



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Jorge Vargas

**Análise dos Fatores de Produtividade no Setor da
Construção: um caso de estudo em casas modulares e
seu impacto para a construção lean**

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial orientada pelo
Professor Doutor Cristóvão Silva, apresentada no Departamento de Engenharia
Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra.**

Julho de 2020



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Análise dos Fatores de Produtividade no Setor da Construção: um caso de estudo em casas modulares e seu impacto para a construção lean

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Analysis of Productivity Factors in the Construction Sector: a case study of modular houses and its impact on lean construction

Autor

Jorge António Simões Vargas

Orientador

Professor Doutor Cristóvão Silva

Júri

Presidente	Professora Doutora Aldora Gabriela Gomes Fernandes Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Orientador	Professor Doutor Cristóvão Silva Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Casas Modulares KITUR

Coimbra, Julho, 2020

“Education is not the learning of facts, but the training of the mind to think.”

Albert Einstein.

Aos meus pais, as minhas irmãs e à minha namorada.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço ao Professor Doutor Cristóvão Silva pelas orientações e conselhos que me proporcionou durante os períodos de maior incerteza ao longo deste período académico. Seguidamente, ao meu orientador de estágio, Vasco Campos, pela boa integração que me forneceu ao longo de todo o estágio curricular e a todos os funcionários da empresa Kitur, pela simpatia e rápido acolhimento.

Aos meus pais, irmãs e namorada, os meus sinceros agradecimentos por todo o apoio e motivação. Por fim, e não menos importante, o meu obrigado a todos os meus amigos que me incentivaram sempre a dar o meu melhor e a nunca desistir.

A todos estes, “bem-haja”.

Resumo

O aumento da produtividade de uma empresa é uma das principais chaves para o seu sucesso. Assim, o estudo dos fatores que contribuem para este torna-se bastante benéfico. Contudo, a falta de produtividade é um problema bastante presente no setor da construção. Este advém dos métodos e da mentalidade tradicionais que frequentemente são utilizados pelas empresa de construção.

A presente dissertação resulta do trabalho desenvolvido num estágio curricular realizado na empresa KITUR de construção modular, mais precisamente na área de gestão de projetos. Visto que o método de construção aplicado na empresa apresenta um nível mais complexo de gestão do que o método de construção tradicional, o estudo da otimização dos processos de gestão de projetos desta organização torna-se crítico. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo a identificação dos fatores que mais contribuem para o aumento da produtividade da empresa.

Assim, para a obtenção destes, foi utilizada uma abordagem sistemática para identificar, analisar e classificar os fatores de produtividade por meio da ferramenta *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*, sendo esta bastante utilizada no setor da construção. Após a identificação de alguns potenciais fatores, foi efetuado um estágio prático em cada setor de produção e realizadas entrevistas aos responsáveis de cada área da empresa. No final do processamento dos dados recolhidos, foram avaliados os fatores e as áreas da empresa que mais impacto têm sobre o seu desempenho.

Conclui-se que os fatores mais importantes são as compras de materiais, o investimento para o projeto, a supervisão dos projetos, a coordenação das equipas, os pagamentos dos clientes e a disciplina de trabalho.

Palavras-chave: Fatores de Produtividade, Construção *Lean*, *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*, Construção Modular.

Abstract

Increasing a company's productivity is one of the main keys to its success. Thus, the study of the factors that contribute to it becomes quite beneficial. However, the lack of productivity is a very present problem in the construction sector. This comes from the traditional methods and mentality that are often used by construction companies.

This dissertation is the result of the work developed in a curricular internship at KITUR modular construction company, more precisely in the area of project management. Since the construction method applied in the company presents a more complex level of management than the traditional construction method, the study of the optimization of the project management processes of this organization becomes critical. Thereby, this work aimed at identifying the factors that most contribute to the increase in the company's productivity.

Therefore, to obtain these, a systematic approach was used to identify, analyze and classify the productivity factors through the tool Fuzzy Analytic Hierarchy Process, which is widely used in the construction sector. After the identification of some potential factors, a practical stage was carried out in each production sector and interviews were conducted with those responsible for each area of the company. At the end of processing the data collected, the factors and areas of the company that have the most impact on its performance were evaluated.

It was concluded that the most important factors are material purchases, investment for the project, project supervision, team coordination, customer payments and work discipline.

Keywords Productivity Factors, Lean Construction, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Modular Construction.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Simbologia e Siglas	xv
Simbologia.....	xv
Siglas	xvi
1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. Produtividade no setor da construção	3
2.1.1. Definição de produtividade	4
2.1.2. Medição de produtividade	4
2.1.3. O problema de produtividade na construção	5
2.1.4. Possíveis causas que reduzem a produtividade	10
2.2. Construção <i>Lean</i>	16
2.2.1. O problema da construção tradicional	16
2.2.2. Definição de construção <i>Lean</i>	17
2.3. Fatores de produtividade.....	19
2.3.1. Escalas de importância	20
2.3.2. Grau de importância dos fatores de produtividade.....	21
2.3.3. Grau de importância dos constrangimentos.....	23
2.3.4. Fatores psicológicos e emocionais	23
2.4. <i>Fuzzy Analytic Hierarchy Process</i> (FAHP).....	26
2.4.1. Importância da tomada de decisão na construção	27
2.4.2. Escolha do método de tomada de decisão de critérios múltiplos	27
2.4.3. Sequência de aplicação do FAHP.....	28
2.5. Conclusões do capítulo	31
3. Descrição do caso	33
3.1. Condução do estudo realizado	33
3.2. Construção modular.....	34
3.2.1. Benefícios da construção modular.....	36
3.2.2. Barreiras presentes na construção modular	39
3.2.3. Crescimento da construção modular	40
3.3. A Empresa.....	41
3.4. O Produto.....	41
3.5. O Sistema produtivo	43
3.5.1. Setores de produção.....	43
3.5.2. Rotas de produção	43
3.6. Distribuição das encomendas.....	44
3.7. Distribuição das entregas	47
3.7.1. Comparação entre entregas exigidas e entregas reais.....	48
3.7.2. Área por produto entregue.....	49

3.7.3. Nível de personalização	50
3.7.4. Distribuição normal das entregas	52
3.8. Possíveis causas	53
3.8.1. Nos setores de produção	54
3.8.2. No setor de compras	55
3.8.3. No setor de planejamento e gestão de projetos	56
3.9. Conclusões do capítulo	57
4. Análise dos dados recolhidos	59
4.1. Recolha de dados	59
4.2. Construção da matriz de contribuição por pares dos fatores de produtividade	60
4.3. Construção da matriz de contribuição por pares das áreas da empresa	62
4.4. Dados obtidos	63
4.5. Avaliação dos dados obtidos	64
4.5.1. Avaliação dos fatores de produtividade	66
4.5.2. Avaliação das áreas da empresa	79
4.6. Conclusões do capítulo	85
5. Conclusões	87
Referências Bibliográficas	89
ANEXO A – Índice de produção	93
ANEXO B – Índice de horas trabalhadas	95
ANEXO C – Fatores de produtividade	97
ANEXO D – Constrangimentos de produtividade	101
ANEXO E – Benefícios da CM em detrimento da CT	103
APÊNDICE A – Tarefas e funções do sistema produtivo	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparação dos Índices de Produtividade nos EUA (Fonte: Teicholz, 2014).....	6
Figura 2. Valor agregado real por Empregado nos EUA (Fonte: Teicholz, 2014).....	7
Figura 3. Comparação dos Índices de Produtividade para os vários subsetores de construção nos EUA (Fonte: Adaptado de U.S. Bureau of Labor Statistics, 2019).	7
Figura 4. Crescimento da produção na Construção na UE, base 2015 (Fonte: Eurostat Statistics Explained, 2019).	9
Figura 5. Produtividade do trabalho no SC em Portugal (Fonte: Adaptado de Instituto Nacional de Estatística, 2020a; 2020b).	10
Figura 6. Desempenho de Indústria de Manufatura (Fonte: Adaptado de Bayhan, Demirkesen e Jayamanne, 2019).	12
Figura 7. Desempenho de Indústria de Construção (Fonte: Adaptado de Bayhan, Demirkesen e Jayamanne, 2019).	13
Figura 8. Escala de avaliação da importância dos fatores de produtividade (Fonte: Adaptado de Kazaz et al., 2008).	21
Figura 9. Decomposição da hierarquia (Fonte: Adaptado de Saaty, 1987).	28
Figura 10. Termos linguísticos e números triangulares <i>Fuzzy</i> correspondentes (Fonte: Adaptado de Ayhan, 2013).	29
Figura 11. Etapas de desenvolvimento do estudo realizado.	34
Figura 12. Rotas do sistema produtivo.	44
Figura 13. Distribuição das encomendas dos clientes em número de unidades por mês. ...	45
Figura 14. Distribuição das encomendas dos clientes em área média das casas por mês. ..	46
Figura 15. Distribuição das encomendas dos clientes em área total por mês.	46
Figura 16. Comparação entre as datas de entrega exigidas e as datas de entrega reais das casas.	48
Figura 17. Distribuição da relação entre a área de uma casa e o seu tempo de entrega.	49
Figura 18. Níveis de personalização.	51
Figura 19. Relação entre o nível de personalização e o tempo médio excedido.	52
Figura 20. Distribuição normal dos dias úteis excedidos pela empresa.	53
Figura 21. Velocidade de processamento que cada setor dispõe.	54
Figura 22. Método de avaliação dos fatores de produtividade (causa e efeitos).	65
Figura 23. Método de avaliação das áreas da empresa (causa e efeito).	66

Figura 24. Fatores de produtividade com maior peso (Peso acumulado em %).	67
Figura 25. Relações entre os fatores de produtividade.....	67
Figura 26. Avaliação do fator de produtividade "Compras de materiais".....	69
Figura 27. Avaliação do fator de produtividade "Investimento para o projeto".	71
Figura 28. Avaliação do fator de produtividade "Supervisão dos projetos".	73
Figura 29. Avaliação do fator de produtividade "Coordenação das equipas".....	75
Figura 30. Avaliação do fator de produtividade "Pagamentos dos clientes".	77
Figura 31. Avaliação do fator de produtividade "Disciplina de trabalho".	78
Figura 32. Áreas da empresa com maior peso (Peso acumulado em %).	80
Figura 33. Avaliação da área da empresa "Gestão financeira".	81
Figura 34. Avaliação da área da empresa "Gestão de projetos".....	82
Figura 35. Avaliação da área da empresa "Cultura organizacional".....	84
Figura 36. Mapa de avaliação da produtividade da empresa.	86
Figura 37. Índice de produção na construção e obras públicas - ajustado de efeitos de calendário e de sazonalidade (Base – 2015) (Fonte: Instituto Nacional de Estatística, 2020a).	93
Figura 38. Índices de horas trabalhadas na construção e obras públicas – ajustado de efeitos de calendário (Base - 2015) (Fonte: Instituto Nacional de Estatística, 2020b).....	95

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Possíveis causas que reduzem a produtividade na construção.	14
Tabela 2. Filosofia Tradicional vs Nova Filosofia (Fonte: Koskela, 2000).	16
Tabela 3. Fatores de produtividade obtidos pela literatura revista.	21
Tabela 4. Áreas de uma empresa que mais afetam a produtividade.	22
Tabela 5. Constrangimentos de produtividade recolhidos pela literatura revista.	23
Tabela 6. Fatores de produtividade relacionados com os problemas encontrados na empresa.	59
Tabela 7. Fatores de produtividade mais relevantes para este estudo.	61
Tabela 8. Matriz de contribuição por pares dos fatores de produtividade.	62
Tabela 9. Grau de importância médio de cada área de uma empresa.	62
Tabela 10. Matriz de contribuição por pares das áreas da empresa.	63
Tabela 11. Fatores de produtividade com maior peso.	63
Tabela 12. Áreas da empresa com maior peso.	64
Tabela 13. Fatores de produtividade.	97
Tabela 14. Constrangimentos de produtividade.	101
Tabela 15. Benefícios da CM em detrimento da CT.	103
Tabela 16. Tarefas e funções do sistema produtivo.	107

