considerando que a área construída atualmente é de 305.000 metros quadrados e atende a diretiva 2 em suas recomendações para as possíveis expansões.

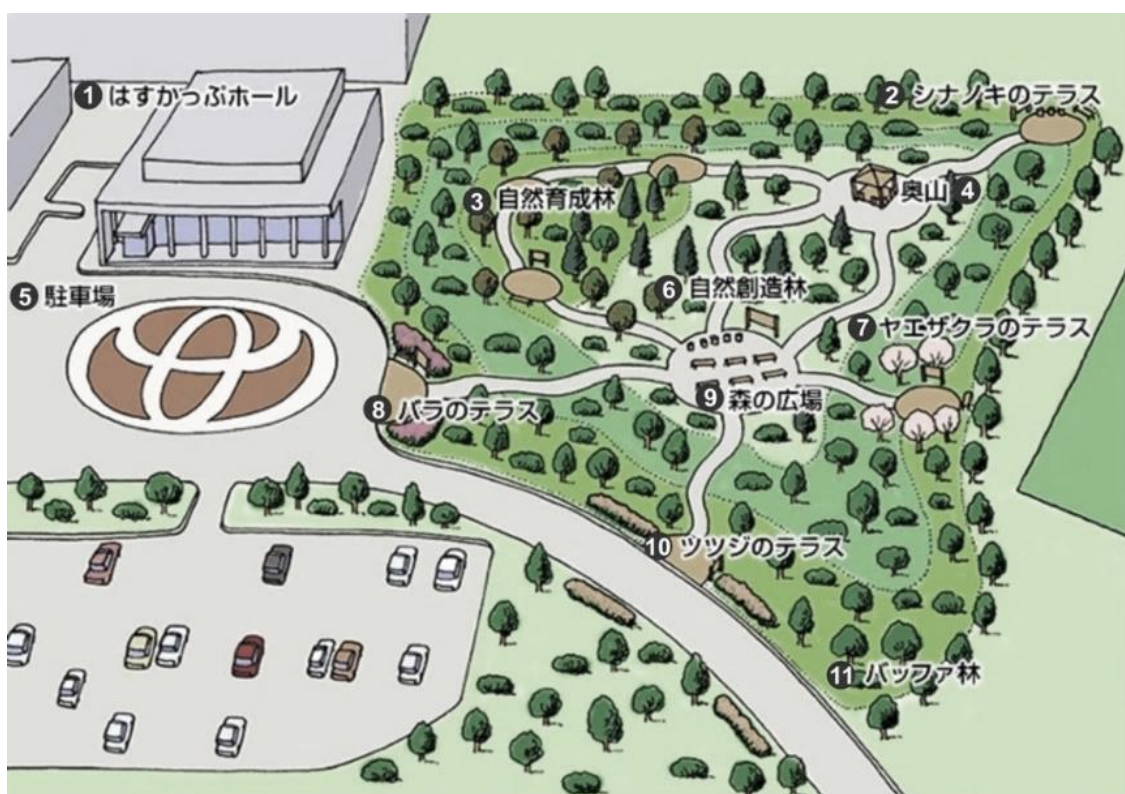
Há também excelentes possibilidades de recursos humanos que são favoráveis para a logística. O número de funcionários em 1 de setembro de 2016 era de 3.149 pessoas, com idade média é de 35,2 anos de idade.

As diretivas 9, 10, 11 e 14 são observadas com a preocupação de se criar espaços alternativos, como a sala polivalente (36), que foi construída para comemorar a fundação 10 anos da Toyota Motor Hokkaido, onde é utilizada para fazer exposições, receber clientes e fazer treinamentos com funcionários.

Fica evidente também a quarta recomendação da diretiva 1, pois a empresa é ativamente empenhada em atividades de conservação ambiental e valoriza a comunicação com a comunidade local, cooperando ativamente em atividades de conservação ambiental de Hokkaido. Obedece às leis e acordos sobre o meio ambiente, garantindo a conformidade da norma, bem como realiza uma prevenção da poluição e melhoria contínua do ambiente global. A fim de minimizar o impacto ambiental, dentre seus objetivos e metas está o menor consumo de energia para evitar o aquecimento global, reduzir a emissão de substâncias nocivas para o ambiente provenientes das atividades produtivas e promover a formação de uma sociedade orientada para a reciclagem.

A fábrica também conta com uma floresta (Figura 16) com uma área de 17.600 metros quadrados com cerca de 3 mil árvores de aproximadamente 3 m de altura, composta principalmente de árvores da região. Há também caixas-ninho e cabines de compostagem de aves.

Figura 16 - Floresta da fábrica Toyota Motor Hokkaido



Fonte: <http://www.tmh.co.jp/information/forest.html>. Acesso 9 de dezembro de 2016.

| Legenda da Floresta de <i>Hokkaido</i> | | | |
|--|--------------------------------------|----|--------------------------------------|
| 1 | Hall de conferencia | 6 | Terraços de cerejeira |
| 2 | Terraços de tília japônica | 7 | Terraço de rosas |
| 3 | Florestas de desenvolvimento natural | 8 | Centro da floresta “ <i>hiroba</i> ” |
| 4 | Estacionamentos | 9 | Terraço de rododendro |
| 5 | Florestas de criatividade natural | 10 | Floresta “tampão” |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Existem espaços abertos ou praças com bancos que podem ser usados com vários propósitos e disponíveis para todos os grupos significativos, dentre eles funcionários, gestores e fornecedores.

A organização dos edifícios utiliza o sistema integrativo, construído em vários blocos, e os setores são divididos em edifícios setorizados por atividades. São representados na implantação cinco plantas, edifício principal (34/38), salão Sukatsuburu (36), central de segurança (41), estação de força (47/48), subestação (40), uma central de controle de águas residuais (44), subestação centro (46), um estaleiro de reciclagem (43) entre outros.

O centro de tecnologia (45/35) está de acordo com a diretiva 8.

Pode-se observar também que as áreas destinadas a estacionamentos são separadas, ou seja, as de funcionários (2), de visitantes e ainda os estacionamentos da linha (10), que ficam próximos da planta de produção, conforme diretiva 3.

Na parte interna das plantas estão descritas as etapas da produção de manufatura das peças automotivas fabricadas, porém, a falta de detalhes não permite discutir a diretiva 2. Contudo, observa-se que algumas diretivas podem ser contempladas nestas informações oficiais

No próximo capítulo, o trabalho conduz para a apresentação do conjunto de diretivas propostas aos *experts* para avaliação e validação, de acordo com a sequência da DSRM, adotada na pesquisa.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS DA PESQUISA

5.1 APRESENTAÇÃO, AVALIAÇÃO E VALIDAÇÃO DA PROPOSTA DAFT

Nesta etapa de apresentação da pesquisa, que coletou seus dados na revisão sistemática da literatura e elaborou 14 diretivas com base nas relações dos construtos estudados no mapa conceitual, são submetidas as percepções de *experts*, por meio de entrevistas.

O objetivo é alcançar subsídios qualitativos identificados nas opiniões sobre o conjunto de diretivas apresentado.

5.1.1 As entrevistas

A entrevista individual é um procedimento bastante utilizado para coleta de dados e para esta pesquisa adotou-se o modelo semiestruturado.

No contato inicial de cada entrevista, foram apresentados brevemente os objetivos da pesquisa, um resumo sobre os construtos, a metodologia utilizada e, por fim, o entrevistado foi convidado a opinar sobre cada uma das diretivas.

Para tanto, foi elaborado um documento em aberto para conduzir as entrevistas e atender os fins e objetivos da pesquisa. Este documento convida o entrevistado para colaborar na qualificação das diretivas. Como ideal, o arquivo foi conciso, apresentando as 14 diretivas e com espaço para as considerações, conforme apêndice C. O mesmo documento foi utilizado como um tópico guia para a entrevista presencial ou no caso de envio por *e-mail*.

Dentre as oito entrevistas individuais realizadas, uma foi presencial e sete por *Skype* e *e-mail*. Em todos os casos, o contato inicial com o possível entrevistado foi por meio telefônico e posteriormente enviada a pesquisa por *e-mail* ou entregue pessoalmente.

A entrevista presencial teve duração de uma hora e meia, em horário e local

especificado pelo entrevistado, gravada e posteriormente transcrita, constituindo um *corpus* textual. No caso da entrevista com a engenheira da montadora de veículos, o contato inicial também foi telefônico e as suas opiniões também foram enviadas por *e-mail*. No entanto, ela disponibilizou uma visita técnica com apresentação do projeto do complexo industrial.

Nos dois meios de coleta de dados foram apresentados quatro documentos: o protocolo de pesquisa para *experts* em edifícios fabris (apêndice B), a proposta de diretivas influenciadas pelo sistema Toyota de produção para a concepção do projeto de arquitetura fabril para serem avaliadas (Apêndice C) e dois outros que se referem a procedimentos éticos relacionados a esta pesquisa, que seriam o termo de confidencialidade (apêndice D) e o consentimento livre e esclarecido (Apêndice E).

As entrevistas foram realizadas no período de janeiro de 2017 e em todos casos, conduzidas pela autora deste trabalho.

5.1.2 Relação dos *experts*

Os *experts* entrevistados na pesquisa foram selecionado em dois grupos: arquitetos com experiência em projetos fabris (que receberam a denominação EAn) e profissionais envolvidos diretamente com o processo produtivo fabril (que receberam a denominação EPn).

Dessa forma, como apresentado anteriormente no capítulo de metodologia científica, foi criada a seguinte nomenclatura: EA1, EA2, EA3 e EA4 – para os *Experts* Arquitetos – e EP1, EP2, EP3 e EP4 – *Expert* da Produção, ou seja, para os profissionais da área do processo fabril. As empresas em que os profissionais atuam são de médio a grande porte e situam nos estados de São Paulo, Goiânia e Anápolis.

5.2 AVALIAÇÃO DO MODELO DAFT

Nesta seção serão apresentados os resultados da pesquisa decorrentes das entrevistas realizadas, sem interferência da opinião da pesquisadora.

5.2.1 Resultados e discussão da pesquisa

Os resultados da pesquisa deste trabalho foram organizados por diretiva, apresentando as opiniões dos 8 *experts*, que foram inicialmente esclarecidos da origem das diretivas nos princípios do Sistema Toyota de Produção, conforme documento utilizado na pesquisa.

5.2.1.1 Diretiva 1

Na primeira recomendação da primeira Diretiva, os resultados das opiniões dos *experts* apontam um consenso entre eles sobre a interdisciplinaridade do projeto de arquitetura, como apresentado no Quadro 18. Foram incluídas também a necessidade de comunicação da arquitetura do ambiente fabril com a visão e missão da empresa com o projeto. Na segunda recomendação, as opiniões destacaram o programa de necessidade comprometido com os objetivos e funções fabris. Na terceira, dados técnicos do terreno a construir foram detalhados, e na quarta recomendação os *experts* incluem a flexibilidade a construção sustentável.

Quadro 18 - Síntese das opiniões dos *experts* sobre a diretiva 1 (4 recomendações)

| <i>experts</i> | Diretiva 1 - Recomendação 1 |
|----------------|--|
| EA2 | Na fase inicial é imprescindível todos profissionais dos projetos complementares, com o conhecimento específico de cada área, para contribuir com informações técnicas decisivas no lançamento do estudo preliminar, diminuindo significativamente os erros e evitando o retrabalho da concepção arquitetônica. |
| EA3 EA1 | A interdisciplinaridade será importante depois que o arquiteto projetista tiver se envolvido com o programa de necessidades, preocupando-se com a intersectorização e a inter-relação das atividades, pois ele precisa do domínio das necessidades iniciais do projeto para intermediar as discussões, ele é o gestor do processo. |

Continua...