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

W – Peso atribuído a casa fator pelos especialistas

A – Peso máximo que pode ser atribuído ao fator

N – Número total de pessoas entrevistadas

W_e – Peso atribuído a casa fator pelos especialistas

X_e – Percentagem de pessoas entrevistadas que respondem

e – Número do pedido da pessoa entrevistada

\tilde{A} – Escala Triangular *Fuzzy*

l – Primeiro valor da escala *Fuzzy*

m – Segundo valor da escala *Fuzzy*

u – Terceiro valor da escala *Fuzzy*

\tilde{d}_{ij}^k – Preferência do decisor

k^{th} – Decisor

i^{th} – Critério de decisão

j^{th} – Critério de decisão

K – Quantidade de decisores

\tilde{d}_{ij} – Média das preferências dos decisores

\tilde{r}_i – Valor Triangular *Fuzzy*

n – Número de critérios de decisão

\tilde{w}_i – Peso *Fuzzy* do critério

M_i – Média dos valores da escala *Fuzzy*

N_i – Valor normalizado do critério

T – Tarefa do sistema produtivo

F – Função do sistema produtivo

m^2 – Metro quadrado

D_i – Quantidade máxima de dias úteis necessária para a entrega da casa na data imposta pelo contrato

D_f – Quantidade de dias úteis que foram realmente utilizados para a entrega da casa

D_{im} – Tempo médio de entrega da casa estabelecido em contrato

E – Eficiência

x – Dias úteis excedidos

y – Área da casa

d – Valor do declive da reta de tendência linear

A_m – Espaço da amostra

p – Nível de personalização

S_i – Setor produtivo

Siglas

SC – Setor da Construção

CL – Construção *Lean*

CT – Construção Tradicional

FAHP – *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*

TFP – *Total Factor Productivity*

PFP – *Partial Factor Productivity*

EUA – Estados Unidos da América

VAR – Valor Agregado Real

UE – União Europeia

INE – Instituto Nacional de Estatística

IIC – Instituto da Indústria da Construção

TFV – Transformação-Fluxo-Valor

RII – Índice de Importância Relativa

IHT – Índice de Habilidade de Trabalho

ADCM – Análise de Decisão de Critérios Múltiplos

MTDCM – Métodos Tomada de Decisão de Critérios Múltiplos

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

FS – *Fuzzy Sets*

GV – Gestão Visual

1. INTRODUÇÃO

O presente documento foi construído no âmbito da dissertação de Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Coimbra, durante o procedimento de um estágio curricular na empresa KITUR de construção modular.

Inicialmente realizou-se uma análise geral da empresa em termos do setor de mercado na qual está inserida, do tipo de produto que fabrica, do seu método de construção e do seu estado atual. Posto esta, observou-se que a empresa possuía um problema no que toca às entregas das casas, relacionado com a subprodução do sistema produtivo, concluindo-se que as causas desta não advém de variáveis como a área da casa e o seu nível de personalização.

Consequentemente, procedeu-se a uma revisão bibliográfica sobre o tópico de produtividade no setor da construção, o que por meio deste concluiu-se que a falta de produtividade é um problema comum neste setor. Por conseguinte, foram identificados na literatura os fatores e constrangimentos que mais afetam a produtividade.

Posto isto, tendo em conta o que foi obtido na revisão bibliográfica, realizou-se um estágio prático em cada setor de produção de modo a se perceber as causas principais do problema da empresa. Também foram efetuadas entrevistas aos responsáveis de cada área da empresa de forma a entender, na perspectiva deles, os fatores de produtividade que mais afetam a empresa. Isto possibilitou a escolha dos 10 fatores mais importantes para estudo, sendo estes o pagamento de salários, os pagamentos dos clientes, as compras de materiais, a sobrecarga dos trabalhadores, a disciplina de trabalho, o planeamento da produção, a coordenação das equipas, o investimento para o projeto, a supervisão dos projetos e a comunicação entre setores.

De seguida, conduziu-se uma análise aos fatores recolhidos por intermédio do *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*, este que permite identificar os pesos dos diferentes fatores sobre a produtividade. Assim, com a aplicação desta ferramenta, foram determinados os fatores que mais impacto têm sobre a produtividade da empresa. Estes, por ordem de significância, são as compras de materiais, o investimento para o projeto, a supervisão dos projetos, a coordenação das equipas, os pagamentos dos clientes e a disciplina de trabalho.

Este documento é constituído por 5 capítulos. O capítulo de introdução atual resulta no primeiro, onde é elucidado um breve resumo do que é tratado nesta dissertação.

No segundo capítulo é realizada a Revisão Bibliográfica, sendo inicialmente abordado o tópico sobre a produtividade no setor da construção, descrevendo-se o conceito de produtividade, a sua decadência no setor e potenciais causas. De seguida, explora-se a construção *Lean* por meio da sua definição e posterior comparação com a construção tradicional, realçando-se os benefícios que a primeira traz. Também são identificados alguns fatores de produtividade na literatura, assim como fatores psicológicos e emocionais. No final deste capítulo estuda-se o método FAHP e o seu modo de aplicação.

O terceiro capítulo contém um enquadramento da empresa mencionando-se primeiro o que é a construção modular, depois a empresa e o seu produto, prosseguindo-se com uma análise do estado da mesma, analisando-se por último as potenciais causas do problema que a empresa aparenta.

Posteriormente, no quarto capítulo é explicado o método de recolha dos dados que vão ser utilizados para a construção das matrizes de contribuição por pares, estas que vão ser precisas para a aplicação da ferramenta FAHP. Por consequência desta, são obtidos os valores referentes aos fatores e às áreas da empresa em estudo que mais contribuem para o seu aumento de produtividade e eficiência, sendo os dados avaliados no final.

No último capítulo estão presentes as conclusões.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados quatro temas distintos. Inicialmente é abordado o tópico sobre a produtividade no Setor da Construção (SC), onde se descreve o conceito de produtividade, o seu decréscimo no setor e as potenciais causas desta redução. De seguida, explora-se o tema de Construção *Lean* (CL) identificando-se a sua diferença com a Construção Tradicional (CT) e são enumerados os benefícios que a CL produz, assim como algumas barreiras para a sua implementação. No terceiro tópico temos os fatores de produtividade encontrados na revisão da literatura, onde também é mencionada a importância dos fatores psicológicos e emocionais para o aumento da produtividade. Por último, aborda-se o método *Fuzzy Analytic Hierarchy Process* (FAHP) explicando-se de igual forma a causa da sua escolha e o seu processo de aplicação.

As fontes utilizadas para a pesquisa de artigos foram a *Web of Knowledge*, a *ScienceDirect* e a *Google Scholar*.

2.1. Produtividade no setor da construção

A produtividade é um tema que tem sido explorado de uma forma cada vez mais profunda nas últimas décadas, dentro do SC. Vários autores (Aziz e Hafez, 2013; Elizar et al., 2015; Ferreira, 2017; Gomes, 2015; Jaffar et al., 2011; Javed et al., 2018; Teicholz, 2014) concluem que a produtividade no SC veio a diminuir consistentemente ao longo de vários anos, em diversos países. De forma a tentar mitigar este fenómeno, investigadores e engenheiros desenvolveram novas metodologias e ferramentas de gestão de projetos de construção. Contudo, o problema tem permanecido, ou até agravado, na maioria dos casos.

Deste modo, a produtividade, mais especificamente do trabalho, torna-se a questão primordial no SC. Considerada bastante subjetiva e complexa, as causas que provocam a sua deterioração não são, na sua totalidade, claras, conhecidas ou genéricas.

Para melhor compreensão deste tema, começa-se por definir o significado de produtividade.

2.1.1. Definição de produtividade

Javed et al. (2018) definem a produtividade como sendo a proporção entre o produto de saída e os recursos de entrada. Para o SC a produtividade é estimada pela quantidade de produto de saída, assim como pela quantidade de intermediários, capital e *inputs* de trabalho necessários para produzir o *output*. Também consideram que a produtividade na construção pode ser entendida como um sistema complexo, onde múltiplos fatores e restrições interagem entre si e evoluem ao longo do tempo.

A natureza do processo de construção aponta para a necessidade de medidas de produtividade em três níveis: (i) tarefa - refere-se à atividade específica de construção; (ii) projeto - conjunto total de tarefas necessárias para a construção de uma nova instalação (a construção de um novo prédio, por exemplo) ou a renovação de uma instalação pré-existente através de adições, alterações e/ou substituições; (iii) indústria (Chapman, R.; Butry, D.; Huang, 2010).

Para Teicholz (2014) a produtividade do trabalho ao nível de tarefa expressa-se através da produção por hora de trabalho. Por sua vez, Shoar e Banaitis (2018) descrevem a produtividade como uma utilização eficaz de recursos (consumo) para alcançar um conjunto de objetivos (produto), que se pode traduzir na "proporção do produto dividido pelo consumo".

Ferreira (2017) defende que a produtividade é a relação entre o que se obtém por unidade económica (fator, organização, região, país), e os recursos que essa produção consumiu. Porventura, também associa este termo à relação entre o elaborado durante um período temporal e a quantidade de recursos despendidos para produzir os *outputs*. Contudo, o autor explica que a produtividade, enquanto medida, não nos elucida quanto às causas que conduzem a este ou a outro resultado.

2.1.2. Medição de produtividade

Em termos técnicos, pode-se afirmar que a noção de produtividade apresenta-se sob a forma de “produção por unidade de fator”, relacionando-se normalmente a produção apenas com um dos fatores intervenientes nas seguintes equações (Ferreira, 2017):

$$\textit{Produtividade do trabalho} = \frac{\textit{Produção}}{\textit{Número de horas de trabalho}} \quad (2.1)$$

$$\textit{Produtividade do capital} = \frac{\textit{Produção}}{\textit{Capital}} \quad (2.2)$$

$$\textit{Produtividade das matérias primas} = \frac{\textit{Produção}}{\textit{Matérias primas}} \quad (2.3)$$

Ferreira (2017) afirma que a produtividade apresenta uma natureza algo intuitiva, que decorre do elevado grau de subjetividade a que as variáveis utilizadas na medida desta estão sujeitas.

Por outro lado, a produção e os recursos utilizados variam de indústria para indústria, que, para o caso do SC, a produtividade é medida através de duas fórmulas (equação 2.4 e 2.5). A primeira medida é a produtividade total dos fatores (*Total Factor Productivity*, TFP), que pode ser calculada por meio da seguinte equação (Shoar e Banaitis, 2018):

$$TFP = \frac{\textit{Produção total}}{\sum(\textit{trabalho} + \textit{equipamentos} + \textit{materiais} + \textit{energia} + \textit{capital})} \quad (2.4)$$

A segunda medida de produtividade é a produtividade parcial dos fatores (*Partial Factor Productivity*, PFP), definida como a razão entre a produção e a mão-de-obra, expressa da seguinte forma:

$$PFP = \frac{\textit{Produção}}{\textit{Horas de trabalho}} \quad (2.5)$$

Pelo facto da mão-de-obra ser considerada uma das principais componentes de qualquer projecto de construção, uma vez que os custos associados a esta compreendem entre 33% a 50% dos custos totais do projecto (Shoar e Banaitis, 2018), o estudo dos fatores que contribuem para o aumento da produtividade do trabalho é crucial.

2.1.3. O problema de produtividade na construção

Na figura 1 é representado o índice de produtividade do trabalho de construção nos Estados Unidos da América (EUA) baseado em vários defletores, em comparação com a produtividade do trabalho em todas as indústrias não-agrícolas, entre 1964 e 2012. Estes dados foram recolhidos no *U.S. Bureau of Labor Statistics* e adaptados por Teicholz (2014).

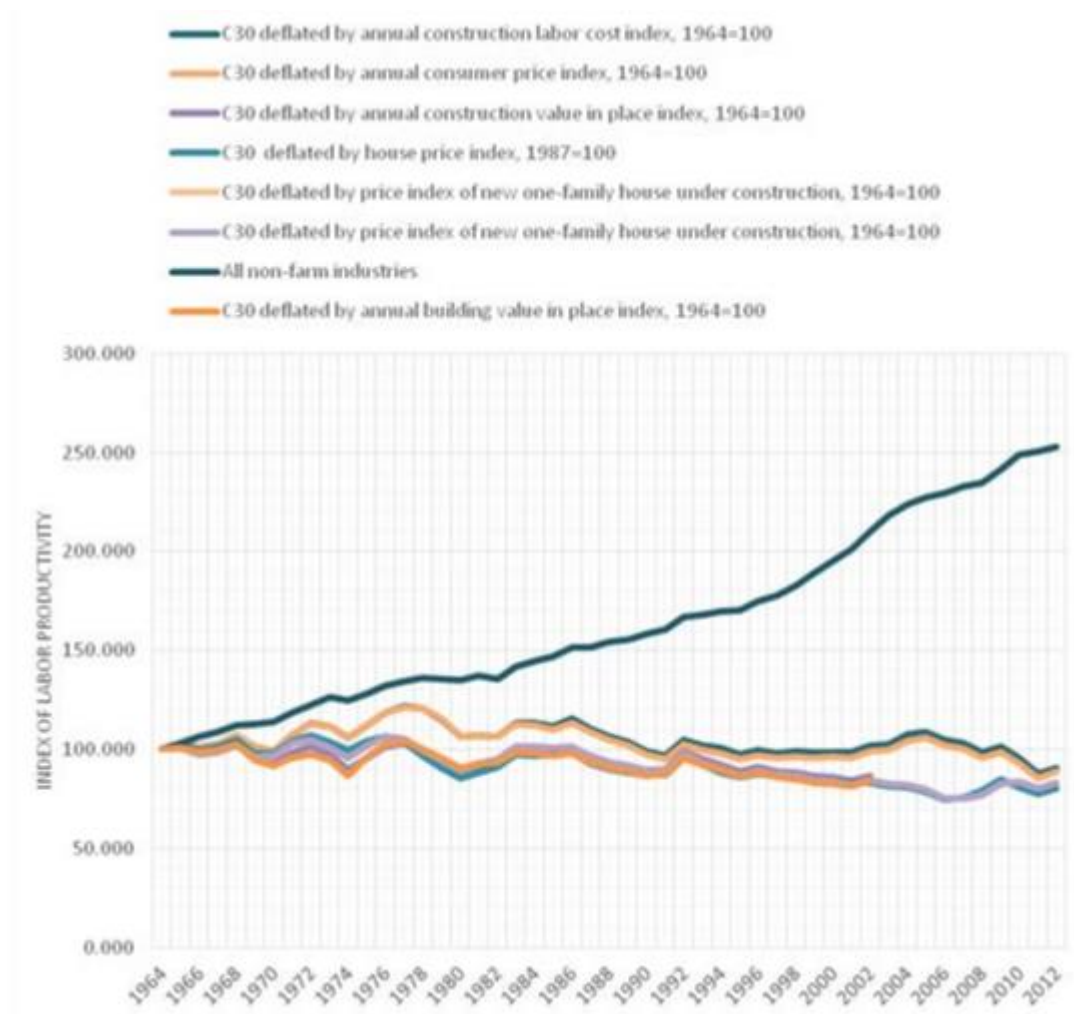


Figura 1. Comparação dos Índices de Produtividade nos EUA (Fonte: Teicholz, 2014).

Através desta figura é possível verificar que a produtividade da mão-de-obra para a indústria de construção total diminuiu levemente neste período (com algumas pequenas exceções). No entanto, a taxa geral de declínio de produtividade do SC é de -0,32% por ano, enquanto a tendência para todas as indústrias não-agrícolas é positiva, equivalente a 3,06% de produtividade por ano (Teicholz, 2014).

Outra maneira de medir a produtividade do trabalho é através do valor agregado real (VAR) por funcionário. Se este diminuir ao longo do tempo, refletir-se-á uma menor produção por funcionário, levando por conseguinte a uma menor produtividade. A figura 2 representa a comparação entre o VAR para diferentes indústrias, tendo como base de comparação o salário equivalente a 2005 dólares por empregado.

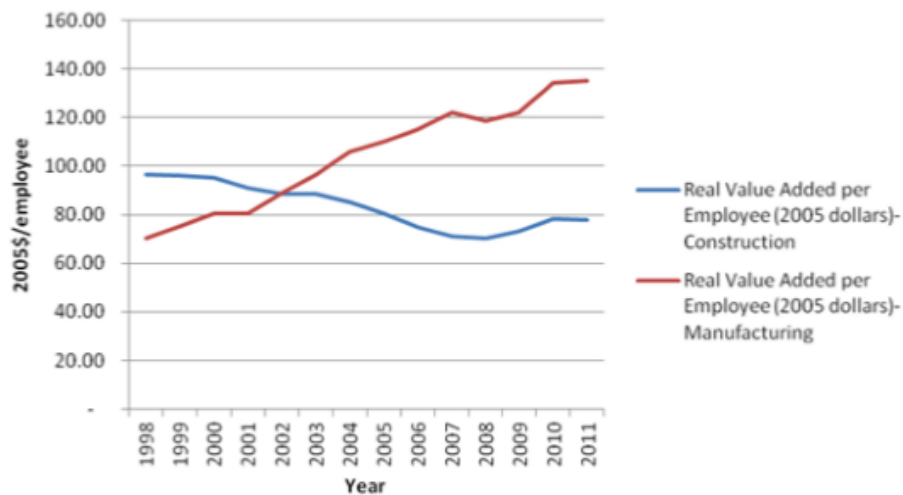


Figura 2. Valor agregado real por Empregado nos EUA (Fonte: Teicholz, 2014).

Através desta figura observa-se que existe uma grande discrepância entre os valores de VAR por funcionário do SC e do setor de manufatura. Assim, o resultado encontrado é negativo, mostrando que existem vários problemas estruturais que impedem a melhoria da produtividade do trabalho no SC (Teicholz, 2014). Para o mesmo caso, a figura 3 apresenta valores atualizados de produtividade do trabalho nos EUA, entre 2013 e 2018, onde o valor base do índice de produtividade é relativo ao ano 2007.

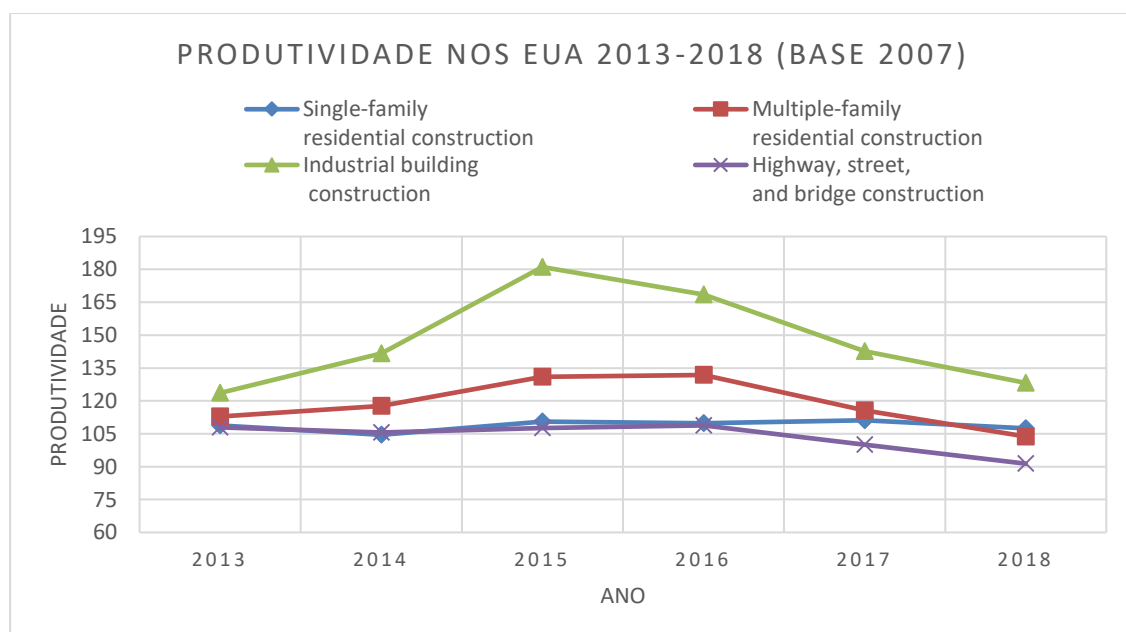


Figura 3. Comparação dos Índices de Produtividade para os vários subsetores de construção nos EUA (Fonte: Adaptado de U.S. Bureau of Labor Statistics, 2019).

Por meio da figura 3 denota-se que os quatro subsetores da indústria de construção nos EUA demonstram um desempenho, em termos produtivos, estagnado ou em decréscimo. Consegue-se perceber que para o subsetor “*single-family residential construction*” e o subsetor “*industrial building construction*”, ambos apresentam declives positivos, contudo o seu crescimento é pouco significativo, semelhante a 0,34% e a 0,386% por ano, respetivamente. Já para o caso dos subsetores “*multiple-family residential construction*” e “*highway, street and bridge construction*”, demonstram um declive decrescente significativo equivalente a -1,45% e a -2,81% por ano, respetivamente. Estes dados referem-se à função de tendência linear de cada subsetor.

Por outro lado, Aziz e Hafez (2013); Javed et al. (2018) identificam igualmente o declínio da produtividade do trabalho em várias economias mundiais. Por exemplo, no Japão ocorreu uma diminuição de 3714 para 2731 Yen / Homem / Horas no período de 1990-2004 (Aziz e Hafez, 2013).

Na União Europeia (UE), o SC foi bastante afetado pela crise financeira e económica e as suas repercussões. A construção sofreu uma das mais longas e profundas contrações em termos produtivos, tendo o seu valor acrescentado diminuído em 18,9% entre 2007 e 2013, e continuado nos anos seguintes. Entre 2008 e o início de 2013 o nível total de produção dos membros da UE manteve num constante decréscimo de 30% (Ferreira, 2017). Desde então, a produção na construção tem crescido lentamente, como demonstra a figura 4.

EU-28 and EA-19 construction production 2005 - 2019, calendar and seasonally adjusted data (2015 = 100)

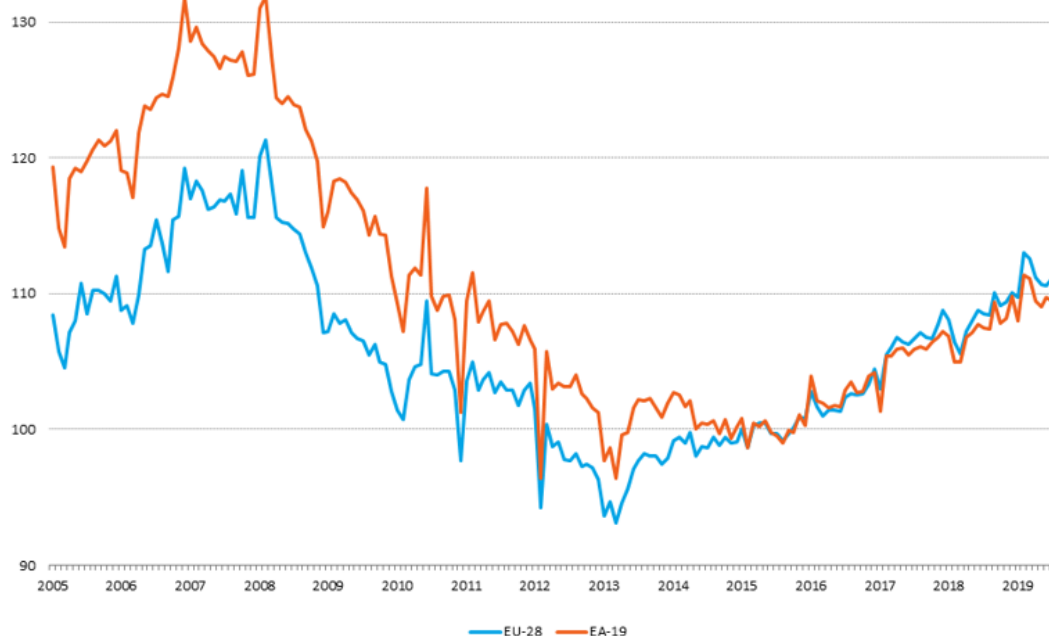


Figura 4. Crescimento da produção na Construção na UE, base 2015 (Fonte: Eurostat Statistics Explained, 2019).

Para o caso do SC em Portugal, entre 2010 e 2013 o número de empresas a operar neste setor decresceu 19,1%, existindo apenas 146 664 empresas no último ano. Entre 2008 e 2014 a produção, tanto na construção de edifícios como em obras de engenharia civil, diminuiu mais de 50% (-56,6% e -52,5%, respetivamente). No geral, a produtividade laboral no SC em Portugal decresceu entre 2008 e 2012 em todos os subsectores. As atividades imobiliárias sofreram a maior queda (-29,7%). A produtividade nos subsectores de construção e arquitetura/engenharia decresceu 13,3% e 15,8%, respetivamente. Apenas as atividades manufactureiras sofreram um decréscimo menos acentuado igual a 7,6% (Ferreira, 2017).

Ainda, Gomes (2015) também afirma que o SC em Portugal tem sofrido, ao longo dos últimos anos, uma profunda crise provocada pela recessão da economia mundial que conduziu à queda dos principais indicadores do sector (como por exemplo, o número de empresas, o número de pessoas ao serviço e o volume de negócios). Consequentemente, o SC em Portugal sentiu uma forte diminuição da procura de produtos de construção, tendo em conta a oferta existente.