... continuação do Quadro 18.

| | |
|------------------------------------|---|
| EA4 EP1 EP2 | A interdisciplinaridade é fundamental a todos os níveis de todos os projetos. |
| EP1 | Definido o objetivo do projeto e a equipe de profissionais envolvidos no processo de projeto, são destacadas as participações de cada profissional determinando prazos e prioridades para cada etapa do projeto. Estas ações iniciais da concepção do projeto anteciparão problemas gerados ao longo da execução do empreendimento. |
| EP3 | As decisões iniciais devem ser muito discutidas e estudadas, para que seja realmente a melhor decisão a longo prazo, considerando do valor investido inicialmente. |
| EP4 | A visão e a missão da organização devem ser consideradas na concepção do projeto de arquitetura fabril. |
| Diretiva 1 - Recomendação 2 | |
| EP4 | É imprescindível entender os objetivos e funções para a concepção do projeto a partir do ponto de vista do cliente final, pensando no que é necessário para agregar valor e ao mesmo tempo atender às exigências TPS. |
| EA3 | A função no planejamento da arquitetura fabril é a atividade principal ou o conjunto de atividades para atender a necessidade vital da indústria. Na concepção da planta industrial neste modelo de gestão, o arquiteto, durante o processo de coleta de informações e de projeção, precisa perceber e aplicar o conceito da empresa, o qual deve proporcionar benefícios à sociedade de um modo geral. |
| EA2 | O direcionamento do projeto à funcionalidade será influenciado por uma relação de itens técnicos que serão propostas no estudo preliminar. |
| EP1 | A elaboração de um plano de projeto bem definido e adequado agrega valor a todos os envolvidos direta e indiretamente no projeto. |
| EA4 | Deve-se considerar valores ao município, estado e união. |
| EP2 | É necessário gerar uma estrutura analítica dos processos de projeto visando identificar suas interfaces para garantir que o cliente seja satisfatoriamente atendido. Deve-se buscar coerência das metas estabelecidas no longo prazo e curto prazo, estas últimas devem representar o desdobramento das metas de maior horizonte. |
| EA1 EP3 | Concordam com a diretiva. |
| Diretiva 1 - Recomendação 3 | |
| EA2 | O pleno conhecimento da área a ser construída da indústria levará o arquiteto a decisões básicas e acertadas: seja nos acessos de funcionários, acessos de veículos, acessos de caminhões, acessos de carga/descarga, a própria escolha do local para a edificação principal que é a fábrica (coração do empreendimento), onde as linhas de produção industrial exigirão estudo profundo no que tange ao “sentido único” da produção. |
| EA1 | A experiência de projeção de uma fábrica de conservas, em que o desnível do terreno foi determinante em uma etapa do processo produtivo em que os insumos eram transportados por gravidade. |
| EA3 EA2 | Além de conhecer o lugar escolhido, a planta do terreno, a características plano-altimétricas com sua declividade, sua orientação solar ou insolação e o perfil geológico (laudo de sondagem), a legislação sobre o uso do solo, não esquecendo do entorno imediato. Este conjunto de dados irá, portanto, moldar o projeto arquitetônico. |
| EA4 EP1 | Os <i>experts</i> sugerem que sejam relevantes dados cadastrais levantados, legislações federais, estaduais e municipais que incidem na utilização do terreno. |
| EP2 EP3 EP4 | Há uma concordância sobre a recomendação pelos <i>experts</i> . |

| Diretiva 1 - Recomendação 4 | |
|------------------------------------|---|
| EA2 | No lançamento arquitetônico deve pensar na harmonização e racionalização no consumo de energia, de água, e lembrar sempre que o homem/funcionário é o que habitará e transitará entre os ambientes, necessitando qualidade acústica, visual, olfativa e do ar e a sustentabilidade que no TPS é propósito da visão estratégica. |
| EA3 | Na espacialidade do lugar, devem ser interpretadas também as questões ambientais que são legisladas pelo município, conveniadas com os órgãos de outras esferas administrativas para evitar com responsabilidade ações antrópicas no meio ambiente. |
| EA4 | Deve-se evitar danos ao lençol freático, a vegetação e a bacia hidrográfica da região. |
| EA1 | Inclui-se na definição dos espaços arquitetônicos principalmente as soluções de ventilação e iluminação, considerando as grandes dimensões dos ambientes que não podem interromper a linha de produção. |
| EP1 EP2 | Ênfase deve ser dada ao detalhamento do projeto (arquitetura e complementares) e também ao processo construtivo e ao planejamento do tempo de obra. |
| EP3 EP4 | É de extrema importância a intenção de expansões (<i>masterplan</i>) que exigem um projeto flexível e que melhorias possam acontecer sem grandes impactos. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.2 Diretiva 2

Na segunda diretiva, cujos resultados das opiniões são apresentados no Quadro 19, as quatro primeiras recomendações se agrupam para a proposta final. As opiniões são sobre o estudo dos fluxos e dos ambientes fabris para elaboração de um programa de necessidades bem dimensionado e com previsão para possíveis expansões. A quinta recomendação teve um pequeno ajuste textual, mantendo a essência da proposta. A sexta e sétima recomendações também se agrupam pela proximidade de conteúdo nas opiniões dos *experts*. A oitava recomendação se confirmou nas opiniões dos *experts*, reforçando a ideia de atendimento aos aspectos legais em todos ambientes do complexo fabril. A nona diretiva foi aceita alinhando o programa fabril ao sistema de trabalho aplicado à organização, no caso o TPS. A décima e a décima primeira recomendação, também pelas opiniões dos *experts*, podem se agrupar pela proximidade dos conteúdos, o *layout* como base projetual e a escolha do *layout* celular para a área produtiva.

Quadro 19 - Síntese das opiniões dos *experts* sobre a diretiva 2 (11 recomendações)

| <i>experts</i> | Diretiva 2 – Recomendação 1 |
|------------------------------------|--|
| EA1 EA2 EA3 EA4 | Resolver o fluxo produtivo fabril no projeto é o cerne da questão. |
| EA3 EA4 | O estudo dos fluxos deve ser desenvolvido inicialmente em uma visão macro do conjunto caminhando para o micro, relacionando os setores produtivos, administrativos, armazenamento e despacho até o fluxo interno de cada ambiente (<i>layout</i> , circulação, aberturas e apoio). |
| EA2 | O fluxo básico é o da matéria prima que será transformada em produto acabado, passará por várias etapas de produção e em cada uma poderá receber uma complementação de novos produtos, interagindo com a necessidade de recursos humanos em algumas fases. |
| EP1 | A elaboração de um diagrama de blocos para visualização dos diversos setores que se interagem com o processo produtivos, antes de entrar no estudo de detalhamento. Também a elaboração de um fluxograma produtivo dar uma visão geral e direcionar a construção do programa de necessidades. |
| EP2 EP3 EP4 | A logística operacional dentro de um parque industrial é muito importante, para isso deve-se conhecer a metodologia de trabalho TPS, o sistema de armazenamento e distribuição para projetar um fluxo racional e objetivo nas áreas externas que gerem a menor movimentação, mantendo fluxo contínuo e sempre para frente. |
| EP1 | A concepção de um projeto arquitetônico fundamentado no fluxo produtivo fabril contribui na definição do arranjo físico mais adequado, propiciando benefícios como a minimização de transporte de matéria-prima/produto de um setor para o outro, otimização da produção e do gerenciamento. |
| Diretiva 2 – Recomendação 2 | |
| EP1 | Na segunda recomendação, que relaciona e estuda todos os ambientes ou elementos arquitetônicos do ambiente fabril, o <i>expert</i> EP1 concorda que esta ação permite analisar condições de manutenção e segurança e prever futuras necessidades de expansão dos processos. |
| EA2 | De acordo com o entrevistado EA2, uma boa solução de distribuição de espaços dependerá da experiência profissional do projetista na área industrial quantificando cada ambiente e desenvolvendo um bom “programa de necessidades”. |
| EA1 | Esta condição para o <i>expert</i> EA1 induzirá ao lançamento adequado do setor produtivo, inclusive prevendo futuras expansões. |
| EA3 | De forma prática, o arquiteto EA3 novamente cita Neves (2001), que orienta a elaboração de uma planilha denominada Quadro Síntese, onde serão pré-definidos setores, nomenclatura dos ambientes, função, atividades, atos, mobiliários, equipamentos, instalações e observações que, juntos, resultarão no pré-dimensionamento. Também é aconselhado desenvolver juntamente com o Quadro Síntese uma outra planilha denominada Matriz de Correspondência, que nada mais é do que a interpelação entre setores e os ambientes, definindo o grau de ligação e se há ligação. |
| EP3 | Com experiência em construções fabris, EP3 sugere que nesta etapa do projeto devam estar todos os representantes dos projetos envolvidos, principalmente os dos usuários após concluído, para neste momento trazer todos os problemas à tona. |
| EP4 EP2 EA4 | Os <i>experts</i> concordam com a recomendação. |
| Diretiva 2 – Recomendação 3 | |
| EA2 | A utilização dos elementos denominados de diagramas (organograma, funcionograma, fluxograma e o fisiofuncionograma), gráficos que organizam o pensamento mental do projetista. Saber setorizar cada bloco (edifício) em função da sua responsabilidade com o objetivo final que é a expedição do produto acabado, é também uma tarefa de grande experiência do arquiteto industrial. A hierarquia produtiva, a inter-relação entre setores e fluxograma interno, quando resolvidos completamente, contribui para a organização da empresa fabril. |

Continua...

| | |
|--|---|
| EP4 | A <i>expert</i> recomenda pensar em alocar as funções de apoio ao longo do processo e o mais próximo possível de onde o valor é construído. |
| EP1 | A assertividade do projeto depende da logística operacional proposta dentro do parque industrial, que é resultado do conhecimento da metodologia de trabalho, do armazenamento e distribuição, no caso o TPS, determinando áreas externas para utilização de movimentação com fluxo racional e objetivo. |
| EA2 EA3 | O arquiteto torna-se corresponsável então pelo sucesso e viabilidade econômica da empresa em se manter no mercado, com sua participação no início do empreendimento e no processo de projeção. |
| EA1 EA4 EP2 EP3 | Os <i>experts</i> concordam com a recomendação. |
| Diretiva 2 – Recomendação 4 | |
| EA2 | O projeto que é concebido flexível para expansibilidade, com funcionalidade entre setores resolvidos, que busca processos construtivos modernos e econômicos, que prevê a fácil identificação do conjunto arquitetônico e que desde o início compatibiliza os projetos complementares, terá alcançado o objetivo da palavra “projeto”. |
| EA3 | A flexibilidade do projeto está também na forma de apropriação do terreno para atender a perspectivas futuras de expansão ou retração do ambiente fabril tendo em vista novos usos. |
| EP2 | Na fase inicial do projeto é importante coletar o máximo de informações a respeito da tipologia da indústria, a intenção de expansão (<i>masterplan</i>), entre outros, para que as soluções arquitetônicas tenham ligação com a estratégia estabelecida pela organização. |
| EP4 | Reconhece-se que as instalações fabris devem contar com controles visuais que sejam fáceis identificação de bom e ruim / certo ou errado (ex. grelhas de ar condicionado de difícil acesso para identificação e execução de limpeza posicionado acima de um equipamento crítico com produto exposto, piso em que não se consegue enxergar fontes de sujeiras, locais de difícil acesso). |
| EA1 EA4 EP1 EP3 | Os <i>experts</i> concordam com a recomendação. |
| Diretiva 2 – Recomendação 5 | |
| EA2 | O <i>expert</i> arquiteto, ciente da sua responsabilidade com as normas pertinentes ao uso e aplicação da grande variedade de materiais, recomenda o estudo e aprimoramento na escolha, que implicará em um bom uso dos espaços criados, trazendo segurança, higiene e conforto aos usuários, mesmo nas áreas menos nobres do conjunto fabril e que devem se relacionar funcionalmente com as demais. As áreas de serviço, de apoio e armazenamento da produção devem estar no quadro síntese do programa de necessidades e na matriz de correspondência, de forma funcional. |
| EA3 | O processo construtivo faz parte do que denominamos de conceito da Tectônica, que é o material/elemento/forma/função e que se considera parte do campo de conhecimento do projetista na elaboração de uma simples planta de um ambiente ou de um complexo industrial. |
| EA1 EA4 EP1 EP2 EP3 EP4 | Os <i>experts</i> concordam com a recomendação. |