Através dos dados recolhidos pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), foram analisados dois índices que caracterizam o crescimento da produtividade do trabalho no SC em Portugal. Estes índices são: (i) Índice de produção na construção e obras públicas - ajustado de efeitos de calendário e de sazonalidade (Base – 2015) (Anexo A); (ii) Índice de horas trabalhadas na construção e obras públicas - ajustado de efeitos de calendário (Base – 2015) (Anexo B); ambos entre Janeiro de 2005 e Fevereiro de 2020. Estes dados possibilitam visualizar o crescimento da produção e do número de horas trabalhadas ao longo do tempo. Aplicando a equação de produtividade 2.5, que resulta na divisão do primeiro índice mencionado pelo segundo, obteve-se o gráfico seguinte:

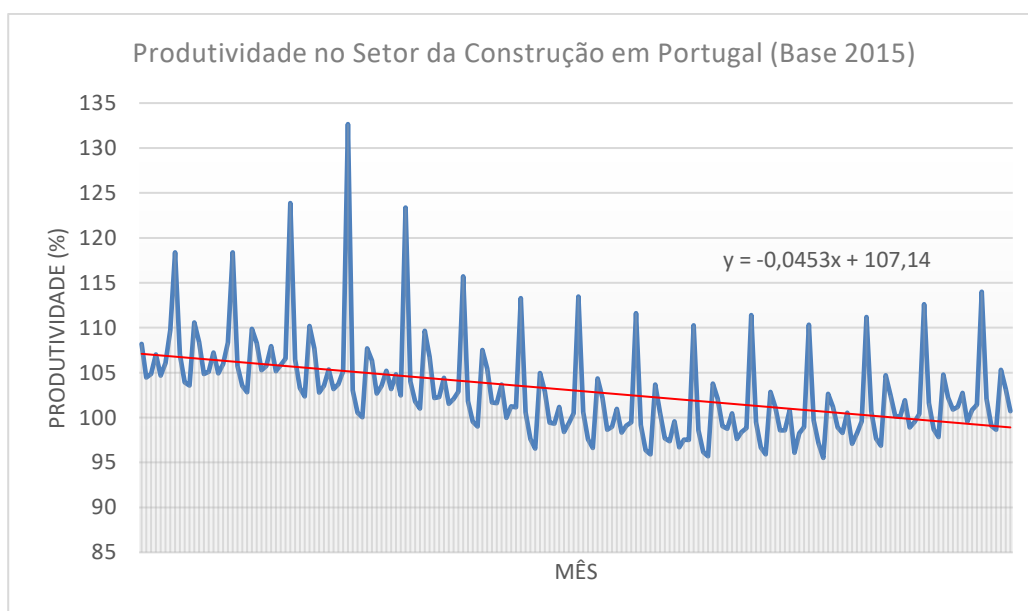


Figura 5. Produtividade do trabalho no SC em Portugal (Fonte: Adaptado de Instituto Nacional de Estatística, 2020a; 2020b).

Através deste gráfico nota-se que a produtividade do trabalho no SC em Portugal tem vindo a decrescer desde 2005. A equação da linha de tendência linear do gráfico demonstra que o decréscimo de produtividade anual é cerca de 0,54%.

2.1.4. Possíveis causas que reduzem a produtividade

Como Teicholz (2014) refere, a descrição das potenciais causas de baixa produtividade do trabalho no SC é bem conhecida pelos profissionais. Contudo, é difícil ou talvez impossível conhecer a importância relativa de cada fator que contribui para este

problema, visto que variam de projeto para projeto, assim como entre os tipos de trabalho envolvidos. Segundo o mesmo autor, as principais causas da baixa produtividade no SC são as seguintes:

1. Produtos de trabalho exclusivos e complexos, construídos por equipas diferentes e dispersas entre si, sob condições variadas, regulamentares e climáticas;
2. Um sistema de compras baseado em equipas competitivas e não colaborativas;
3. Uso inadequado de dados, amplamente baseado em documentos em papel produzidos por uma equipa altamente fragmentada;
4. Um ambiente económico caracterizado pela queda dos preços reais do trabalho.

Também, Elizar et al. (2015) afirmam que os projetos de construção apresentam uma elevada complexidade, o que requer uma boa capacidade de gestão de recursos. Assim, durante o processamento de projetos de construção existem frequentemente desperdícios. Mais precisamente, 12,51% provocados por uma seleção ineficiente de materiais, 11,39% provêm da danificação de material durante a execução de projetos e 4,67% causados por más práticas de gestão de resíduos.

De igual forma, Jaffar et al. (2011) mencionam que o processo complexo, interdependente e demorado de projetar e construir uma casa torna a construção numa atividade no qual as disputas são praticamente garantidas. Além disso, o envolvimento multidisciplinar no projeto de construção também gera conflitos entre as diferentes partes envolvidas. Assim, estes “conflitos e disputas são inevitáveis para o SC visto que a maioria dos projetos de construção apresentam várias incertezas”.

As fontes comuns de disputas na construção estão amplamente relacionadas a questões contratuais, incluindo a variação de requisitos, extensão de prazos, pagamentos dos clientes, qualidade de especificação técnica, disponibilidade de informações, administração e gestão, expectativas e determinação irrealista dos clientes (Jaffar et al., 2011).

Os conflitos podem dificultar a comunicação entre indivíduos, romper relações pessoais e profissionais e produzir tensão desnecessária, o que diminui a eficácia das organizações na execução de tarefas. Deste modo, se a disputa não for gerida adequadamente, a criação de atrasos e o aumento dos custos de projetos tornam-se bastante

prováveis, podendo mesmo prejudicar as relações com os clientes a longo prazo (Jaffar et al., 2011).

Ainda, Radziszewska-Zielina et al. (2019) afirmam que muitas decisões essenciais não são tomadas ao nível das estruturas organizacionais formais, mas são o resultado das relações informais entre os participantes do projeto de construção.

Porventura, a gestão de riscos nos projetos de construção normalmente possui uma abordagem reducionista. Por exemplo, na maioria dos casos presentes no SC os riscos são resolvidos através da aplicação de contingências (dinheiro) ou flutuações (tempo). Deste modo, não é feita uma análise de riscos mais abrangente, limitando a qualidade da gestão e execução dos projetos. Por tudo isto, a maior parte dos projetos terminam com custos excedentes e atrasos diversos (Serpella et al., 2014).

Analisando de outra perspectiva, de acordo com o Instituto da Indústria da Construção (IIC), os desempenhos apresentados pelas indústrias de manufatura e de construção estão presentes, respetivamente, nas figuras 6 e 7 (Bayhan et al., 2019).

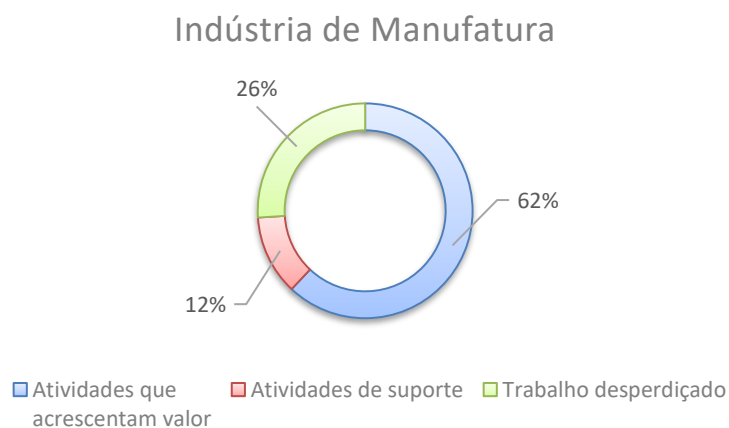


Figura 6. Desempenho de Indústria de Manufatura (Fonte: Adaptado de Bayhan, Demirkesen e Jayamanne, 2019).

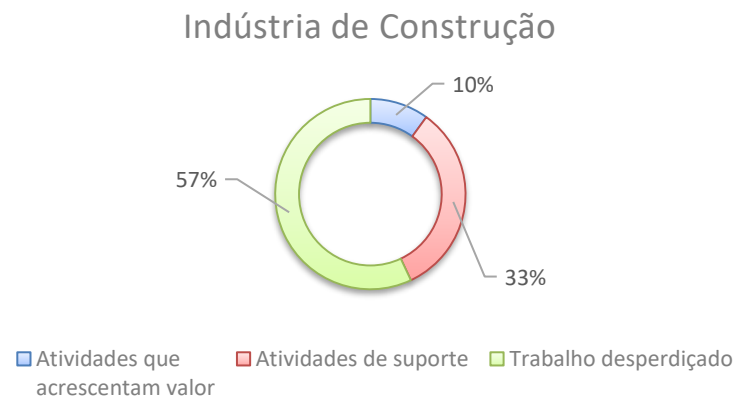


Figura 7. Desempenho de Indústria de Construção (Fonte: Adaptado de Bayhan, Demirkesen e Jayamanne, 2019).

Através destas figuras é possível notar a grande discrepância em termos de desempenho apresentados pelas diferentes indústrias, onde na construção apenas 10% das atividades aumentam valor ao cliente, comparativamente com a indústria de manufatura que apresenta um valor de 62% (Bayhan et al., 2019).

Num estudo realizado na Arábia Saudita constatou-se que apenas 30% dos projetos de construção foram concluídos dentro das datas de conclusão programadas e que o tempo médio excedido foi de 10 a 30% (Ramanathan et al., 2012).

Isto deve-se ao facto das medidas tradicionais utilizadas na construção que geralmente concentram-se apenas nos custos ou na produtividade, não tornando os resíduos e os desperdícios visíveis, tão pouco estimulam a melhoria contínua (Koskela, 1992).

Koskela (2000) alega que a base conceitual da gestão na construção normalmente é orientada pela noção de transformação. Os métodos de gestão utilizados são contraproducentes, negligenciando os princípios de gestão de fluxo e de valor, o que proporciona o aparecimento considerável de desperdícios e perdas de valor na construção. Contudo, as peculiaridades da construção têm um grande impacto na estrutura e no comportamento dos fluxos de materiais. Isto é:

1. Existem três tipos de fluxo em ação no local de construção (materiais, produto e montagem) em contraste com uma fábrica de manufatura que possui apenas dois tipos de fluxo (materiais e produto);
2. Existe um elevado grau de variabilidade inerente aos projetos de construção, devido às peculiaridades da construção associadas a esses fluxos.

3. Visto que a produção na construção é do tipo montagem, existe uma elevada vulnerabilidade devido à variação do fluxo de entrada de materiais;
4. Numa fábrica comum de manufatura, várias peças de um produto em transformação podem estar presente simultaneamente em diferentes estações de trabalho, ao contrário do processo produtivo da construção onde não é possível.

Na tabela seguinte encontram-se resumidas e enumeradas as possíveis causas que reduzem a produtividade na construção obtidas pela literatura revista. Também é importante mencionar que existe um certo padrão predominante no que se trata a estas causas. Mais precisamente, nota-se que frequentemente as causas que afetam a produtividade no SC são em termos da complexidade dos projetos de construção, das disputas entre as equipas de um projeto, da gestão de desperdícios e resíduos incorrecta, da inexistência de um sistema de informação ou de Gestão Visual (GV), da gestão de projetos incorrecta e da variabilidade presente num projeto de construção.

Tabela 1. Possíveis causas que reduzem a produtividade na construção.

Possíveis causas
<ol style="list-style-type: none">1. Produtos de trabalho exclusivos e complexos;2. Equipas diferentes, dispersas e fragmentadas;3. Sistema de compras baseado em equipas não colaborativas;4. Uso inadequado de dados;5. Queda dos preços reais do trabalho. <p>(Teicholz, 2014)</p>
<ol style="list-style-type: none">1. Elevada complexidade dos projetos de construção;2. Desperdícios frequentes nos projetos de construção, mais precisamente:<ol style="list-style-type: none">a. 12,51% provocados por uma seleção ineficiente de materiais;b. 11,39% provêm da danificação de material durante a execução de projetos;c. 4,67% causados por más práticas de gestão de resíduos. <p>(Elizar et al., 2015)</p>
<ol style="list-style-type: none">1. Processo de construção complexo, interdependente e demorado;2. Atividade no qual as disputas e conflitos são praticamente garantidos;

<p>3. As fontes de disputas na construção advém de questões contratuais;</p> <p>4. Dificuldade de comunicação entre as equipas;</p> <p>5. Existência de custos excedentes e atrasos diversos.</p> <p>(Jaffar et al., 2011)</p>
<p>1. Muitas decisões resultam de relações informais. Se disputas e conflitos existirem, os processos de tomada de decisão ficam comprometidos.</p> <p>(Radziszewska-Zielina et al., 2019)</p>
<p>1. Abordagem reducionista da gestão de riscos nos projetos de construção;</p> <p>2. A qualidade de gestão e execução dos projetos é limitada;</p> <p>3. Existência de custos excedentes e atrasos diversos.</p> <p>(Serpella et al., 2014)</p>
<p>1. Na indústria de construção apenas 10% das atividades acrescentam valor ao cliente, ao contrário da indústria de manufatura que apresenta um valor de 62%.</p> <p>(Bayhan et al., 2019)</p>
<p>1. Apenas 30% dos projetos de construção (Arábia Saudita) são concluídos dentro das datas de conclusão (tempo médio excedido entre 10 a 30%).</p> <p>(Ramanathan et al., 2012)</p>
<p>1. As medidas convencionais de construção não tornam os resíduos e os desperdícios visíveis;</p> <p>2. Não é realizada melhoria contínua.</p> <p>(Koskela, 1992)</p>
<p>1. Os métodos de gestão utilizados na construção são contraproducentes;</p> <p>2. Aparecimento frequente de desperdícios e perdas de valor nos projetos;</p> <p>3. Existem três tipos de fluxo em ação no local de construção, em contraste com uma fábrica de manufatura que possui apenas dois tipos;</p> <p>4. Variabilidade elevada inerente aos projetos de construção;</p> <p>5. Elevada vulnerabilidade devido à variação do fluxo de entrada de materiais;</p> <p>6. Os elementos de um produto em transformação não podem estar presente simultaneamente em diferentes postos de trabalho de construção.</p> <p>(Koskela, 2000)</p>

2.2. Construção *Lean*

Inicialmente neste tópico é explorado com mais detalhe o problema existente na CT e comparado com uma nova filosofia de construção. Por último é definido o conceito de CL e estudado com mais detalhe.

2.2.1. O problema da construção tradicional

Tradicionalmente, a construção é vista apenas como uma série de conversão de atividades. Por exemplo, as atividades de desperdício, como a espera, o armazenamento de *stock*, a movimentação materiais e inspeção, são raramente modeladas por meio de ferramentas de controlo. Assim, Koskela (1992) afirma que a construção deve adotar uma nova filosofia de produção que permita a capacidade para identificar e eliminar as atividades que não acrescentam valor. Para tal, a construção deve ser vista como um fluxo de processos, ou seja, um fluxo de atividades de desperdício e de conversão, e não apenas de conversão processos.

Uma interpretação baseada na teoria TFV (Transformação-Fluxo-Valor) proposta por Koskela (2000) revela que uma grande parte dos problemas encontrados no SC é causada pela visão limitada e predominante sobre a produção da construção, como visto anteriormente. Assim, a teoria TFV explica amplamente as origens dos problemas de construção. Através desta teoria, a produção é definida como uma transformação de *inputs* em *outputs*, onde existe um fluxo que possui etapas de espera, inspeção e movimentação, sendo a construção reconhecida como um meio para atender as necessidades dos clientes. Na tabela 2 resume-se as diferenças entre a filosofia tradicional de construção e a nova filosofia de construção (Koskela, 2000).

Tabela 2. Filosofia Tradicional vs Nova Filosofia (Fonte: Koskela, 2000).

Filosofia Tradicional de Construção	Nova Filosofia de Construção
Conjunto de operações ou funções	Processo de fluxo de material e informação
Controlo das operações pelo menor custo	Controlo da variabilidade e dos tempos de ciclos mínimos

Melhorar a produtividade periodicamente implementando novas tecnologias	Melhoria contínua, reaproveitamento dos desperdícios e agregação de valor, principalmente tendo como foco o aumento da eficiência através de novas tecnologias
---	--

No que toca à metodologia *Lean*, reside essencialmente nesta nova filosofia e ainda não foi bem compreendida no SC, pelo fato da complexidade e a natureza dinâmica dos projetos de construção possuírem incertezas que dificilmente podem ser tratadas pelos profissionais da construção. Além disso, a natureza do processamento de projetos de construção torna a implementação da metodologia *Lean* ainda mais desafiadora para este setor. Embora os esforços para a sua aplicação na construção tenham aumentado recentemente, existem bastantes problemas na fase de implementação (Bayhan et al., 2019).

Moghadam (2014) também afirma que a indústria da construção rejeitou muitas ferramentas inovadoras presentes na indústria da manufatura por acreditar que o processo de construção é distinto do processo de manufatura, ou seja, por entender que a aplicação das técnicas de manufatura na construção é impossível. Ainda, ao contrário da manufatura que produz produtos padronizados, a construção envolve projetos únicos e complexos sendo concluídos em ambientes com restrições desconhecidas, orçamentos apertados e cronogramas fundamentalmente diferentes dos da fabricação de produtos,.

Por fim, Binninger et al. (2017) caracterizam os projetos de construção como projetos que apresentam condições ambientais contingentes, acontecimentos imprevisíveis, vulnerabilidades causadas por rupturas e singularidade. Logo, a falta de processos de construção padronizados torna-se também um obstáculo para a gestão de projetos deste género.

2.2.2. Definição de construção *Lean*

Para atingir os objetivos de tempo, custos e qualidade, independentemente das dificuldades encontradas na construção, é necessário um esforço significativo para controlo dos projetos de construção. Por conseguinte, os resultados destes projetos são altamente dependentes de uma gestão eficaz (Binninger et al., 2017).

Deste modo, o foco da CL é a redução dos desperdícios, a optimização de processos (Binninger et al., 2017), a introdução de uma melhoria contínua e o aumento do

valor agregado focado no cliente, sendo este fator, na perspectiva *Lean*, diretamente relacionado com o desempenho da empresa (Moghadam, 2014).

Para Aziz e Hafez (2013) a CL é uma maneira de projetar sistemas de produção para minimizar o desperdício de materiais, tempo e esforço, a fim de obter a maior quantidade possível de valor. Deste modo, a implementação desta filosofia começa com o comprometimento da liderança, sendo sustentada através de uma cultura de melhoria contínua. Quando os princípios são aplicados adequadamente, irão ocorrer melhorias drásticas na segurança, qualidade e eficiência ao nível do projeto de construção.

Segundo os mesmos autores, a CL engloba as seguintes condições:

1. Os objetivos são claramente definidos para o processo de entrega do projeto;
2. O objetivo final é aumentar o desempenho do projeto do ponto de vista do cliente;
3. O produto e processo são projetados simultaneamente;
4. O controlo da produção é aplicado durante todo o ciclo de vida do projeto.

Ainda, através da CL, afirmam Ferdous et al. (2019), é possível a obtenção de uma redução dos riscos de segurança (impactos sociais), dos resíduos materiais em 64% (impactos ambientais) e das horas de produção em 31% (impactos económicos).

De outro modo, Moghadam (2014) menciona que a metodologia *Lean* é resumida em 11 princípios:

1. Redução de atividades que não acrescentam valor;
2. Aumento do valor agregado através da consideração sistemática dos requisitos do cliente;
3. Redução da variabilidade;
4. Redução dos tempos de ciclo;
5. Simplificação, minimizando o número de etapas, partes e ligações;
6. Aumento da flexibilidade da saída;
7. Aumento da transparência do processo;
8. Controlo do processo completo;
9. Implementação de melhoria contínua no processo;
10. Equilíbrio da melhoria do fluxo com a melhoria da conversão;
11. Criação de produtos e funções de referência.

Por último, Alinaitwe (2009) enumera 10 barreiras que criam resistência durante o processo de implementação da CL. Estas são sequenciadas segundo o grau de maior esforço:

1. Implementação na altura certa;
2. Criação de uma infra-estrutura de transporte e comunicações;
3. Capacidade das equipas em manterem o alinhamento com outras equipas;
4. Existência de pouca variabilidade na cadeia de abastecimento;
5. Variação dos preços das matérias primas;
6. Inexistência de um sistema de recompensa baseado nos objetivos das equipas;
7. Projetos pouco edificáveis;
8. Estilo de gestão pouco participativo para a força de trabalho;
9. Não execução paralela de diferentes tarefas de desenvolvimento com equipas multidisciplinares;
10. Pré-planeamento pouco preciso.

2.3. Fatores de produtividade

O aumento da produtividade ajuda as empresas de construção a atingirem o sucesso em termos de prazos de entregas e custos dos projetos (Shoar e Banaitis, 2018).

A melhor forma de melhorar a produtividade do trabalho na construção é através do reconhecimento dos fatores que a afetam (Yi e Chan, 2014). Assim, o objetivo deste trabalho é utilizar uma abordagem sistemática para identificar, analisar e classificar os fatores que mais influenciam a produtividade na construção.

É importante referir que os fatores que influenciam a produtividade do trabalho na construção estão geralmente interconectados. Isto significa que alguns fatores podem ocorrer devido a uma causa idêntica ou um fator pode resultar da ocorrência de outros (Shoar e Banaitis, 2018). Para além de ser necessário identificar os fatores que afetam a produtividade, é fundamental conhecer o grau de importância de cada um. Através deste é possível perceber os fatores que mais contribuem para a variação da produtividade.

Deste modo, no tópico 2.3.1 são descritas as escalas que indicam o grau de importância que um fator pode possuir, assim como a equação para obtê-lo. Nos tópicos 2.3.2 e 2.3.3 são enumerados os fatores e os constrangimentos de produtividade encontrados

na literatura. Por último, no tópico 2.3.4 é reconhecida a importância que os fatores psicológicos e emocionais têm para o sucesso das empresas de construção.

2.3.1. Escalas de importância

Pela literatura revista sobre os fatores de produtividade notou-se que em maior parte dos casos os autores utilizaram o índice de importância relativa (RII) para calcular o grau de importância de cada fator. No entanto, nalguns casos a escala de importância é diferente do que noutros, existindo duas escalas distintas. A primeira indica um grau de importância compreendido entre os valores 0 e 1, ao contrário da segunda que inclui o grau de importância numa escala de 1 a 5. Posto isto, a definição do RII e a forma em como se o calcula para as duas escalas estão presentes nos seguintes parágrafos.

Javed et al. (2018) definem o RII como um processo no qual é atribuído um peso a cada fator segundo a opinião de especialistas da área em questão. O RII também tem sido bastante utilizado nas áreas de construção civil e gestão de projetos. A equação utilizada para o cálculo do RII compreendido na escala de 0 a 1 é :

$$RII = \frac{\sum W}{A * N} \quad (2.6)$$

Nesta equação o “W” significa o peso atribuído a cada fator pelos especialistas, que pode variar entre 1 (pouca significância) a 5 (elevada significância); o “A” indica o peso máximo que pode ser atribuído ao fator, ou seja, 5; e o “N” corresponde ao número total de pessoas entrevistadas. Na escala de 0 a 1, quanto maior for o valor de RII mais importante/significativo é o fator. O valor de RII inferior ou igual a 0,6 representa um fator de produtividade “pouco importante”. Caso contrário, é classificado como “importante” ou “muito importante” (Javed et al., 2018).

Por outro lado, Kazaz et al. (2008) calculam o valor de RII para a escala de 1 a 5 através da equação:

$$RII = \frac{\sum_{i=1}^5 W_e X_e}{\sum_{i=1}^5 X_e} \quad (2.7)$$

Nesta o “W_e” indica o peso atribuído a cada fator pelos especialistas (semelhante à equação 2.6); o “X_e” refere-se à percentagem de pessoas entrevistadas que respondem; e o

“e” o número do pedido da pessoa entrevistada (Kazaz et al., 2008). A escala que permite verificar o grau de importância de um fator compreendido entre os valores 1 e 5 é a seguinte:

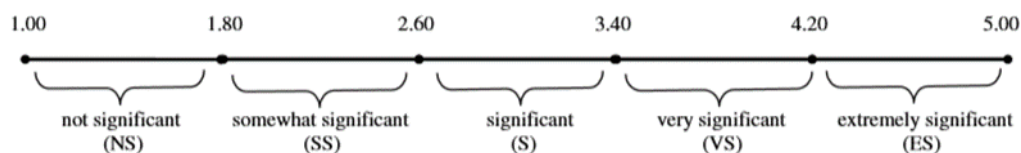


Figura 8. Escala de avaliação da importância dos fatores de produtividade (Fonte: Adaptado de Kazaz et al., 2008).

Ou seja, um fator de produtividade que apresente um valor de RII entre: 1 e 1,8 é “não importante”; 1,8 e 2,6 é “pouco importante”; 2,6 e 3,4 é “importante”; 3,4 e 4,2 é “muito importante”; e entre 4,2 e 5 é “extremamente importante”.

2.3.2. Grau de importância dos fatores de produtividade

Através de uma análise exaustiva da literatura sobre os fatores que aumentam a produtividade, foi possível obter, para diferentes autores e casos práticos, vários fatores de produtividade com graus de importância distintos. Estes fatores estão enumerados no Anexo C.