| Diretiva 2 – Recomendação 6 | |
|------------------------------------|---|
| EA2 | Na locação dos edifícios, a orientação dos blocos em relação ao caminho do sol, é importante pensar na envoltória do edifício, nas fachadas, na cobertura, para trazer benefícios aos usuários na hora do trabalho. Para este <i>expert</i> , os ventos dominantes sobre o complexo fabril são fator importante a considerar em indústrias que entre seus resíduos estejam o pó do processo fabril, lançamento da fumaça ou vapor d'água. |
| EA3 | Os ventos dominantes também podem ser favoráveis para a renovação da ventilação natural. Da mesma forma, a insolação pode ser utilizada para reduzir o consumo de energia, sendo que estas questões bem resolvidas em projeto dão à empresa um caráter sustentável e condições de obter uma melhor produtividade em seus ambientes. |
| EP1 | O estudo da orientação solar para distribuição dos edifícios no complexo fabril auxilia em alguns casos na conservação da matéria-prima ou do produto acabado evitando danos (formato, textura e qualidade) pela temperatura a que estão expostos ou ainda nas condições de trabalho dos funcionários. |
| EA3 | Os aspectos citados acima são abordados nos cuidados na apropriação do terreno por fatores primordiais como: físicos, funcionais, espaciais e financeiros. |
| EA1 EA4 EP2 EP3 EP4 | Os <i>experts</i> concordam com a recomendação. |
| Diretiva 2 – Recomendação 7 | |
| EA3 | A luminosidade e a insolação são aspectos naturais e em determinadas regiões se faz de extrema necessidade seu domínio no projeto, caso contrário pode inviabilizar determinados empreendimentos pela difícil climatização. |
| EP1 | A iluminação no ambiente fabril é essencial para que se executem atividades na linha produtiva ou administrativas em um ambiente bem iluminado, prevenindo acidentes e aumentando a produtividade e eficiência de um colaborador. |
| EA2 | O arquiteto tem hoje uma infinidade de materiais pré-fabricados que, se utilizados adequadamente, poderão trazer a luz solar para os ambientes, deixando o calor do lado de fora. |
| EA2 EA3 | A escolha de materiais construtivos para o edifício fabril dependerá do conhecimento do arquiteto e da busca por novidades no mercado de invenções e patentes como a energia solar. |
| EA1 EA4 EP2 EP3 EP4 | Os <i>experts</i> concordam com as recomendações. |
| Diretiva 2 – Recomendação 8 | |
| EA2 | O <i>expert</i> preconiza que o arquiteto respeite e conheça profundamente todas as normas pertinentes à área industrial, para que sua solução arquitetônica esteja dentro dos parâmetros urbanísticos, sanitários, trabalhistas e ambientais. |
| EA3 | As exigências legais, sejam elas físicas, trabalhistas ou higiênicas, independentemente da esfera de normatização, remete o projeto a propor uma planta fabril que atenda todas as normas legais que garantam a integridade física ou emocional do usuário. |
| EA1 EA4 | Os arquitetos incluem ao projeto áreas externas para descanso, lazer (centro esportivo, quadra de futebol etc.) e contemplação, e outros como um centro social e creches. |
| EP1 EP2 EP3 EP4 | Os <i>experts</i> da área produtiva concordam com a recomendação. |
| Diretiva 2 – Recomendação 9 | |
| EA3 | Um programa arquitetônico, quando elaborado tecnicamente completo, permite o desenvolvimento do projeto do complexo fabril com o ordenamento disciplinado de todo o sistema nas diversas áreas, seja na produção, administração e/ou apoio. |

... continuação do Quadro 19.

| | |
|--|---|
| EA1 | O projeto deve refletir a estrutura de trabalho fabril – sistema produtivo – em todos os espaços da organização. |
| EA2 | Os espaços internos e externos se interagem mutuamente, trazendo luz, verde, vento, calor/frio, sons, necessários ao bom desempenho das atividades humanas dentro do complexo fabril. |
| EA4 EP1 EP2 EP3 EP4 | Os <i>experts</i> concordam com a recomendação. |
| Diretiva 2 – Recomendação 10 | |
| EA2 | O <i>layout</i> dos ambientes permitirá a visualização espacial útil de cada ambiente e de cada setor produtivo. Com o <i>layout</i> inserido, as plantas arquitetônicas tomam vida, se incorporam ao resto do conjunto. |
| EP1 | O estudo do arranjo físico determinará o planejamento de todos os postos de trabalho, áreas de refeitórios, áreas de banheiros, vestiários e restaurantes, docas, <i>warehouse</i> , áreas administrativas, áreas de estacionamentos e outros, sincronicamente definindo os fluxos de materiais e pessoas. |
| EA3 | O <i>layout</i> dos equipamentos – maquinários – se torna de extrema importância para a linha de produção por suas características específicas. |
| EA1 EP1 EP2 EP3 EP4 EA4 | Os <i>experts</i> concordam com a recomendação. |
| Diretiva 2 – Recomendação 11 | |
| EP2 | Sugere-se um arranjo físico (preferencialmente em células) das linhas produtivas que possa dar condições de transparência ao processo produtivo com previsão para instalações de dispositivos como o <i>andon</i> , <i>Kanban</i> eletrônico, para que os problemas possam ser resolvidos no menor tempo possível quando estiver em operação visando reduzir tempos improdutivos de <i>setups</i> não programados. Além disso, é importante no projeto considerar premissas que facilitem a implantação do 5S, com espaços devidamente delimitados propiciando uma boa manutenção do local que entrará em operação. |
| EP1 | Na escolha do melhor <i>layout</i> seja ele celular, por produto ou posicional e processo é importante locar cada operador, as máquinas, os equipamentos e instalações de acordo com o fluxo de informação e o fluxo de materiais por meio das operações. |
| EA2 | Na área produtiva, quanto mais racional for o lançamento dos espaços, melhor será sua comunicação com os produtos, podendo cada célula ser repetida ao lado da outra, se relacionando e ao mesmo tempo, sendo independentes. |
| EA3 | Todo complexo industrial, por trabalhar com um número significativo de pessoas, precisa controlar os resultados da produção. Um dos fatores que compõem o conjunto de procedimentos para tal objetivo é um bom <i>layout</i> . |
| EA1 EA4 EP3 EP4 | Os <i>experts</i> concordam com a recomendação. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.3 Diretiva 3

Passando para a terceira diretiva, apresentada no Quadro 20, verifica-se a partir das discussões que a primeira e segunda recomendação podem ser aglutinadas, pois tratam de assuntos afins, dos *warehouses* e das áreas de carga e descarga. A diretiva também foi qualificada quando uma das opiniões preconizou que a redução das áreas de *warehouses* pode não ajudar a criar menores variações do fluxo – o que poderia fazê-lo seria o dimensionamento correto do estoque e o sistema de fluxo interno.

Quadro 20 - Síntese das opiniões dos *experts* sobre a diretiva 3 (2 recomendações)

| Diretiva 3 – Recomendação 1 | |
|------------------------------------|--|
| EP4 | A <i>expert</i> contradiz a diretiva quando argumenta que redução por redução das áreas de <i>warehouse</i> pode não ajudar a criar menores variações do fluxo, e sugere dimensionar corretamente o estoque e o sistema de movimentação interna para reduzir essa atividade que por muitas vezes faz um operador de empilhadora andar quilômetros. |
| EA2 | O dimensionamento das áreas de armazenamento de matéria prima e de produto acabado sempre estarão para o arquiteto como vilão no processo da concepção, para resolver isso dependerá de uma assessoria pela equipe de consultoria da indústria TPS. |
| EP1 | A redução de desperdícios com altos estoques e a consequente diminuição das áreas de <i>warehouse</i> seria a situação ideal de qualquer fábrica, ainda que não fosse na filosofia TPS e nos sistemas puxados. |
| EA4 | O dimensionamento correto do estoque mínimo tanto de matérias primas e produto acabado é de fundamental importância e uma exigência atual. |
| EA3 | O sistema puxado favorece para que espaços físicos estagnados dentro da planta da empresa possam ser liberados para serem melhor utilizados conforme necessidade e evolução do processo de produção. A visão contemporânea de uma planta industrial é pensada no sentido do aproveitamento máximo dos espaços físicos. |
| EP3 | A <i>expert</i> destaca que em sua empresa tem algumas áreas de <i>warehouse</i> , devido aos insumos serem todos importados. Porém, o estoque é equivalente ao somente ao tempo de importação. |
| EP2 EA1 | Os <i>experts</i> concordam com a recomendação. |
| Diretiva 3 – Recomendação 2 | |
| EA2 | A solução do transporte interno e entre as edificações será de total responsabilidade do arquiteto fabril. Caberá a ele analisar o fluxo interno de funcionários, visitantes, movimentação de materiais, cargas em matéria prima, cargas em produto acabado e principalmente fazer o direcionamento mais prático, seguro, viável e econômico de tempo. Para isto, poderá também fazer o uso da sinalização/comunicação industrial, mecanismo necessário e obrigatório em grandes empresas. |
| EP1 | No estudo das áreas externas devem ser considerados no projeto o estudo de rampas de acesso e as características dos equipamentos utilizados para tornar seguros e operacionais os serviços executados no complexo industrial. O estudo no projeto da programação de carga e descarga e circulação de empilhadeiras no chão de fábrica minimiza a movimentação no tráfego de maquinários e transportes, reduzindo o <i>lead time</i> do produto. |

Continua...

... continuação do Quadro 20.

| | |
|-------------------|---|
| EA3 EA2 | Espaços abertos tipo baias ou remansos para cargas e descargas de pequenos lotes de materiais com uma frequência muito alta podem liberar o fluxo geral de mercadorias e pessoas. Também devem ser levadas em consideração a acessibilidades de pequenas e grandes máquinas e a eliminação das circulações cruzadas em todos os níveis. |
| EP2 EP3 EP4 | Os <i>experts</i> concordam com a recomendação. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.4 Diretiva 4

Na diretiva 4 (cujas opiniões são apresentadas no Quadro 21), considerando a opinião de um dos *experts*, foram ajustados os conceitos de nivelamento da produção e de carga de trabalho, sendo que o segundo pode ser influenciado pela disposição física dos mobiliários, equipamentos e máquinas.

Quadro 21 - Síntese das opiniões dos *experts* sobre a diretiva 4 (1 recomendação)

| Diretiva 4 – Recomendação 1 | |
|------------------------------------|---|
| EP4 | A <i>expert</i> discorda da recomendação, pois, segundo ela, os conceitos de nivelamento de produção e de carga de trabalho são diferentes. Pensar em células de trabalho e disposições de equipamentos pode realmente contribuir para distribuir a carga de trabalho entre as operações. |
| EA2 | Cada setor produtivo nasce com um <i>layout</i> inicial e que, se bem projetado, poderá expandir sem trazer consequências desastrosas para as demais áreas. |
| EA3 | A flexibilidade não deve ser confundida com espaço ocioso e/ou generoso, mas sim um espaço a ser incorporado para a melhoria do resultado final. |
| EP2 | É necessário realizar um MFV (mapeamento do fluxo de valor do processo) a ser iniciado pelo ponto mais próximo do cliente (armazém de produto acabado) para o mais longe com o intuito de se ter o entendimento dos espaços a serem considerados no <i>layout</i> , como, por exemplo, o dimensionamento dos supermercados. |
| EP1 | Na definição inicial ou modificação do <i>layout</i> dos equipamentos e maquinários, deve-se atender às disposições de instalações da NR 12 e, para não inviabilizar o <i>layout</i> , sugere-se prever o sistema construtivo para o piso e fundação de apoio, por meio de simulação. |
| EA4 EA1 | Os <i>experts</i> concordam com a diretiva proposta. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.5 Diretiva 5

A tecnologia fabril é discutida na diretiva 5 (conforme Quadro 22) e a compatibilização dos projetos complementares com a arquitetura é a qualificação da proposta, buscando no projeto a previsão de atualizações sem transtornos.

Quadro 22 - Síntese das opiniões dos *experts* sobre a diretiva 5 (1 recomendação)

| Diretiva 5 – Recomendação 1 | |
|------------------------------------|---|
| EA2 | O ideal é que o edifício fabril seja concebido com excelência, com os melhores materiais disponíveis e com a melhor tecnologia. |
| EA1 EA4 | A arquitetura fabril deve estar alinhada com a evolução da tecnologia. |
| EP1 | A arquitetura fabril é específica para cada tipo de processo e o custo de adaptação nas instalações é oneroso, caso não haja um planejamento. |
| EP3 | Deve-se disponibilizar algum tempo para compatibilizar todos os projetos antes de iniciar a obra, evitando problemas durante a execução das instalações. |
| EP2 | Deve-se fazer o estudo de todos os postos de trabalho para verificar quais equipamentos serão utilizados. Este estudo é chave para prever no projeto a instalação de dispositivos <i>Poka-Yoke</i> , <i>Andon</i> . |
| EP4 | O <i>expert</i> concorda com a diretiva. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.6 Diretiva 6

Na sexta diretiva (com reflexões apresentadas no Quadro 23), a padronização estudada na modulação da arquitetura e no projeto estrutural tem sua discussão favorável principalmente na flexibilização do projeto, desta forma a diretiva se mantém.