No entanto, visto que os fatores podem estar contidos em duas escalas de importância diferentes, realizou-se a conversão dos fatores com RII presente na escala de 1 a 5 para a escala de 0 a 1. Esta conversão resulta na simples divisão do valor de RII por 5. De seguida, calcularam-se as médias de RII para os fatores de produtividade semelhantes, mencionados por diferentes autores, o que permitiu a criação da tabela 3 na qual estão sequenciados os fatores de produtividade segundo o maior grau de importância.

Tabela 3. Fatores de produtividade obtidos pela literatura revista.

Fatores de Produtividade	Contexto	Grau de Importância (RII)
Pagamento de salários	Gestão Financeira	0,900
Pagamentos dos clientes	Gestão Financeira	0,882
Compras de materiais	Gestão de Compras	0,862
Capacidade de construção	Planeamento de Projetos	0,858
Sobrecarga dos trabalhadores	Sistema Produtivo	0,851

Colaboração entre trabalhadores	Planeamento de Projetos	0,850
<i>Layout</i> da fábrica	Sistema Produtivo	0,836
Disciplina de trabalho	Cultura Organizacional	0,834
Planeamento da produção	Sistema Produtivo	0,833
Ambiente de trabalho	Cultura Organizacional	0,820
Desempenho dos trabalhadores	Cultura Organizacional	0,820
Coordenação das equipas	Gestão de Projetos	0,814
Investimento para o projeto	Gestão Financeira	0,811
Variabilidade do sistema produtivo	Planeamento de Projetos	0,810
Planeamento de projetos	Planeamento de Projetos	0,808
Sistema de informação para suporte dos projetos	Sistema Produtivo	0,805
Gestão dos materiais na produção	Sistema Produtivo	0,805
Supervisão dos projetos	Gestão de Projetos	0,783
Liderança	Gestão de Projetos	0,767
Experiência e Formação dos trabalhadores	Cultura Organizacional	0,762
Comunicação entre setores	Cultura Organizacional	0,713
Motivação dos trabalhadores	Cultura Organizacional	0,700

Também, de forma a conhecer as áreas de uma empresa de construção que mais impacto têm sobre a variação da produtividade, construiu-se a tabela 4. Para a obtenção dos valores de RII desta tabela, estimou-se a média total de RII dos fatores de produtividade (tabela 3) que estão presentes no mesmo contexto (área).

Tabela 4. Áreas de uma empresa que mais afetam a produtividade.

Área	Grau de importância médio (RII)
Gestão Financeira	0,864
Gestão de Compras	0,862
Planeamento de Projetos	0,831
Sistema Produtivo	0,826
Gestão de Projetos	0,788
Cultura Organizacional	0,774

2.3.3. Grau de importância dos constrangimentos

Para o caso dos constrangimentos de produtividade encontrados na literatura, foi possível a recolha dos dados presentes no Anexo D. Estes foram organizados e sequenciados sendo o maior grau de importância, resultando na tabela 5.

Tabela 5. Constrangimentos de produtividade recolhidos pela literatura revista.

Constrangimentos de Produtividade	Contexto	Grau de Importância (RII)
Falta de mão-de-obra qualificada	Sistema Produtivo	0,870
Projeto incompleto	Planeamento de Projetos	0,850
Falta de otimização dos processos de construção	Gestão de Projetos	0,840
Instruções pouco claras fornecidas aos trabalhadores	Gestão de Projetos	0,800
Inexistência de um sistema de gestão de resíduos	Gestão de Projetos	0,744
Falta de recursos	Gestão de Projetos	0,637
Sistema de armazenamento de dados desatualizado	Gestão de Projetos	0,618
Tecnologia desatualizada	Gestão de Projetos	0,608
Falta de melhoria contínua	Cultura Organizacional	0,553
Cultura organizacional pouco presente	Cultura Organizacional	0,497
Falta de recursos humanos	Cultura Organizacional	0,481
Pouca formação dos trabalhadores	Cultura Organizacional	0,457

Assim, os dados das tabelas 3, 4 e 5 vão ser aplicados no método de análise presente no capítulo 4.

2.3.4. Fatores psicológicos e emocionais

De forma a se perceber a importância que os fatores psicológicos e emocionais têm sobre o sucesso das empresas de construção, estes fatores foram analisados através de vários estudos realizados por diversos autores.

Como primeiro exemplo, estima-se que um aumento de 10% da produtividade dos trabalhadores da indústria de construção civil na Grã-Bretanha, pode proporcionar um aumento das receitas anuais em 1 bilhão de libras (Al Jassmi et al., 2019).

Os mesmos autores afirmam que quando os trabalhadores são expostos a experiências que produzem infelicidade, como a dor ou uma doença severa, demonstram ser 10% menos produtivos em comparação com o desempenho obtido num estado normal. Do mesmo modo, a instabilidade das emoções pode afetar a produtividade de um trabalhador em 12,5%. Ainda, Binninger et al. (2017) referem que, para o caso dos gestores de construção, os cinco fatores que frequentemente causam mais *stress* no trabalho são: a pressão dos custos, a dificuldade na entrega dos projetos, a falta de informação para tomar decisões e as interrupções no trabalho e no local de construção. Consequentemente, o último fator contribui para o aumento: da duração das tarefas, da ocorrência de erros, de emoções negativas e do número de tarefas por realizar.

O índice de habilidade de trabalho (IHT) traduz a correlação entre a produtividade de um trabalhador e as suas características individuais, como o estilo de vida, o estado de saúde e os aspetos relacionados com o trabalho. Al Jassmi et al. (2019) referem que os aspetos relacionados com o trabalho traduzem cerca de 22% da variabilidade do IHT de cada trabalhador. Por outro lado, a idade, a actividade física nos tempos livres, a obstrução pulmonar e o perfil de risco cardiovascular contribui cerca de 10% para a variabilidade deste índice.

Por outro lado, a confiança entre os membros de uma organização serve de lubrificante social pois permite a redução de conflitos nas organizações. Em contraste, a falta de confiança, que muitas vezes desencadeia impactos negativos nos projectos de construção, é o fator principal para o desenrolar do fracasso destes. Isto significa que uma confiança escassa compromete a capacidade de tomada de decisões, o que auxilia, naturalmente, o aparecimento de irregularidades na gestão de projetos, como: recursos mal atribuídos e/ou equilibrados, atividades produtivas descoordenadas e decisões escolhidas de forma inconsistente (Uusitalo, Seppänen, Peltokorpi, et al., 2019).

Ainda, os mesmos autores advertem que a causa raiz deste problema reside na existência, se for o caso, de uma separação entre o planeamento e a construção. Mais precisamente, uma integração organizacional inutilizada que proporciona um controlo insuficiente dos processos produtivos. Por consequência, os responsáveis pela gestão de

projetos necessitam de adquirir a perspectiva correcta sobre o planeamento, esta que, no seu melhor potencial, é vista como uma função que gera valor através de um processo de aprendizagem. Ou seja, por meio de uma melhoria contínua resultante da colaboração de todas as partes que contribuem para a criação do projeto.

Para tal, emoções positivas, que é o caso da confiança, ajudam a estruturar os recursos psicológicos e sociais da equipa dentro de um projeto. Mais precisa e profundamente, a confiança promove a segurança psicológica das partes envolvidas no projecto que, por sua vez, orienta os trabalhadores para uma mentalidade mais aberta. Isto é, uma mentalidade de partilha de informação, resiliência, motivação, persistência e aprendizagem, tanto a um nível pessoal, como a um nível organizacional.

Assim, estes atributos actuam como catalisadores para o aumento da criatividade, da capacidade de procura de soluções e de um pensamento divergente. Estas habilidades definem-se claramente como fundamentais para o desempenho de funções como a de planeamento de projetos (Uusitalo, Seppänen, Peltokorpi, et al., 2019).

A partir de uma perspectiva diferente focada no mesmo objetivo, Levasseur (2013) tenta explicar a importância dos “*soft skills*” (competências transversais) dos trabalhadores para o sucesso das organizações. Estas são, por exemplo, habilidades como a autoconsciência, auto-regulação, motivação, empatia e competência social, formando assim certos traços de inteligência emocional. Por outro lado, as competências verticais (“*hard skills*”) são, por exemplo, habilidades como o pensamento analítico, lógica, rigor e visão estratégica a longo prazo, que caracterizam-se como traços de inteligência cognitiva.

Através do estudo realizado pelo mesmo autor, conclui-se que o fator principal para o sucesso da gestão de projectos complexos são as competências transversais. Mais especificamente, as competências: comunicação, motivação, delegação, domínio, sentido de realização e liderança. O desenvolvimento de competências transversais é um processo relativamente difícil em comparação com o desenvolvimento de competências verticais, pelo facto de requerer, por parte da pessoa, uma interacção activa e contínua com os outros membros da organização, dispondo-se ao *feedback* comportamental destes (Levasseur, 2013).

Assim, resumidamente, por meio do que foi abordado neste tópico conclui-se o seguinte:

1. Os trabalhadores quando expostos a experiências ou emoções negativas são menos produtivos;
2. Os aspetos relacionados com o trabalho afetam consideravelmente a produtividade dos trabalhadores;
3. A falta de informações para tomar decisões cria bastante *stress* no trabalho;
4. A falta de confiança entre as pessoas compromete a capacidade de tomada de decisões e de gestão de projetos;
5. A integração organizacional inutilizada proporciona um controlo insuficiente dos processos produtivos;
6. As emoções positivas, como a confiança, orienta os trabalhadores para uma mentalidade de melhoria contínua;
7. A confiança entre colaboradores estimula o aumento da criatividade, da capacidade de procura de soluções e de um pensamento divergente;
8. O fator principal para o sucesso da gestão de projetos complexos são as competências transversais (*soft skills*), como a comunicação, a motivação, a delegação, o domínio, o sentido de realização e a liderança.

É de realçar que os fatores psicológicos e emocionais das pessoas envolvidas num projeto essencialmente traduzem o tipo de cultura organizacional que uma empresa possui. Deste modo, é importante considerar o impacto que este tipo de fatores tem sobre a produtividade e eficiência da empresa.

2.4. Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)

Neste tópico inicialmente é explicada a importância da tomada de decisão na construção. De seguida, procedesse à escolha do melhor método de tomada de decisão de critérios múltiplos para o estudo atual. Por último, é explicado o processo de aplicação do método escolhido.

2.4.1. Importância da tomada de decisão na construção

O processo de tomada de decisão é crucial para a obtenção de sucesso em qualquer área, especialmente no SC onde existe uma grande quantidade de informação a ser processada e transmitida entre diferentes equipas. A tomada de decisão em tais ambientes pode se tornar numa operação árdua e difícil, surgindo a necessidade da utilização de um método capaz de auxiliar este processo. Assim, no âmbito da Análise de Decisão de Critérios Múltiplos (ADCM) foram desenvolvidos vários de Métodos de Tomada de Decisão de Critérios Múltiplos (MTDCM) de forma a serem utilizados em diferentes circunstâncias e campos de aplicação (Jato-Espino et al., 2014).

Zavadskas et al. (2011) também reforçam a ideia de que os processos de gestão das empresas de construção são bastante complexos e requerem bastantes recursos. A tomada de decisão errada relaciona-se com uma elevada quantidade de despesas e uma redução de produtividade. Deste modo, para que uma empresa de construção alcance o sucesso em termos de eficiência e eficácia, é necessário um bom processo de tomada de decisões.

2.4.2. Escolha do método de tomada de decisão de critérios múltiplos

Através do estudo realizado por Jato-Espino et al. (2014), analisaram cerca de 25 MTDCM diferentes e concluíram que o método mais utilizado na construção para o auxílio do processo de tomada de decisão é o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Este método é claramente o mais utilizado no SC devido à sua simplicidade de aplicação e flexibilidade. Além disso, o AHP é facilmente combinável com outros MTDCM, e é frequentemente utilizado como mecanismo de ponderação da importância dos fatores que definem o problema da tomada de decisão.

Darko et al. (2019) afirmam que o AHP pode ajudar a garantir um elevado nível de coerência entre as perspectivas de diversos especialistas que podem ter percepções, experiências e uma compreensão diferente relativamente aos critérios de decisão.

Contudo, o AHP não é capaz de lidar com a falta de incerteza e imprecisão dos critérios que estão presentes nos projetos de construção. Existe também uma grande panóplia de fatores nos projetos de construção que apresentam um elevado nível de subjetividade (Işik e Aladağ, 2017; Jato-Espino et al., 2014). Assim, pode ser inútil utilizar o AHP para o estudo

de uma grande quantidade de dados, visto que é provável que os especialistas dêem respostas arbitrárias, o que poderia afetar a coerência dos dados (Darko et al., 2019).