Quadro 23 - Síntese das opiniões dos *experts* sobre a diretiva 5 (1 recomendação)

| Diretiva 6 – Recomendação 1 | |
|------------------------------------|--|
| EA3 | A padronização no processo de setorização pode equilibrar o programa fabril, passando pela inter-relação da função e das atividades correlatas. Em alguns casos a não padronização é necessária para alguns ambientes distintos. |
| EA2 EP1 | A padronização da comunicação visual da empresa contribui para que todos os usuários tenham uma visão sistemática do espaço físico do parque industrial. |
| EP3 | A padronização da empresa também acontece no lançamento da arquitetura junto ao projeto estrutural e remete ao exemplo da montadora que tem a estrutura do edifício em quadrículas moduladas de 20 x 20 metros e que tem atendido às necessidades de expansão da linha de montagem de novos carros ou adaptação de novos <i>layouts</i> sem transtornos. Este procedimento é favorável a futuras ampliações dos edifícios. |
| EA4 EP2 EP4 EA1 | Os <i>experts</i> concordam com a diretiva proposta. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.7 Diretiva 7

A importância da gestão visual no projeto é admitida pelos *experts* quando permite ao usuário uma visão sistemática do parque industrial, facilitando todas as atividades

desenvolvidas pelos usuários, principalmente na área produtiva, como se pode concluir ao analisar o Quadro 24. Portanto, a diretiva 7 se mantém com apenas ajustes textuais.

Quadro 24 - Síntese das opiniões dos *experts* sobre a Diretiva 7 (1 recomendação)

| <i>experts</i> | Diretiva 7 – Recomendação 1 |
|--------------------------|---|
| EP1 EP2 | As falhas no processo de fabricação e a segurança da fábrica podem ser apoiadas estabelecendo um projeto de comunicação visual, tanto vertical quanto horizontal, com delimitações de área com fitas adesivas de cores diferentes para áreas produtivas, de circulação, de estoque, de colocação de quadros de gestão visual, com previsão de pontos elétricos ou apenas suportes para colocação de quadros/placas suspensas em locais adequados. |
| EP1 | A gestão visual dá autonomia ao grupo de usuários para desenvolver as suas atividades. |
| EP3 | Os recursos visuais facilitam e orientam os colaboradores e visitantes dentro do complexo fabril. |
| EA3 | No processo industrial, o fator movimento torna-se de essencial importância no sentido de reduzir deslocamentos desnecessários. O que se busca é exatamente o contrário, deslocamentos lineares sem cruzamentos, facilitados pela gestão visual. |
| EP4 EA1 EA2 EA4 | Os <i>experts</i> concordam com a diretiva. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.8 Diretiva 8

Na diretiva 8 (conforme apresentado no Quadro 25), os *experts* confirmam a necessidade de visitas em estabelecimentos industriais similares com o objetivo de conhecer as especificidades das instalações e o funcionamento dos equipamentos e máquinas previstos na produção e sugerem outros lugares, como eventos de apresentação de inovações nesta área.

Quadro 25 - Síntese das opiniões dos *experts* sobre a Diretiva 8 (1 recomendação)

| <i>experts</i> | Diretiva 8 – Recomendação 1 |
|----------------|--|
| EA2 EP3 | O arquiteto, em visitas técnicas (<i>Benchmarking</i>) a fábricas similares, acompanhará e, por meio de sua visão espacial, observará os equipamentos em pleno funcionamento, permitindo-lhe tomar decisões precisas no futuro. |
| EA4 | O <i>expert</i> sugere visitas a feiras de equipamentos, segundo eles o conhecimento prévio do maquinário a ser utilizado, bem como as instalações, permite que o planejamento do <i>layout</i> industrial traga bons resultados aos colaboradores e resultados operacionais. |
| EA3 | O conhecimento sobre o equipamento tecnológico e seu funcionamento é importante para o dimensionamento específico do espaço da máquina ou equipamento, para determinar o espaço ideal e recomendado do operador no estudo do <i>layout</i> e ainda para especificações sobre sua instalação. |

Continua...

... continuação do Quadro 25.

| | |
|-------------------|--|
| EP4 | Esta diretiva é importante para determinação do fluxo de trabalho, pois pode ser que uma máquina tenha botão do lado direito e somente tenha espaço para trabalhar do lado esquerdo, ou seja, ajuda na definição dos acessos que a operação precisa. |
| EP1 EA1 EP2 | Os <i>experts</i> concordam com a diretiva. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.9 Diretiva 9

Na visão dos *experts*, são necessários os espaços para treinamentos, reuniões e espaços alternativos (internos e externos) propostos na diretiva 9 (como apresentado no Quadro 26). Eles ainda sugerem, pela própria base TPS da pesquisa, que também sejam disponibilizados espaços próximos da produção para reuniões de alinhamento.

Quadro 26 - Síntese das opiniões dos *experts* sobre a Diretiva 9 (1 recomendação)

| <i>experts</i> | Diretiva 9 – Recomendação 1 |
|-------------------|---|
| EP1 | A visão sistêmica de todo o funcionamento fabril deve ser compartilhada com os funcionários e outros usuários por meio de quadros de visibilidade colocados em espaços estratégicos, em reuniões de alinhamento em salas apropriadas ou em lugares estabelecidos dentro da área fabril. |
| EP4 | Sugere que estes locais para fazer as reuniões e a gestão no fluxo de valor estejam o mais próximo possível do fluxo, ao invés de salas de reuniões afastadas e que criam muitas vezes distinções entre pessoas. |
| EA2 | O “programa de necessidades” da nova fábrica deve prever estas áreas e espaços de treinamentos que sejam cobertos ou abertos. Nas áreas externas, a utilização de vegetação pode gerar ambientes agradáveis para receber novas informações. |
| EA3 EA4 EP2 | Os <i>experts</i> sugerem a opção de espaços de múltiplos usos para a dinâmica de melhoria contínua, por meio da integração e qualificação. |
| EA1 | O <i>expert</i> sugere um campo de futebol. |
| EP3 | Reafirma a necessidade de espaços de convivência e treinamento. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.10 Diretiva 10

O espaço físico fabril projetado de forma funcional e eficiente é resultado da interação da arquitetura fabril com as perspectivas da empresa, que tem em seus princípios o desenvolvimento de pessoas e equipes. Isto é o que apresenta a diretiva 10, de acordo com o Quadro 27.

Quadro 27 - Síntese das opiniões dos *experts* sobre a Diretiva 10 (1 recomendação)

| <i>experts</i> | Diretiva 10 – Recomendação 1 |
|--|---|
| EA2 | A integração do arquiteto industrial com a empresa e seu sistema de trabalho é fundamental para que a concepção arquitetônica seja o resultado dos anseios de pessoas e equipes que estarão à frente diariamente nos vários setores da indústria. |
| EA3 | O espaço físico fabril projetado é funcional e eficiente quando se reconhece a essência e os objetivos a serem atendidos, inter-relacionando os diversos setores e seus usuários com o mesmo objetivo e conceitos da fábrica. |
| EA4 EA1 EP1 EP2 EP3 EP4 | Os <i>experts</i> concordam com a diretiva. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.11 Diretiva 11

A previsão de espaços comunitários de uso de fornecedores, parceiros e visitantes ou ainda espaços para instalações de edifícios de apoio a essa parceria são exemplos citados pelos *experts*, que concordam com a diretiva 11 (conforme opiniões apresentadas no Quadro 28).

Quadro 28 - Síntese das opiniões dos *experts* sobre a Diretiva 11 (1 recomendação)

| <i>experts</i> | Diretiva 11 – Recomendação 1 |
|-------------------|---|
| EA2 | Os espaços comunitários de uso de fornecedores, parceiros e visitantes deverão estar disponíveis em setores apropriados para que estes usuários interajam e estabeleçam vínculo com a empresa. |
| EP2 | É interessante provisionar o fornecimento de uma rede de dados e <i>internet</i> , com a finalidade de rapidez e eficiência para realizar reuniões por vídeo conferência, para o acesso à rede de dados dos fornecedores e parceiros ao site da empresa, deixando-os cada vez mais próximos sem necessidade de estarem fisicamente presentes. |
| EA3 | A criação desses espaços no complexo fabril, evita deslocamentos para fora da empresa e permite a troca de informações com facilidade. |
| EP3 | Em alguns casos, os parceiros estão instalados em edifícios dentro do complexo fabril. Atividades voltadas à reciclagem de resíduos são um exemplo da necessidade de se planejar espaços destinados a estas empresas. |
| EP5 | Estes espaços facilitam as tomadas de decisões. |
| EP1 EP4 EA4 | Os <i>experts</i> concordam com a diretiva proposta. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.12 Diretiva 12

A diretiva 12 (cujas opiniões são apresentadas no Quadro 29) complementa a diretiva 8 quando os *experts* sugerem que durante o processo de elaboração do programa de necessidades ou mesmo durante o desenvolvimento é importante fazer o *Benchmarking* e coletar informações em parques industriais em funcionamento.

Quadro 29 - Síntese das opiniões dos experts sobre a diretiva 12 (1 recomendação)

| <i>experts</i> | Diretiva 12 – Recomendação 1 |
|-------------------|---|
| EA1 | A arquitetura TPS, com sua metodologia, se torna uma especialidade e uma temática extremamente relevante e interessante para aplicação. |
| EA2 | Seguir e acompanhar a evolução de empresas com o mesmo perfil, que estejam à frente do processo industrial, trará ao arquiteto segurança e tranquilidade no momento do lançamento da sua criatividade a favor do projeto. |
| EA3 EP2 EP3 | Durante o processo de coleta de informações para elaboração do projeto fabril, visitas (<i>Benchmarking</i>) se tornam importantes para coletar informações em parques industriais similares, com intenção de agregar informações técnicas importantes que possam ser incluídas no projeto. |
| EP1 EA4 EP4 | Os <i>experts</i> concordam com a proposta de diretiva. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.13 Diretiva 13

Os retornos financeiros e econômicos futuros são citados pelos *experts*, quando a diretiva sugere a compatibilização de todos os projetos envolvidos, posicionando a importância da diretiva 13 para a empresa, conforme apresentado no Quadro 30.

Quadro 30 - Síntese das opiniões dos experts sobre a Diretiva 13 (1 recomendação)

| <i>experts</i> | Diretiva 13 – Recomendação 1 |
|----------------|---|
| EA3 EP1 | O consenso sobre fatores técnicos torna primordial para obter sucesso no projeto fabril. Desta forma, compatibilizar e corrigir na etapa de projeto tem retornos financeiros e econômicos futuros. |
| EA2 | A plataforma BIM, baseada em modelos 3D, torna o projeto visível em um único modelo, que permite ao arquiteto corrigir, alterar, sugerir novas formas, com a participação dos demais projetistas complementares. |
| EP2 | É importante envolver todos os profissionais especializados nos projetos complementares para discussão e solução das possíveis interferências do projeto, gerando um <i>book</i> de lições aprendidas para que em futuros projetos não se cometa os mesmos erros, tornando mais harmonioso o grupo de trabalho e eficiente o resultado de cada projeto. |

Continua...

| | |
|---------------------------------|---|
| EP1 EP3 EP4 EA1 EA4 | Os <i>experts</i> concordam com a diretiva. |
|---------------------------------|---|

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.2.1.14 Diretiva 14

Um projeto fabril com flexibilidade, funcionalidade e expansibilidade e sujeito à reflexão incansável pela melhoria contínua foram as reflexões dos *experts* na diretiva 14 (conforme apresentado no Quadro 31), que de uma forma ampla sugerem o desafio dos projetistas.

Quadro 31 - Síntese das opiniões dos experts sobre a Diretiva 14 (1 recomendação)

| <i>experts</i> | Diretiva 14 – Recomendação 1 |
|--------------------------|--|
| EA3 | Todo espaço físico é definido no campo do conhecimento específico, que é o campo da arquitetura e tem uma definição para o momento e para o futuro, mesmo tendo que sofrer intervenções físicas para reorganiza-lo, readaptá-lo, se denomina de rearquitetura, pois os espaços, independentemente do uso, evoluem e sempre serão ajustados para tal recorte temporal, isto dentro de uma concepção na evolução do ciclo da vida, principalmente de uma organização industrial TPS. |
| EP2 | Recomenda-se que o arquiteto não projete a curto, médio prazo, mas a longo prazo, projetando com o intuito de buscar na solução de curto prazo atender demandas futuras de acordo com a estratégia da fábrica. |
| EA1 EA2 | O arquiteto é colocado à prova quanto à flexibilidade, funcionalidade e expansibilidade, já que caberá a ele a decisão em planta, de prever futuras expansões, novos <i>layouts</i> , inclusão de novos equipamentos e ao mesmo tempo terá seu projeto sujeito a reflexão incansável pela melhoria contínua. |
| EA4 EP1 EP3 EP4 | Os <i>experts</i> concordam com a diretiva. |

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.3 SÍNTESE DA AVALIAÇÃO DAS DIRETIVAS

Para elaboração da síntese, os dados inicialmente foram transferidos para um quadro definindo as diretivas qualificadas, a qualificar e não qualificáveis, segundo as respostas dos oito *experts*.