Deste modo, Jato-Espino *et al.* (2014) consideram que a melhor forma de colmatar este defeito é através do incremento do método *Fuzzy Sets* (FS) ao AHP. Assim, a combinação das duas metodologias resulta no FAHP, onde o FS serve para a análise e tratamento de dados ambíguos e qualitativos, característicos de atividades como a gestão de projetos de construção.

Para Işik e Aladağ (2017), o benefício do método FS advém do facto deste fornecer resultados mais práticos no processo de comparação entre diversos fatores. Isto só é possível derivando prioridades tanto de julgamentos coerentes como incoerentes, e criando também um reflexo adequado da atitude dos decisores e do seu grau de confiança nas avaliações subjectivas.

2.4.3. Sequência de aplicação do FAHP

O método AHP foi desenvolvido inicialmente por Saaty (1987). No entanto, visto que o processo de implementação inicial do FAHP é semelhante ao do AHP, Ayhan (2013) refere que para se proceder à aplicação desta ferramenta, em primeiro deve-se decompor o problema numa hierarquia. Nesta, é representado o objetivo no primeiro nível, os critérios no segundo nível, os subcritérios no terceiro nível e as alternativas, caso existam, no quarto nível, como demonstrado na figura 9.

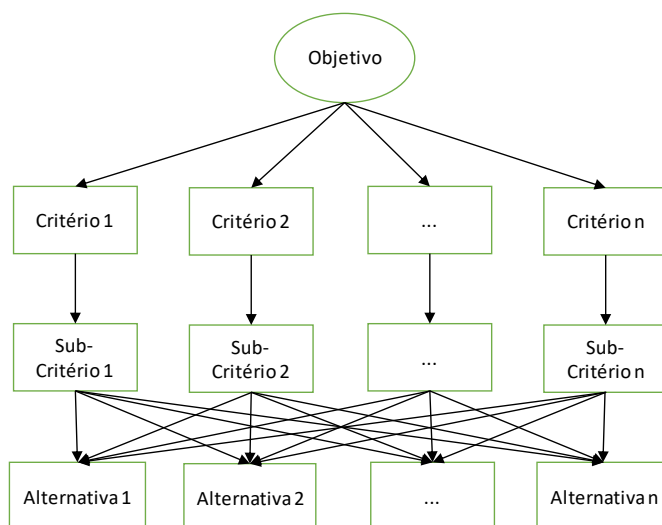


Figura 9. Decomposição da hierarquia (Fonte: Adaptado de Saaty, 1987).

Nesta fase inicial é possível acrescentar vários elementos à hierarquia. Contudo, o nível de complexidade da hierarquia deve ser o suficiente para captar o estado da situação mas pequeno o suficiente para ser sensível a possíveis mudanças (Saaty, 1987).

Na segunda etapa de implementação do FAHP é realizada uma comparação por pares (*pair wise comparison*) dos diversos critérios por especialistas diferentes (decisores), que vão atribuir um grau de importância a cada critério quando comparado com outro (Ayhan, 2013). Os critérios ou alternativas são quantificados através dos termos linguísticos da escala de Saaty (1987) presentes na figura 10. Após a obtenção dos valores a partir desta escala, são convertidos para os números triangulares *Fuzzy* correspondentes, que também estão enumerados na mesma figura.

Escala de Saaty (1987)	Definição	Escala triangular (<i>Fuzzy</i>)
1	Igualmente importante	(1, 1, 1)
3	Pouco importante	(2, 3, 4)
5	Bastante importante	(4, 5, 6)
7	Muito importante	(6, 7, 8)
9	Extremamente importante	(9, 9, 9)
2		(1, 2, 3)
4	Os valores intermédios entre as duas escalas adjacentes	(3, 4, 5)
6		(5, 6, 7)
8		(7, 8, 9)

Figura 10. Termos linguísticos e números triangulares *Fuzzy* correspondentes (Fonte: Adaptado de Ayhan, 2013).

De acordo com esta escala, se o decisor declara que o "Critério 1 (C1) é pouco importante em relação ao Critério 2 (C2)", então o Critério 1 apresenta uma escala triangular *Fuzzy* (\tilde{A}) de $(l, m, u) = (2, 3, 4)$. Contudo, a comparação inversa, ou seja, de C2 com C1, adquire a escala triangular *Fuzzy* equivalente a $(\frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l}) = (\frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2})$. Assim, o cálculo do valor da comparação inversa entre dois critérios é obtido através da seguinte equação:

$$\tilde{A}^{-1} = (l, m, u)^{-1} = \left(\frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l}\right) \quad (2.8)$$

Por meio dos valores atribuídos aos diversos critérios por parte dos decisores, estrutura-se a matriz de contribuição por pares (*pair wise contribution matrix*) pela equação 2.9.

$$\tilde{A}^k = \begin{bmatrix} \tilde{d}_{11}^k & \tilde{d}_{12}^k & \dots & \tilde{d}_{1n}^k \\ \tilde{d}_{21}^k & \dots & \dots & \tilde{d}_{2n}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{d}_{n1}^k & \tilde{d}_{n2}^k & \dots & \tilde{d}_{nn}^k \end{bmatrix} \quad (2.9)$$

Nesta equação \tilde{d}_{ij}^k indica a preferência do decisor k^{th} pelo critério i^{th} em relação ao critério j^{th} , o "til" demonstra ser um número triangular *Fuzzy*. Para exemplificar, temos \tilde{d}_{12}^1 que constitui a preferência do decisor pelo primeiro critério em detrimento do segundo, sendo igual a $\tilde{d}_{12}^1 = (2, 3, 4)$.

Para a terceira etapa de implementação do FAHP, se houver mais do que um decisor, procede-se o somatório das preferências de cada um deles (\tilde{d}_{ij}^k) que, de seguida, é subtraído pela quantidade de decisores (K), obtendo-se a média (\tilde{d}_{ij}) por meio da equação 2.10.

$$\tilde{d}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^k \tilde{d}_{ij}^k}{K} \quad (2.10)$$

De acordo com as preferências médias, a matriz de contribuição por pares é atualizada, como mostra a equação 2.11.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{d}_{11} & \dots & \tilde{d}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{d}_{n1} & \dots & \tilde{d}_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

A seguir, é calculada a média geométrica dos valores de comparação entre cada critério por meio da equação 2.12. Nesta, \tilde{r}_i representa os valores triangulares *Fuzzy*.

$$\tilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij} \right)^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n \quad (2.12)$$

Posteriormente, os pesos *Fuzzy* (*Fuzzy Weights*) de cada critério são obtidos através da equação 2.14. Para tal, são realizadas 3 sub-etapas antecedentes à referida. Na primeira é calculada a soma vectorial de cada \tilde{r}_i pela equação 2.13.

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 \oplus \tilde{A}_n = (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) \oplus (l_n, m_n, u_n) = (l_1 + l_2 + l_n, m_1 + m_2 + m_n, u_1 + u_2 + u_n) \quad (2.13)$$

Na segunda encontra-se a potência (-1) da soma vetorial através da equação 2.8. Na terceira o objetivo é encontrar o peso *Fuzzy* do critério *i* (\tilde{w}_i), multiplicando cada \tilde{r}_i pelo vetor inverso, como demonstra a equação 2.14.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} = (lw_i, mw_i, uw_i) \quad (2.14)$$

Já no final da implementação do FAHP, uma vez que \tilde{w}_i ainda são números triangulares *Fuzzy*, necessitam de ser descongestionados pelo método “Centro de Área”, através da aplicação da equação 2.15.

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3} \quad (2.15)$$

Visto que M_i , sendo a média dos valores da escala *Fuzzy*, não é um número triangular *Fuzzy*, logo precisa de ser normalizada através da equação 2.16. Na mesma, o “ N_i ” indica o valor normalizado do critério.

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (2.16)$$

Estes passos são realizados para encontrar os pesos normalizados de ambos os critérios escolhidos. De acordo com estes resultados, a alternativa com a pontuação mais elevada é sugerida ao decisor (Ayhan, 2013).

2.5. Conclusões do capítulo

As ideias mais importantes retiradas da revisão da literatura são as seguintes:

1. Desde à várias décadas que o SC apresenta uma decadência em termos de produtividade e de produção, a nível internacional e nacional;
2. A filosofia tradicional de construção ainda está bastante presente nesta indústria e é classificada como um método pouco eficiente. A nova filosofia de construção proposta é a CL;
3. De forma serem compreendidas as causas que provocam a diminuição da produtividade é fundamental a realização do estudo dos fatores que contribuem para a variação da mesma;
4. Os fatores psicológicos e emocionais têm um impacto significativo sobre a variação da produtividade da empresa;
5. FAHP é um dos métodos mais utilizados no SC devido aos vários benefícios que possui para a tomada de decisões.

3. DESCRIÇÃO DO CASO

A identificação de problemas comuns sentidos em projetos passados é fundamental para o sucesso de uma empresa de construção (Ramanathan et al., 2012). Logo, o estudo detalhado sobre o estado da empresa através dos parâmetros que a constituem é muito importante. Assim, inicialmente neste capítulo é descrito como foi conduzido o estudo presente neste documento. Posto isto, é abordado o tópico sobre a Construção Modular (CM), mais precisamente: a definição, os benefícios, as barreiras e o crescimento do setor. De seguida, é realizada uma apresentação da empresa e do produto e a análise do sistema produtivo. No final, os gráficos que caracterizam a procura e as entregas da empresa são abordados de uma forma estruturada e objetiva, terminado com uma análise global que permite perceber o estado da empresa.

3.1. Condução do estudo realizado

O estudo presente neste documento inclui cinco fases distintas (figura 11), que vão ser descritas a seguir. A primeira fase foi o enquadramento geral da empresa, ou seja, do setor na qual está inserida, do tipo de produto que fabrica, do seu método de construção e do seu estado atual. Isto permitiu compreender melhor o problema existente e trazer um maior foco para o estudo. Após a conclusão da primeira fase, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o tópico de produtividade no SC, o que por meio deste concluiu-se que a falta de produtividade é um problema comum na construção. Consequentemente, foram identificados na literatura os fatores e constrangimentos que mais afetam a produtividade. Posto isto, tendo em conta o que foi obtido na revisão bibliográfica, realizou-se um estágio prático em cada setor de produção de modo a se perceber as causas principais do problema da empresa. Também foram efetuadas entrevistas aos responsáveis de cada área da empresa de forma a entender, na perspectiva deles, os fatores que mais afetam a empresa, o que possibilitou a escolha dos mais importantes para o estudo. Terminada a recolha e o processamento dos dados obtidos, procedeu-se à avaliação dos valores por intermédio do FAHP, sendo o seu processo de aplicação explanado em detalhe anteriormente. Por último,

tendo em consideração os dados obtidos na análise precedente, foram sugeridas ferramentas e métodos de melhoria de forma a ser concretizado o aumento da produtividade.

Assim, todos os passos mencionados foram realizados com o intuito de se atingir o objetivo proposto inicialmente: a identificação dos fatores que mais afetam a produtividade da empresa.

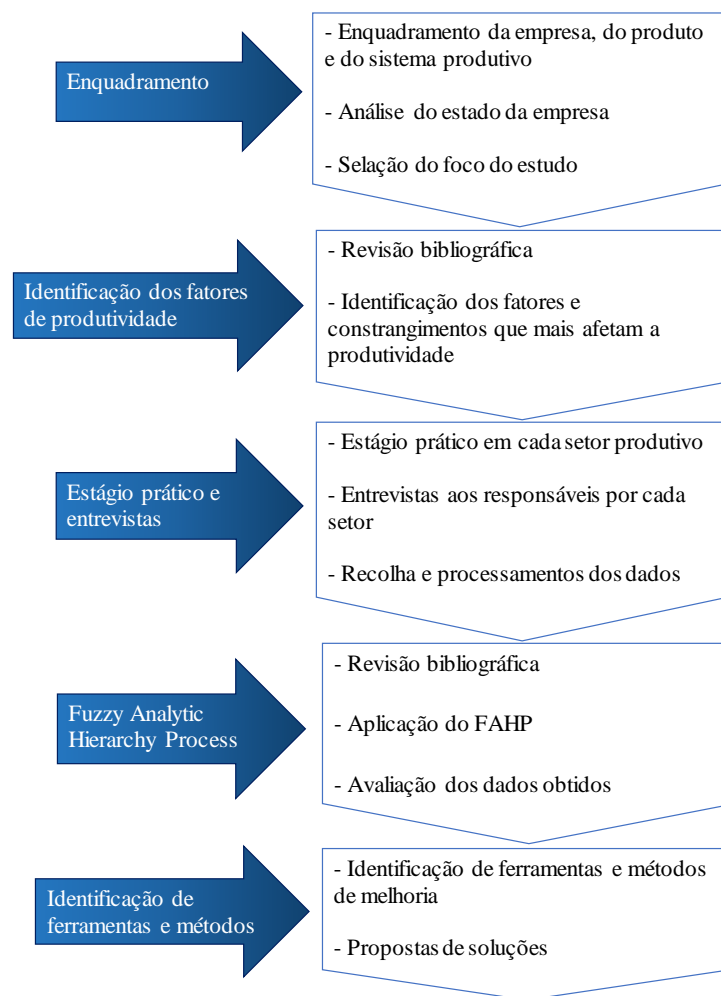


Figura 11. Etapas de desenvolvimento do estudo realizado.