O Quadro 32 representa a avaliação dos *experts* separados por diretivas identificando o total percentual de acordo com os critérios de avaliação.

Quadro 32- Quadro de avaliação das Diretivas DAFT

| | | | |
|---------|---|--|--|
| Legenda |  Não qualificada |  Qualificar |  Qualificada |
|---------|---|--|--|

| 1 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 8 | 0 |
| 2 | | | | | | | | | 0 | 6 | 2 |
| 3 | | | | | | | | | 0 | 6 | 2 |
| 4 | | | | | | | | | 0 | 8 | 0 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 28 | 4 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 87,5% | 12,5% |

| 2 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 8 | 0 |
| 2 | | | | | | | | | 0 | 5 | 3 |
| 3 | | | | | | | | | 0 | 4 | 4 |
| 4 | | | | | | | | | 0 | 4 | 4 |
| 5 | | | | | | | | | 0 | 2 | 6 |
| 6 | | | | | | | | | 0 | 3 | 5 |
| 7 | | | | | | | | | 0 | 3 | 5 |
| 8 | | | | | | | | | 0 | 4 | 4 |
| 9 | | | | | | | | | 0 | 4 | 4 |
| 10 | | | | | | | | | 0 | 2 | 6 |
| 11 | | | | | | | | | 0 | 4 | 4 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 43 | 45 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 49% | 51% |

| 3 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 6 | 2 |
| 2 | | | | | | | | | 0 | 5 | 3 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 11 | 5 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 69% | 31% |

| 4 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-----|
| 1 | | | | | | | | | 1 | 5 | 2 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 1 | 5 | 2 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 12,5% | 62,5% | 25% |

| 5 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 7 | 1 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 7 | 1 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 87,5% | 12,5% |

| 6 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 5 | 3 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 5 | 3 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 62,5% | 37,5% |

| 7 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 5 | 3 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 5 | 3 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 62,5% | 37,5% |

| 8 | EA1 | EA2 | EA4 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 5 | 3 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 5 | 3 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 62,5% | 37,5% |

Continua...

... continuação do Quadro 32.

| 9 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|----|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 8 | 0 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 8 | 0 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 100% | 0% |

| 10 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 3 | 5 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 3 | 5 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 37,5% | 62,5% |

| 11 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 4 | 4 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 4 | 4 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 50% | 50% |

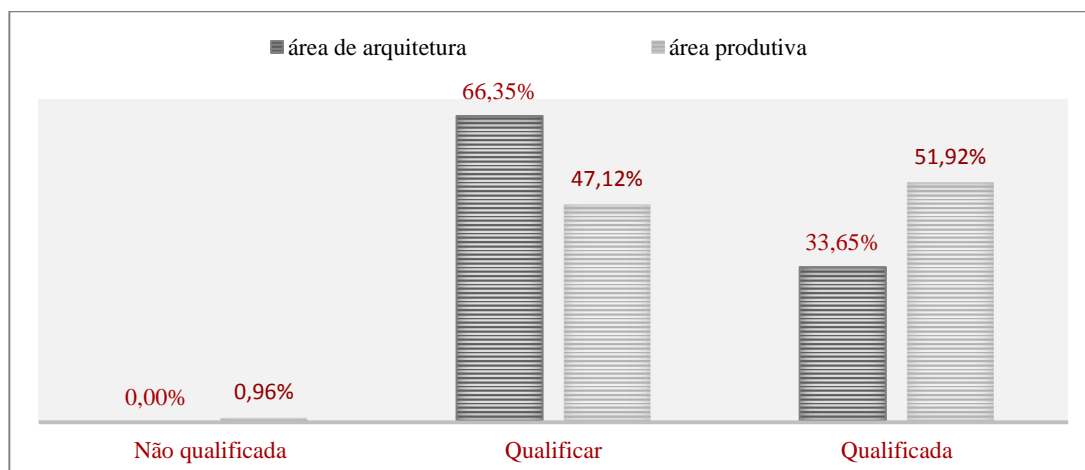
| 12 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 6 | 2 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 6 | 2 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 75% | 25% |

| 13 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 3 | 5 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 3 | 5 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 37,5% | 62,5% |

| 14 | EA1 | EA2 | EA3 | EA4 | EP1 | EP2 | EP3 | EP4 | Total | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
| 1 | | | | | | | | | 0 | 4 | 4 |
| Total de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0 | 4 | 4 |
| Percentual de acordo com o critério adotado | | | | | | | | | 0% | 50% | 50% |

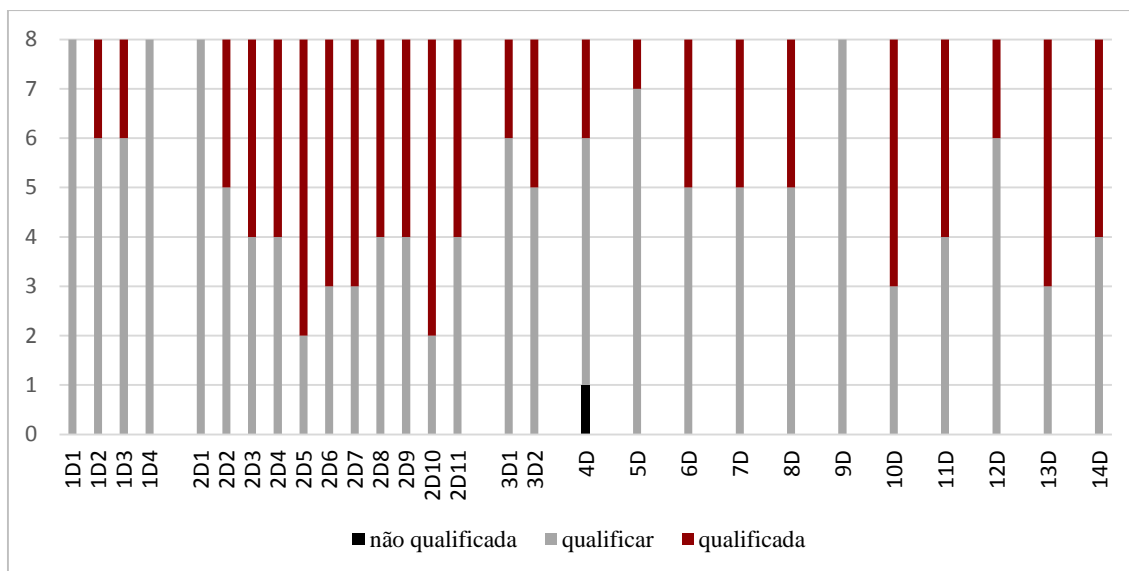
Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Na Figura 17 são apresentadas as informações do Quadro 32 em um gráfico de barras que indica visualmente os resultados dos percentuais totais de 67% para opiniões de qualificação, 35% de diretivas aceitas em seu formato inicial (qualificada) e 1% de não qualificada.

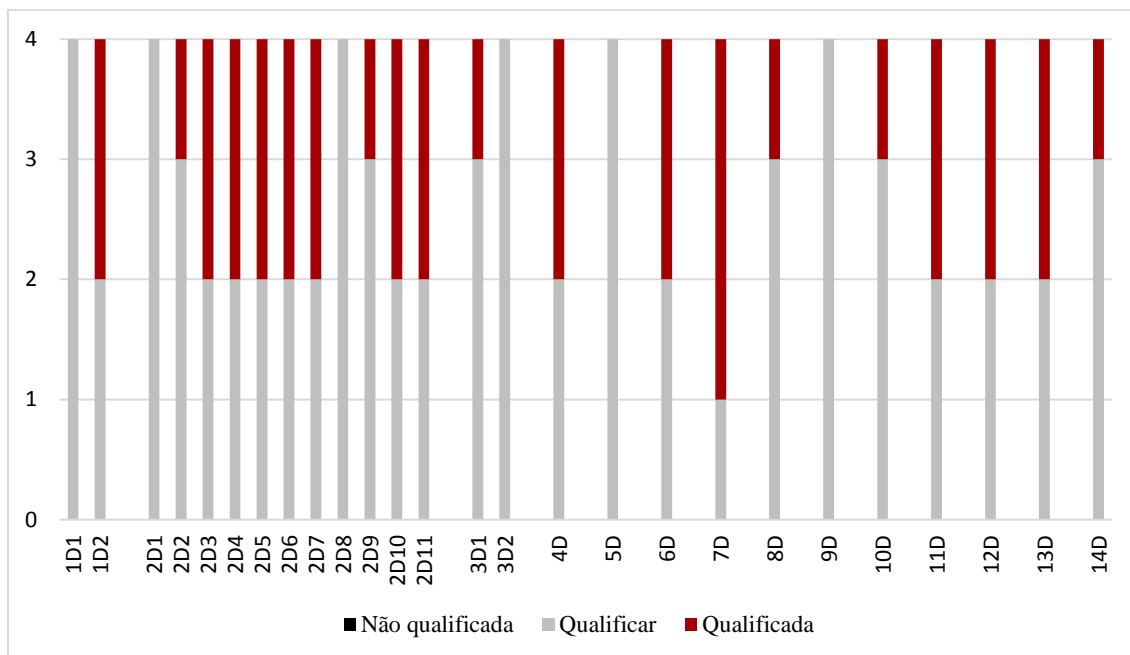
Figura 17 - Avaliação percentual das diretivas pelos *experts*

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

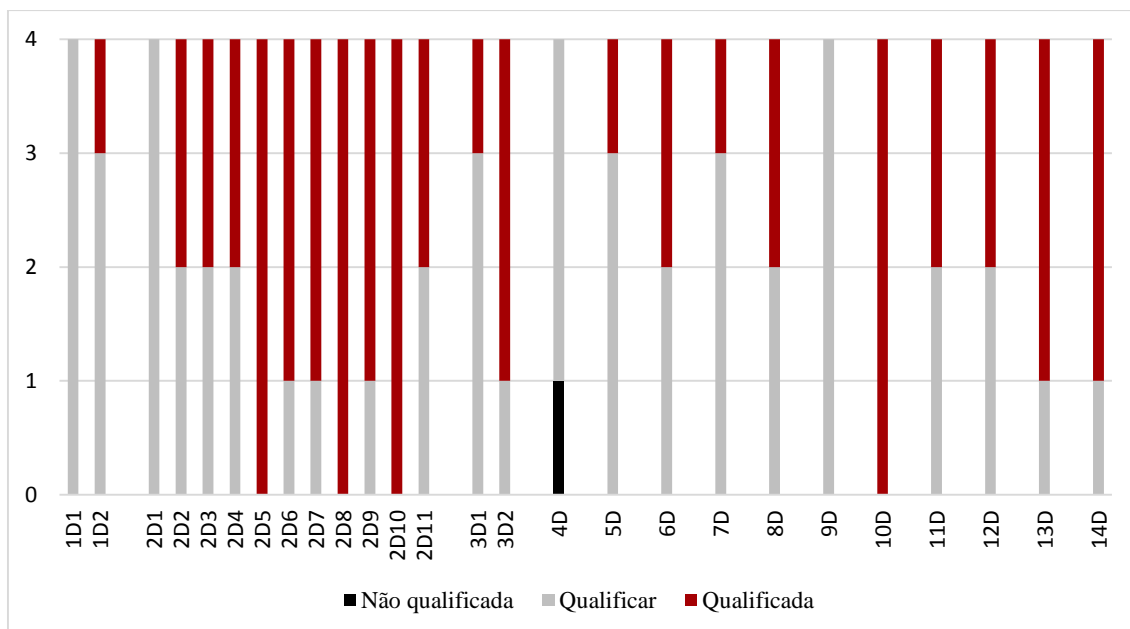
Nas Figuras 18 a 20 são apresentadas as opiniões dos dois grupos de *experts* em gráficos diferentes, a metodologia utilizada para avaliação das diretivas e, em seguida, uma discussão dos resultados para fornecer uma fundamentação teórica para o refinamento da proposta, que finaliza o presente capítulo (Quadro 33).

Figura 18 - Síntese da avaliação das diretivas pelos dois grupos de *experts* (DAFT)

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Figura 19 - Síntese da avaliação das diretivas pelo grupo de arquitetos *experts* em projetos fabris (DAFT)

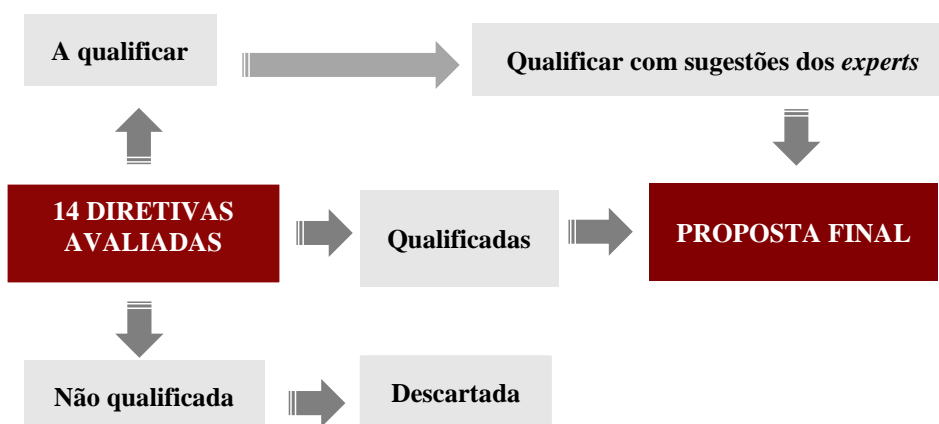
Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Figura 20 - Síntese da avaliação das diretivas pelo grupo de *experts* da área produtiva fabril (DAFT)

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

O método utilizado na análise das avaliações das diretivas pelos *experts* entrevistados está esquematizado na Figura 21.

Figura 21 - Fluxo de avaliação das Diretivas pela pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

5.3.1 Apresentação da proposta final de diretivas

Nesta seção, no Quadro 33 são apresentadas as diretivas refinadas com redução no número de recomendações de acordo com as considerações dos *experts*, finalizando a penúltima etapa da DSRM.

Quadro 33 - Proposta Final de Diretivas (DAFT)

| Diretiva 1 | |
|------------|---|
| 1 | Priorizar a visão e a missão da organização TPS na concepção do projeto de forma que as mesmas consigam comunicar com a arquitetura do ambiente projetado, com vistas à padronização, eficiência, sustentabilidade e priorizando a interdisciplinaridade planejada em todas as etapas do projeto, para a antecipação de decisões não conformes. |
| 2 | Elaborar um programa de necessidades adequado aos objetivos e funções fundamentado em informações técnicas que direcionarão para a concepção do projeto a partir do ponto de vista do cliente final, pensando no que é necessário para agregar valor a todos os envolvidos direta ou indiretamente ao projeto. |
| 3 | O arquiteto deverá conhecer minuciosamente a planta do terreno com todas as informações técnicas (dados cadastrais, legislações federais, estaduais e municipais) e as características plano-altimétricas, perfil geológico, orientação solar e condições do entorno para compatibilizar com as necessidades do projeto da fábrica. |

Continua...

| | |
|---|---|
| 4 | Propor soluções integradas às condições espaciais e construtivas dos ambientes; da gestão de energia, de água, de dejetos das atividades, de manutenção; do conforto higrotérmico, acústico, visual e olfativo; da qualidade sanitária dos espaços, do ar, da água e ainda atender às exigências legais de funcionamento em um projeto flexível onde melhorias possam acontecer sem grandes impactos. |
|---|---|

Diretiva 2

| | |
|---|--|
| 1 | Com base no planejamento do fluxo produtivo, relacionar e estudar a hierarquia (organograma), as inter-relações (funcionograma) e a noção de grandeza dos fluxos (fluxograma) de todos os ambientes, organizando-os dentro do programa de necessidades fabril, evitando o superdimensionamento quantitativo e dimensional, porém prevendo as possíveis expansões que exigirão destes espaços a flexibilidade. |
| 2 | Atribuir aos ambientes projetados condições construtivas e espaciais, especificando materiais que tragam segurança, higiene e conforto aos usuários e sejam adequados a cada função fabril, mesmo nas áreas menos nobres (áreas de serviço, apoio e armazenamento) do conjunto fabril e que devem se relacionar funcionalmente com as demais e serem bem definidas. |
| 3 | No estudo da locação dos edifícios deve-se analisar a orientação solar e a orientação aos ventos dominantes para prever as condições climáticas e térmicas às quais as edificações da organização – e conseqüentemente seus usuários e produtos – estarão expostos. O ideal é que se utilize a luminosidade natural e evite a insolação, que influencia na eficiência do trabalho e no estado psicológico do trabalhador. |
| 4 | O projeto deve atender às determinações legais municipais, estaduais ou federais vigentes, que regulam e contribuem com questões de segurança do trabalho, de condições de conforto térmico/acústico e higiene e meio ambiente em todos ambientes do complexo fabril inclusive nas áreas comuns – banheiros, refeitórios e áreas externas para descanso ou lazer. |
| 5 | O programa arquitetônico tecnicamente completo deve refletir em sua estrutura a organização proposta para o trabalho fabril – sistema produtivo Toyota – em todos os espaços internos e externos do complexo fabril, seja na produção, administração e/ou apoio. |
| 6 | Considerar o <i>layout</i> como a base projetual para a composição da espacialidade da fábrica tanto da área produtiva quanto das demais áreas. No âmbito conceitual TPS, na área produtiva, explorar preferencialmente o modelo de <i>layout</i> celular e na ordem de prioridade, por produto, modular/mini fábrica, posicional e fractal, distribuído e funcional. Prever instalações de dispositivos como o <i>andon</i> e <i>Kanban</i> eletrônico e facilitar a implantação do 5S. |

Diretiva 3

| | |
|---|--|
| 1 | Dimensionar as áreas destinadas a <i>warehouse</i> , de acordo com as variações do fluxo de estoques para níveis mínimos, programando as áreas destinadas a estacionamentos de carga e descarga para movimentar materiais em pequenos lotes com alta frequência, com constância, no menor <i>lead time</i> e com o mínimo de tráfego cruzado em todo o complexo industrial |
|---|--|

Diretiva 4

| | |
|---|--|
| 1 | Buscar máquinas e equipamentos (células de trabalho) na disposição física do mobiliário e contribuir com a distribuição da carga de trabalho entre as operações. |
|---|--|

Diretiva 5

| | |
|---|---|
| 1 | Planejar e viabilizar o projeto de arquitetura para estar alinhado com toda a tecnologia específica, adequada e prevista ao processo a ser desenvolvido, que exige a compatibilização de todos os projetos, inclusive para futuras adequações de atualização. |
|---|---|

| Diretiva 6 | |
|--------------------|---|
| 1 | Estudar a possibilidade de padronização na setorização dos ambientes do programa fabril alinhada com uma proposta estrutural da arquitetura. |
| Diretiva 7 | |
| 1 | Na gestão visual fabril, buscar um padrão de identificação para que o usuário tenha uma visão sistemática do parque industrial, facilitando a comunicação entre os setores, principalmente na área produtiva, orientando os fluxos de pessoas e de materiais aos acessos de entrada, saída e movimentação dentro e fora dos edifícios, evitando principalmente que funcionários se movimentem desnecessariamente. |
| Diretiva 8 | |
| 1 | Antes da elaboração do projeto, o arquiteto deve visitar alguns estabelecimentos industriais para conhecer as instalações e o funcionamento dos equipamentos e máquinas previstos na produção. |
| Diretiva 9 | |
| 1 | Determinar, no programa arquitetônico fabril, espaços para treinamentos, locais com visibilidade para os quadros de desempenho, salas para reuniões, espaços em lugares estratégicos para reuniões de alinhamento e espaços alternativos (internos e externos) para uso de eventos da organização ou para os funcionários. |
| Diretiva 10 | |
| 1 | Atentar para a concepção de um edifício funcional e eficiente, que responda da melhor maneira às exigências do programa arquitetônico fabril e às necessidades dos vários utilizadores, contribuindo para desenvolvimento de pessoas e equipes. |
| Diretiva 11 | |
| 1 | Destinar, no projeto, espaço físico de apoio com salas de reuniões, espaço cibernético com rede de computadores, com metas comuns ou ainda edifícios de apoio a empresas parceiras. |
| Diretiva 12 | |
| 1 | O arquiteto deve fazer <i>Benchmarking</i> para indústrias, primordialmente aos edifícios de produção similares, com a intenção de agregar aspectos técnicos importantes da estrutura física. |
| Diretiva 13 | |
| 1 | Compatibilizar todos os projetos, analisando as possíveis interferências de cada um (e de cada sistema) sobre todos os demais, de modo a detectar e corrigir qualquer eventual incompatibilidade, utilizando de preferência a plataforma BIM, baseada em modelos 3D. |
| Diretiva 14 | |
| 1 | Ter uma visão ponderada da importância das questões ligadas ao espaço físico, de acordo com as exigências do <i>marketing</i> e as necessidades de modernização dos sistemas industriais, definindo, na concepção do projeto, previsões para a melhoria dentro do ciclo de vida da organização industrial. |

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões obtidas a partir da pesquisa realizada, assim como as recomendações para projetos futuros.

6.1 CONCLUSÕES

O projeto de arquitetura fabril possui distintos caminhos que percorrem os critérios de contemporaneidade e vão da sua relação com o meio ambiente a uma expressão tecnológica, chegando até o momento no qual o projeto se apresenta como produto da alta tecnologia e com o atributo de se adaptar ao sistema produtivo utilizado e ao futuro da empresa.

Ao buscar na literatura publicações sobre diretivas para elaboração de projetos de arquitetura fabris, verificou-se que há uma carência de trabalhos desenvolvidos na área. Apesar disso, os trabalhos encontrados revelam a preocupação na concepção do projeto com as demandas da gestão da produção.

Para levantar as demandas genéricas da gestão da produção, foram utilizadas fontes bibliográficas tratando dos princípios e ferramentas do Sistema Toyota de Produção, que favoreceu o estudo com a grande disponibilidade de informações.

Com o estudo aprofundado dos dois constructos, o TPS e a arquitetura fabril, foi possível construir um mapa conceitual que, de forma útil e organizada, os relacionou, definindo as diretivas propostas nesta pesquisa.

A proposta de diretrizes percorreu e discutiu desde as etapas iniciais até a finalização da concepção do projeto fabril. Em cada etapa observou-se os aspectos relevantes nas opiniões dos *experts* sobre cada diretiva proposta.

Pode-se percorrer os principais pontos que auxiliaram no refinamento da versão final da DAFT. Por exemplo, na escolha do terreno é imprescindível o conhecimento da planta do terreno com todas as informações técnicas.

Não obstante, os *experts* também consideraram relevante propor para este espaço soluções integradas às condições espaciais e construtivas dos ambientes, refletindo em sua estrutura a organização proposta para o trabalho fabril, que será formalizada em um programa de necessidades adequado aos objetivos e funções e que priorize a visão e a missão da organização. Neste programa de necessidades foram considerados os espaços para treinamentos, que de acordo com os *experts* têm um papel importante no desenvolvimento de pessoas e equipes, ou os espaços para apoio aos parceiros, com salas de reuniões e espaço cibernético com rede de computadores.

Outro aspecto considerado pertinente pelos *experts* neste momento do desenvolvimento do projeto é prever as condições climáticas e térmicas das edificações e atender às determinações legais municipais.

O planejamento do fluxo produtivo e o *layout* como a base projetual para a composição da espacialidade da fábrica, alinhado com toda a tecnologia específica, se destaca na etapa inicial da concepção do projeto fabril.

Neste estudo a disposição física do mobiliário, máquinas e equipamentos contribuem para a distribuição da carga de trabalho que estará relacionada às áreas destinadas a *warehouse*.

Outra conclusão a partir das opiniões dos *experts* são as visitas em estabelecimentos industriais ou *benchmarking*, que são necessárias para apoiar para as decisões dos projetistas com o conhecimento antecipado das instalações e do funcionamento dos equipamentos e máquinas previstos na produção.

Seguindo ainda os princípios do TPS, a padronização na setorização dos ambientes e a gestão visual fabril foram considerados auxiliares nos organizadores do projeto.

Uma das ações mais importantes durante e na finalização do processo, envolvendo a compatibilização de todos os projetos, fará previsões de falhas que possam comprometer a melhoria dentro do ciclo de vida da organização industrial.

Na discussão das quatorze diretivas pelos *experts* entrevistados, observou-se que suas opiniões fazem a ligação da gestão da produção com a necessidade do estudo do espaço fabril como um todo, de forma interativa. Há ainda a necessidade da orientação ao arquiteto quanto aos fundamentos do sistema produtivo adotado na organização, para não cercear a criatividade inerente da profissão em favor do próprio sistema adotado.

Em todos os momentos ficam evidenciadas nas falas dos arquitetos ou *experts* da área produtiva que a complexidade dos projetos e das instalações fabris exige metodologias de estudo específicas para solucionar os problemas organizacionais.

Como resultados da pesquisa, foram obtidas evidências que as diretivas advindas das ferramentas do TPS, em sua maioria, podem ser aplicadas em projetos industriais diversos, considerando que alguns *experts* trabalham com outros sistemas e consideraram as diretivas pertinentes e dentro do contexto fabril.

A edificação industrial em si corresponde a uma parte considerável dos investimentos na implantação de uma nova indústria. Sendo assim, é necessário um critério na elaboração e detalhamento do projeto.

Desta forma, destaca-se o quanto se pode economizar com a prescrição de ações na elaboração de um projeto de arquitetura que contemple o sistema produtivo e antecipe as necessidades das organizações enquanto espaço físico tridimensional útil e flexível.

Por fim, o conjunto de quatorze diretivas para a concepção do projeto de arquitetura fabril influenciadas pelo Sistema Toyota de Produção, a partir da avaliação a que foram submetidas, mostra-se pertinente dentro do contexto fabril.

6.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Embora o modelo tenha apresentado um comportamento qualificado na maioria de suas diretivas, acredita-se que uma modelagem mais detalhada no formato de *check list* de cada uma delas poderia trazer maior segurança de informações na elaboração do projeto.

Embora tenham sido encontrados artigos referentes aos constructos trabalhados, poucos mostram uma relação direta entre a elaboração do projeto fabril e o sistema produtivo.

Outra limitação a ser transposta seria a realização da pesquisa em empresas que utilizam essencialmente o Sistema de Produção Toyota.

Por fim, o conjunto de diretivas apresentado aos *experts* tanto da área da arquitetura quanto da área fabril foi avaliado como pertinente ao contexto da projeção de fábricas ou do cotidiano de suas experiências profissionais nas instalações fabris. Desta forma, elas podem representar aos desafios organizacionais uma possível proposta de discussão para auxiliar na tomada de decisões em todas etapas da concepção arquitetônica fabril, além de explorar um método específico para concepção deste modelo de projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM J., HAUSMANN K., JÜTTNER F., **Industrial Buildings: A Design Manual**; **Birkhäuser**. Berlin, Boston, 2004.

ARAMUNI, J. P. C., **Análise da Adoção do Lean Manufacturing na Gestão de Projetos de Tecnologia da Informação: Estudo de Caso em uma Multinacional desse Segmento**. Dissertação de M.Sc., Faculdade de Ciências Empresariais/FUMEC, Belo Horizonte, MG, Brasil, 2015.

BHUSHAN J., NIRANJANBHAI S., SWAPNIL B. *et al.*, “Implementation of Kanban System for Ready Sub-Assemblies in Maintenance Area”, **International Journal of Innovative Research in Science and Engineering**, v. 2, n. 3, pp. 432-441, Mar. 2016.

BOUÇAS, F. A., **Arquiteturas de Sistemas de Produção**. Dissertação de M.Sc., Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2013.

CALAIS, J. F. L. G., **Layout como Factor Determinante na Eficiência do Processo Produtivo da Indústria**. Dissertação de M.Sc., Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2012.

CAMAROTTO, J. A., **Estudo das Relações Entre o Projeto do Edifício Industrial e a Gestão da Produção**. Tese de D.Sc., FAU/USP, São Paulo, SP, Brasil, 1988.

CORRÊA, H. L., CORRÊA, C. A., **Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços – Uma Abordagem Estratégica**. 1. ed. São Paulo, Atlas, 2012.

CORREIA, D. R. S., BASTOS, L. E. G., MAIA, M., **Arquitetura Industrial - Caracterização e um Tipo e Sua Transposição ao Clima Tropical Quente Úmido**. Tese de D.Sc., FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2011.

DALBELO, T. S., **Por Uma Indústria Mais Sustentável: da Ecologia à Arquitetura**. Dissertação de M.Sc., FEC/UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 2012. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000874948&opt=4>>.

Acesso em 27 jan. 2017, 15:52:00.

DRESCH, A., **Design Science e Design Science Research como Artefatos Metodológicos para Engenharia de Produção**, Dissertação de M.Sc., Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil, 2013.

DRESCH, A., LACERDA, D. P., ANTUNES JR, J. A. V., **Design Science Research: Método de Pesquisa Para o Avanço da Ciência e Tecnologia**. Porto Alegre, Bookman, 2015.

EVANGELISTA, C. S., GROSSI, F. M, BAGNO, R. B., “Lean Office – Escritório Enxuto: Estudo da Aplicabilidade do Conceito em uma Empresa de Transportes”, **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v 5, n. 1, pp. 462-471, Jan. /Jun. 2013.

FERNANDEZ, J., HEINECK, L. F. M. “Modelo para avaliação qualitativa de Projetos arquitetônicos sob a ótica do usuário”, **Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, Niterói, 1998.

FERREIRA, D. J., **Análise e Proposta de Melhoria no Processo Produtivo da Heliflex**. Dissertação de M.Sc., Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2015.

FIORESE, L., MARTINEZ, M., “Influência da Cultura e Clima Organizacional na Qualidade de Vida no Trabalho: Revisão da Literatura”, **Destaques Acadêmicos**, v. 8, n. 1, pp. 100-113, 2016.

FORTI, G. **Architetture Industriali. L’ambiente architettonico, mezzo di potenziamento della moderna società industriale**. Edizione Görlich, Milano, 1964.

FREITAS JUNIOR, V., **Ontologia Para Representação Semântica de Indicadores Considerando Aspectos de Vaguidade, Temporalidade e Relacionamento Entre Indicadores**. Tese de D.Sc., Centro Tecnológico/UFSC, Florianópolis, SC, 2016.

GHION, R., **Edifícios Industriais: Soluções Construtivas Para Manufatura Lean**. Dissertação de M.Sc., Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo / Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008.

IOPPI, V., **Desenvolvimento de um Modelo Para Implantação Gradual dos Princípios de IPD e Práticas de LPDS na Gestão de Projetos de Instalações da Indústria de Base Brasileira**. Dissertação de Pós-Graduação, PPGEC/UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015.

ITO, T., SAKAMOTO, M., IKEDA S. *et al.*, “Comparative Study of Inter-firm Transactional Relationship Between Kyohokai and Yokokai. Journal of Robotics”, **Networking and Artificial Life**, v. 1, n. 3, pp. 179-183, Dec. 2014.

JÚNIOR A. S. T., “Metadecisão no Modelo de Gestão Toyotista”, **Rev. Adm. Mackenzie**, v. 11, n. 6, pp. 6-30, 2010.

JUNIOR, V. M. S., AKABANE G., **Uma Revisão da Literatura Sobre Fatores que Apoiam a Mudança Organizacional Voltada Para o Lean Thinking, Estratégias Globais e Sistemas Produtivos Brasileiros**, IX Workshop de Pós-graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza/FATESP, São Paulo, SP, Brasil, 2014.

KACH, S. C., OLIVEIRA E. S., VEIGA L. R. *et al.*, “Estudo de Caso na Implementação do Kanban em uma Indústria de Componentes Plásticos Rotomoldados”. **Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura**, v. 16, pp. 12-22, Abr. 2015.

LACERDA, D. P., DRESCH, A., PROENCA, A. *et al.*, “Projeto de Pesquisa Ciência: Método de Pesquisa Para a Engenharia de Produção”, **Gest. Prod.**, v. 20, n. 4, pp. 741-761, nov. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2013000400001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 Jan. 2017, 16:03:00.

LIKER, J. K. O., **Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre, Bookman, 2005.

LIKER, J. K., MEIER, D., **O Modelo Toyota: manual de aplicação. Tradução Lene Belon Ribeiro.** Porto Alegre: Bookman, 2007.

LAI S. Y., TSAI C. H., WEI L. Y. *et al.*, “The Dilemma of Toyota Production System Implementation: A Case Study of Taiwan Machine Tool Industries International”, **Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences**, v. 5, n.1, pp. 1–12, Jan. 2015.

MICHELS, G. W., **Uma Abordagem Metodológica Para o Processo de Concepção dos Espaços Físicos Industriais.** Dissertação de M.Sc, UFSC, Florianópolis, SC, 1993.

MICHAUD, C. R., NETO I., **Análise do Processo de Projeto Arquitetônico**, ENTAC, Ambiente Construído, Maceió, 2014.

MIRANDA, A. E., **A Evolução do Edifício Industrial em Porto Alegre 1870 a 1950.** Dissertação de M.Sc., Faculdade de Arquitetura/UFRGS, Porto Alegre, RS, 2003.

NEVES, L. P., **Adoção do Partido na Arquitetura**, 3ª Ed. Salvador, EDUFBA, 2001.

OHNO, T. **O sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala.** 1 ed. Porto Alegre, Bookman, 1997.

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

PADIN, P. A., **Projeto de Arquitetura: Indústrias. Estudo da abrangência do Trabalho do Arquiteto no Projeto de Edificação Industrial.** Dissertação de M.Sc., Faculdade de Arquitetura e Urbanismo/USP, São Paulo, SP, Brasil, 2009.

PATIL YOGENDRA R., **Feasibility Study of Just in Time Inventory Management on Construction Project.** Department of Civil Engineering, Rajarambapu Institute of Technology Islampur, Maharashtra, India, 2016.

PEFFERS, K., TUUNANEN, T., ROTHENBERGER, M. A., *et al.*, “Design Science Research Methodology for Information Systems Research”. **Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, pp. 45-77, 2007.

PERALTA, A. C., 2002. **Um Modelo do Processo de Projeto de Edificações, Baseado na Engenharia Simultânea, em Empresas Construtoras Incorporadoras de Pequeno Porte**. Dissertação de M.Sc., UFSC, Florianópolis, 2002.

PHILLIPS, A., **Arquitetura Industrial**. Barcelona, Editorial Gustavo Gilli, 1993.

REWERS, P., TROJANOWSKA., J., “Analysis of External Factors Disturbing Production Levelling”. In: **International Research Journal of Multidisciplinary Studies & SPPP's**, pp. 303-306, Prague, Poland, Set. 2016.

RODRIGUES, M. V., **Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas de Produção Lean Manufacturing**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2014.

ROSA, G. P. *et al.*, **A reorganização do layout como estratégia de otimização da produção**. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Bauru, pp. 139-154, 2014.

SHIMOKAWA K., FUJIMOTO T., **O Nascimento do Lean - Conversas com Taiichi Ohno, Eiji Toyoda e Outras Pessoas que Deram Forma ao Modelo Toyota de Gestão**. Porto Alegre, Bookman, 2011.

SILVA, A. L., **Desenvolvimento de um Modelo de Análise e Projeto de Layout Industrial, em Ambientes de Alta Variedade de Peças, Orientado Para a Produção Enxuta**. Tese de D.Sc., Escola de Engenharia de São Carlos / USP, São Carlos, SP, Brasil, 2009.

SILVA, T. F. L., MELHADO, S. B., “Diretivas Para a Gestão de Projetos Industriais. Gestão e Tecnologia de Projetos”. **Revista Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 9, n. 2, pp. 37-51, 2014. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/viewFile/81127/93383>>. Acesso em 30 jan. 2017, 16:30:00.

SILVA C. V. P., FERREIRA G. K. M., SOUSA J. P. G. M. *et al.*, “A Influência do Layout na Gestão Organizacional”. In: **XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza, CE, Brasil, 2015.

SILVA M. M., LIMA S. R., ZATTAR I. C. *et al.*, “O Impacto da Implementação da Manufatura Enxuta nos Indicadores Financeiros de Uma Indústria Fordista: um Estudo de Caso”. In: **Produção em Foco**, SOCIESC/UNISOCIESC, Joinville, Santa Catarina, Brasil v. 6, n. 1, pp. 163-182, 2016.

SOUZA JÚNIOR, J. A., ANDRADE, M. H. S., CARMO, B. B. T. *et al.*, “Identificação do Layout Adequado em Uma Empresa de Tecnologia Eletrônica”. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**. v. 7, n. 1, pp. 1-22, 2012.

SPEAR, S., BOWEN, H. K., “Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção”. **Harvard Business Review**, v. 77, pp. 96-108, Set/ Oct, 1999.

SUJIMORI, Y., KUSUNOKI, K., CHO, F., UCHIKAWA, S., “Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect for-human system”, **International Journal of Production Research**, v. 15, n. 6, 553-564, 1977.

TAKEUCHI, N. E., **Logística Lean**. Lean Institute Brasil, 2010. Disponível em: <institutolean.com.br>. Acesso em 03 Dez. 2016.

THOMBRE A.; CHAUDHARY P. T., “Cost Optimization Through Value Management Practices - A Success Mantra to Manufacturing Industries”. In: **International journal of multifaceted and multilingual studies**, v. 3, n. 4, 2016.

VILLAR, A. M.; JÚNIOR. L. N., **Planejamento das instalações empresariais**. João Pessoa, Editora da UFPB, 2014.

WELLER, W.; ZARDO, S. P., “Entrevista Narrativa com Especialistas: Aportes Metodológicos e Exemplificação”. **Revista da FAEBA – Educação e Contemporaneidade**, v. 22, n. 40, pp. 131-143, jul./dez. 2013.

WOMACK, J. P., JONES, D. T., ROOS, D., **A Máquina que Mudou o Mundo: Baseado no Estudo do Massachusetts Institute of Technology**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2004.

APÊNDICE A - Protocolo de pesquisa para *experts* em edifícios fabris.

Caro Especialista,

Obrigada pela sua colaboração.

A pesquisa a seguir faz parte da elaboração de uma dissertação de Mestrado, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, na Pontifícia Universidade Católica – PUC GO, Brasil.

Esta dissertação concentra-se em aprofundar os conhecimentos sobre a concepção de projetos de arquitetura fabril influenciados pelo Sistema Toyota de Produção (TPS). No andamento desta pesquisa, de acordo com a metodologia adotada, há a necessidade de análise e validação das Diretivas propostas formuladas a partir dos estudos e da pesquisa bibliográfica. Para auxiliar na compreensão desta problemática, você, como um especialista nesta área, foi convidado para contribuir.

Dentre as Diretivas apresentadas, quais suas sugestões para qualificá-las?

Favor inserir seus dados abaixo:

Nome completo:

Titulação Acadêmica:

Área de Atuação:

Tempo de atuação:

Atuação Profissional:

Mais uma vez, obrigada por sua colaboração.

Zenilda Alexandria Taniguti

Estudante de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas PUC GO.

APÊNDICE B - Proposta de Diretivas influenciadas pelo Sistema Toyota de Produção para a concepção do projeto de arquitetura (TPS).

4 categorias do TPS: **1P -Philosophy** (filosofia), **2P- Process** (processo), **3P People/Partners** (pessoas e parceiros) e **4P-Problem Solving** (solução de problemas).

Diretiva 1 (1P): Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo.

1. Priorizar a interdisciplinaridade na fase inicial do projeto de arquitetura, para antecipar as decisões erradas, mal fundamentadas ou não validadas em torno da visão estratégia TPS.
2. Nortear os objetivos e funções que direcionarão o projeto padronizado e o processo de fabricação nas especificidades do conceito da indústria a ser projetada e nos princípios de gestão TPS, agregando valor aos clientes, à sociedade, à comunidade a aos seus funcionários.
3. O arquiteto deverá conhecer minuciosamente a planta do terreno com todas as informações técnicas e as características topográficas e condições do entorno para compatibilizar com as necessidades do projeto/ Fábrica.
4. Propor no projeto soluções integradas às condições espaciais e construtivas dos ambientes; da gestão de energia, de água, de dejetos das atividades, de manutenção; do conforto higrotérmico, acústico, visual e olfativo; da qualidade sanitária dos espaços, do ar, da água e ainda atender as exigências legais de funcionamento.

Considerações do especialista:

Diretiva 2 (2P): Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.

1. Iniciar o projeto resolvendo em planta o estudo dos fluxos produtivos. Prever os acessos de matérias-primas, de produtos em fabricação, de produtos acabados, de escoamento da produção, de operários, de utilidades e de pessoal administrativo.
2. Relacionar e estudar todos os ambientes ou elementos arquitetônicos necessários para o ambiente industrial, criando uma atmosfera de utilização real dos espaços evitando o superdimensionamento quantitativo e dimensional do ambiente fabril.
3. Identificar a hierarquia (organograma), as inter-relações (funcionograma) e a noção de grandeza dos fluxos (fluxograma), locando cada ambiente em sintonia com o contexto de funcionamento da fábrica.
4. Tornar o projeto flexível às possíveis expansões, com economia e padronização a nível dos processos construtivos pré-fabricados, facilitar a programação visual de identificação das edificações, contribuir para a elaboração do fluxo interno e externo das edificações e padronizar as instalações dos projetos complementares.

5. Atribuir aos ambientes projetados condições construtivas e espaciais, especificando materiais de fácil assepsia, que reduzam a possibilidade de acidentes e adequados a cada função fabril. Prever áreas de serviço, apoio e armazenamento de produtos, bem definidas e funcionais.
6. Na escolha do terreno e no estudo da locação dos edifícios deve-se analisar a orientação solar e a orientação aos ventos dominantes para prever as condições climáticas e térmicas às quais a edificações da organização - e conseqüentemente seus usuários - estarão expostos.
7. O ideal é que se utilize a luminosidade natural e evite a insolação. A localização dos edifícios no terreno deve ser pensada de modo a propiciar o máximo de luz natural a todos os ambientes de trabalho sem, no entanto, permitir a entrada direta de sol. A boa iluminação influencia na eficiência do trabalho e no estado psicológico do trabalhador.
8. Atender às determinações legais municipais, estaduais ou federais vigentes, que regulam e contribuem com questões de segurança do trabalho, de condições de conforto térmico /acústico e higiene e meio ambiente. As áreas comuns - banheiros, refeitórios, dentre outros - estão contempladas nessas exigências e recomendações.
9. Propor um programa arquitetônico com espaços internos e externo autodisciplinados que espelhem o sistema de trabalho da organização, tanto na área produtiva, quanto nas áreas administrativas e de apoio.
10. Considerar o layout como a base projetual para a composição da espacialidade da fábrica tanto da área produtiva quanto das demais áreas.
11. No âmbito conceitual na área produtiva, explorar preferencialmente o modelo de layout celular e na ordem de prioridade, por produto, modular/mini fábrica, posicional e fractal, distribuído e funcional.

Considerações do especialista:

Diretiva 3 (2P): Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.

1. Redução das áreas destinadas a *warehouse*, visando a redução do estoque para níveis mínimos, da probabilidade de obsolescência da produção, do capital improdutivo da empresa, dos custos operacionais de pessoal de equipamentos e outros.
2. Programar as áreas destinadas a estacionamentos de carga e descarga para movimentar materiais em pequenos lotes com alta frequência, com constância, no menor Lead Time e com o mínimo de tráfego cruzado de pessoas e de mercadorias.

Considerações do especialista:

Diretiva 4 (2P): Nivelar a carga de trabalho.

1. A disposição física dos equipamentos deve contribuir com as ferramentas de nivelamento da produção, possibilitando flexibilidade de adaptação dos layouts.

Considerações do especialista:

Diretiva 5 (2P): Construir uma cultura de parar e resolver problemas, para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa.

1. O projeto de arquitetura deve estar alinhado com toda a tecnologia adequada e prevista ao processo a ser desenvolvido.

Considerações do especialista:

Diretiva 6 (2P): Tarefas padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários.

1. Estabelecer a padronização na setorização dos ambientes do programa fabril.

Considerações do especialista:

Diretiva 7 (2P): Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.

1. Utilizar a gestão visual para facilitar a comunicação entre os setores orientando os fluxos de pessoas e de materiais aos acessos de entrada, saída e movimentação dentro e fora dos edifícios, evitando principalmente que funcionários se movimentem desnecessariamente.

Considerações do especialista:

Diretiva 8 (2P): Usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos.

1. Antes da elaboração do projeto o arquiteto, deve visitar alguns estabelecimentos industriais para conhecer as instalações e o funcionamento dos equipamentos e máquinas previstos na produção.

Considerações do especialista:

Diretiva 9 (3P): Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho que vivam a filosofia e a ensinem aos outros.

1. Determinar no programa espaços para treinamentos, locais com visibilidade para os quadros de desempenho, salas para reuniões, e espaços alternativos (internos e externos) para uso de eventos da organização ou para os funcionários.

Considerações do especialista:

Diretiva 10 (3P): Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.

1. Preocupar com a concepção de um edifício funcionalmente eficiente, que responda da melhor maneira às exigências impostas pelo programa arquitetônico/TPS, sem desprezar as necessidades dos vários utilizadores dos diferentes espaços.

Considerações do especialista:

Diretiva 11 (3P): Respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar.

1. Destinar no projeto espaço físico de apoio com salas de reunião, espaço cibernético com rede de computadores com metas comuns para favorecer as interações.

Considerações do especialista:

Diretiva 12 (4P): Ver por si mesmo para compreender completamente a situação.

1. O arquiteto deve fazer visitas a indústrias, primordialmente aos edifícios de produção similares.

Considerações do especialista:

Diretiva 13 (4P): Tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções; implementá-las **com** rapidez.

1. Compatibilizar todos os projetos analisando as possíveis interferências de cada projeto (e de cada sistema) sobre todos os demais projetos, de modo a detectar e corrigir qualquer eventual incompatibilidade.

Considerações do especialista:

Diretiva 14 (4P): Tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável e pela melhoria contínua.

1. Ter uma postura de uma visão ponderada da importância das questões ligadas ao espaço físico de acordo com as exigências a redução do ciclo de vida dos produtos, as novas exigências do marketing e a necessidade de modernização dos sistemas industriais, não só na concepção do projeto, mas em todo o ciclo de vida da organização industrial.

Considerações do especialista:

APÊNDICE C - Termo de confidencialidade.

Eu, Zenilda Alexandria Taniguti, abaixo assinado, comprometo-me a manter confidencialidade com relação a toda documentação e toda informação obtidas nas atividades e pesquisas a serem desenvolvidas no projeto de pesquisa **DIRETIVAS INFLUENCIADAS PELO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO PARA CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL**, coordenado pelo Prof. Ricardo Luiz Machado vinculado ao Mestrado de Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, realizado no âmbito PUC-Go; ou ainda informações de qualquer pessoa física ou jurídica vinculada de alguma forma a este projeto, concordando em:

- Não divulgar a terceiros a natureza e o conteúdo de qualquer informação que componha ou tenha resultado de atividades técnicas do projeto de pesquisa;
- Não permitir a terceiros o manuseio de qualquer documentação que componha ou tenha resultado de atividades do projeto de pesquisa;
- Não explorar, em benefício próprio, informações e documentos adquiridos através da participação em atividades do projeto de pesquisa;
- Não permitir o uso por outrem de informações e documentos adquiridos através da participação em atividades do projeto de pesquisa.

Declaro ter conhecimento: de que as informações e os documentos pertinentes às atividades técnicas do projeto de pesquisa somente podem ser acessados por aqueles que assinaram o Termo de Confidencialidade, excetuando-se os casos em que a quebra de confidencialidade é inerente à atividade ou em que a informação e/ou documentação já for de domínio público.

Nome do Participante da Pesquisa

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Pesquisadora

Assinatura do Orientador

APÊNDICE D - Termo de consentimento livre e esclarecido

Título da Pesquisa de mestrado: **DIRETIVAS INFLUENCIADAS PELO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO PARA CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL**

Nome do Pesquisador Principal: ZENILDA ALEXANDRIA TANIGUTI

Nome do Orientador: Prof. RICARDO LUIZ MACHADO

Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa **DIRETIVAS INFLUENCIADAS PELO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO PARA CONCEPÇÃO DO PROJETO DE ARQUITETURA FABRIL**. Declaro que recebi cópia deste termo de consentimento e do Termo de Confidencialidade, e autorizo a realização da pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Nome do Participante da Pesquisa

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura do Pesquisador

Assinatura do Orientador

Pesquisador Principal: Zenilda Alexandria Taniguti

Orientador: Prof. Ricardo Luiz Machado

APÊNDICE E – Mapa Conceitual

Mapa Conceitual em Formato A3 - página 127