3.2. Construção modular

A CM é um método de produção dentro da área de construção civil que trata da montagem de casas ou edifícios modulares. Dentro das características deste produto, existe a

possibilidade de construção de casas residenciais unifamiliares, de “edifícios de luxo” ou de instalações comerciais. Os mesmos podem ser construídos a partir de componentes pré-fabricados, dentro de uma fábrica ou no terreno de construção, sendo igualmente possível realizar todo o processo de montagem dentro um ambiente fabril (Moghadam, 2014).

As casas modulares consistem essencialmente de um conjunto de módulos concebidos em fábrica que são transportados e montados no terreno de construção, dispostos numa fundação permanente de modo a formar um edifício inteiro (Ferdous et al., 2019; Kamali e Hewage, 2016). As aplicações destas geralmente traduzem-se na conceção de apartamentos, hotéis, escolas, hospitais, escritórios, residências estudantis ou outro tipo de edifícios onde os módulos que serão adicionadas no futuro, sejam do mesmo género destes, preferencialmente (Ferdous et al., 2019).

No entanto, a pré-fabricação pode definir-se como total ou parcial onde, para o segundo caso, apenas se trata do fabrico de certos componentes (Figueiredo, 2016). Assim, cerca 85-90% do processo produtivo da CM é realizado fora do local de construção, sendo o restante trabalho, que inclui a criação de fundações e engates de utilidades, concluído no terreno de construção (Kamali e Hewage, 2016).

As atividades construtivas concebidas fora do terreno de construção são classificadas segundo os seguintes níveis:

1. Subconjunto de componentes: são montados elementos de pequena escala em ambiente fabril (por exemplo, janelas);
2. Pré-montagem não-volumétrica: as peças são montadas em fábrica para formar unidades não-volumétricas antes da instalação no terreno (por exemplo, painéis de revestimento);
3. Pré-montagem volumétrica: semelhante ao nível anterior, contudo os itens são montados em fábrica, formando unidades volumétricas (i.e., as unidades preenchem o espaço utilizável) antes da instalação nos locais de construção. As unidades são normalmente acabadas internamente (por exemplo, vasos sanitários);
4. Construção completa (modular): os elementos são montados em ambiente de fábrica para formar módulos totalmente acabados, onde todas as casas modulares são formadas por uma série de módulos (Kamali e Hewage, 2016).

Isto significa que dentro do SC não existem unicamente ou casas montadas pelo método da CT ou casas construídas pelo método da CM. Deste modo, pelos vários meios disponíveis de pré-fabricação e de montagem fora do terreno de construção, existe uma panóplia de opções a ser considerada por forma a se obter a eficiência máxima da empresa em termos de qualidade do produto e tempos de entrega.

3.2.1. Benefícios da construção modular

O processo produtivo da CM reflete algumas das características tanto da indústria de manufatura, como da CT. Assim, a CM não pode ser entendida como sendo um processo exclusivamente ou de fabrico ou de construção. Os produtos finais da CM possuem os mesmos parâmetros construtivos que os produtos finais da CT, contudo, o processo de produção da CM adquire os mesmos benefícios que o processo de produção da manufatura (Moghadam, 2014). Os benefícios mais significativos da CM em comparação com as características da CT são descritos nos seguintes tópicos.

3.2.1.1. Calendário de entrega

A CM permite que a montagem de casas e a preparação do terreno sejam feitas em simultâneo. Além disso, os atrasos provocados por fatores climáticos (Figueiredo, 2016), vandalismo e roubo no local são reduzidos (Kamali e Hewage, 2016).

O sistema de produção de casas modulares é benéfico para casos que apresentam prazos de entrega inflexíveis, tais como edifícios escolares ou projetos em locais activos (por exemplo, a ampliação de um complexo hospitalar através da construção de um novo edifício). Por meio da CM é possível obter uma redução de 40% do tempo de construção de uma casa relativamente ao tempo de construção da CT (Kamali e Hewage, 2016). Ainda, Ferdous et al. (2019) afirmam que a CM pode reduzir o período de construção em 50-60%, em oposição ao método tradicional.

Através de um exemplo mencionado pelos mesmos autores, concluíram que o tempo necessário para a construção de uma casa modular regular foi apenas de quatro meses, enquanto uma casa com características semelhantes construída através do método tradicional precisava de 14 meses. Além disso, foram requeridos 10 meses para a conceção, engenharia e licenciamento de um projecto modular, ao contrário de um projeto de CT que requer 21

meses. Deste modo, o tempo que se economiza com este novo sistema construtivo pode reduzir consideravelmente o custo final de um projecto de CM (Kamali e Hewage, 2016).

Contudo, é necessária uma planificação global do trabalho de modo a quantificar as consequências das planificações individuais para cada tarefa produtiva, através de toda a linha de produção, onde podem ocorrer lacunas ou sobreposições (Moghadam, 2014).

Assim, segundo o maior grau de exigência presente num projeto de CM, cria-se a necessidade de um nível de gestão e controlo de projetos superior e mais eficiente.

3.2.1.2. Custos de projetos

De acordo com um estudo realizado pelo IIC, nalguns projetos de CM houve até 10% de poupanças nos seus custos globais e até 25% de poupanças no custos de mão-de-obra no local. Ainda, o fabrico em simultâneo de vários módulos permite uma redução de custos, visto que os materiais podem ser encomendados em grandes volumes ou por obra e o transporte de maquinaria pode ser reduzido. Além disso, através CM diminui-se o número de operários no local, o que resulta numa menor congestão de mão-de-obra, levando a uma produtividade manual superior. Por fim, dentro da CM, a redução dos custos pode ser conseguida através de outros factores, tais como a redução da sobrecarga no local de construção (Ferdous et al., 2019), a normalização dos projetos e dos módulos, o elevado nível de eficiência energética e a maior eficiência na instalação das casas modulares (Kamali e Hewage, 2016).

3.2.1.3. Segurança no local de trabalho

Devido à natureza do seu sistema produtivo, a segurança da CM é superior em comparação com a da CT. Os acidentes no local de trabalho, os trabalhos em alturas elevadas, o congestionamento, as condições meteorológicas mais severas, as atividades que apresentam perigo e as operações de construção vizinhas podem ser reduzidas ou evitadas transferindo o trabalho principal de construção para um ambiente fabril, onde as operações passam a ser mais fáceis, padronizadas, repetitivas e seguras (Kamali e Hewage, 2016).

Ferdous et al. (2019) afirma que, através da CM, os acidentes no trabalho podem ser reduzidos em 80% em relação à CT, assim como a diminuição de danos à saúde em 6,6%.

3.2.1.4. Qualidade do produto

É possível atingir um nível de qualidade superior dentro da CM, em comparação com a CT, visto que as instalações produtivas do processo modular apresentam um maior nível de controlo, mais operações repetitivas (Figueiredo, 2016) e um maior número de maquinaria automatizada, o que pode resultar num nível mais elevado da qualidade dos produtos finais (Kamali e Hewage, 2016). Deste modo, este processo produtivo dispõe de tarefas mais rápidas nas linhas de montagem, tornando a especialização do trabalho mais acessível (Moghadam, 2014) e causando menos danos ou defeitos no produto (Kamali e Hewage, 2016). É crucial utilizar materiais de alta qualidade que sejam duráveis, leves e resistentes às intempéries na construção dos módulos das casas, visto que vão ser transportados por camiões, possivelmente por longas distâncias. Ainda, a redução da exposição do material da casa modular em construção sobre condições de mau tempo no local pode levar a uma melhor qualidade da construção acabada (Kamali e Hewage, 2016). Para inibir o retrabalho, na CM o controlo da qualidade centra-se tanto no processo, como no produto, apoiado pela conceção repetitiva do processo de produção para eliminar defeitos (Moghadam, 2014).

3.2.1.5. Trabalho e produtividade

O trabalho de montagem presente na CM é menos complicado do que na CT, resultando numa menor necessidade de mão-de-obra qualificada no local (Kamali e Hewage, 2016). Através da CM é possível alcançar grandes melhorias de produtividade devido aos benefícios que o ambiente fabril contém (Figueiredo, 2016; Moghadam, 2014). Assim, a produtividade é superior em projetos de CM visto que estes apresentam operações altamente organizadas, uma melhor supervisão, intervalos de tempo reduzido entre diferentes officios, bem como a estabilidade da mão-de-obra na indústria modular (Kamali e Hewage, 2016).

Também é importante referir que a disposição da fábrica oferece a oportunidade de dividir as tarefas de construção em pequenos pacotes de trabalho com recursos definidos que são atribuídos aos postos de trabalho ao longo da linha de produção (Moghadam, 2014).

Deste modo, em ambientes fabris, muitas atividades e operações paralelas não possuem dependências de produção entre si, o que permite a continuidade da construção sem qualquer interrupção, levando a uma maior produtividade (Kamali e Hewage, 2016), caso todo o processo de planeamento e controlo da produção seja realizado de forma correcta.

3.2.1.6. Desempenho ambiental

Na CM existe a possibilidade de redução de resíduos na construção das casas, visto que, num ambiente fabril, é mais fácil controlar (Moghadam, 2014), reutilizar, reciclar e eliminar resíduos (Kamali e Hewage, 2016). Além disso, no final do ciclo de vida das casas modulares, os módulos podem ser desmontados, realocados ou renovados de modo a serem utilizados noutros projetos, em vez de serem destruídos. Ainda, a CM apresenta um melhor desempenho relativamente à criação de perturbações no local de construção, sendo esta inferior à da CT (Kamali e Hewage, 2016).

Mais precisamente, por meio da CM pode-se reduzir os resíduos, que serão depositados num aterro sanitário, em 52 a 70%, as movimentações dos veículos de entrega até 70% e o ruído e perturbações em 30 a 50%, em relação à CT. Ainda, a adoção da CM proporciona uma redução dos recursos materiais em 36%, de danos provocados ao ecossistema em 3,5%, da energia consumida em 20%, e da utilização de madeiras e água em 71% e 22%, respectivamente (Ferdous et al., 2019).

O Anexo E serve de resumo para os benefícios da CM em detrimento da CT mencionados, sendo importante também referir que estes não indicam, à partida, que todas as empresa de CM consigam obtê-los. Isto porque, só por meio de uma gestão de projetos, financeira, de compras, da produção e das equipas correcta e através de uma cultura organizacional de melhoria contínua é possível alcançar os benefícios referidos anteriormente. Ou seja, se uma empresa possuir uma filosofia nova (tabela 2) mais próxima da filosofia *Lean* possível, onde a obtenção da CL é seu foco principal.

3.2.2. Barreiras presentes na construção modular

A falta de disponibilidade de especialistas e trabalhadores com conhecimentos e experiência para trabalhar nas fábricas de CM pode tornar-se num obstáculo para o desenvolvimento do processo de construção das casas modulares (Ferdous et al., 2019).

Uma grande barreira presente na implementação deste novo método de construção é o custo inicial elevado dos projetos de CM, em comparação com projetos da CT. A intensidade global dos custos na CM é de 26 a 72% mais elevada do que nos edifícios tradicionais. Num estudo realizado na Grã-Bretanha estimou-se que os custos de utilização das habitações modulares são 7 a 10% superiores aos custos de utilização das restantes habitações (Ferdous et al., 2019).

Também é importante referir que os projetos de CM requerem um maior nível de gestão de projetos e gestão da produção, conseqüente das características presentes no sistema produtivo modular, que são: uma velocidade de produção superior, uma maior necessidade de supervisão da produção, uma maior necessidade de colaboração entre os setores da empresa, um maior nível de planeamento de compras e da produção devido à natureza e complexidade de ambos.

3.2.3. Crescimento da construção modular

Os últimos anos apresentaram um crescimento dinâmico do mercado da indústria da CM (Wozniak-szpakiewicz e Zhao, 2018). Contudo, esta metodologia de construção não é um conceito novo e tem sido bastante utilizada em países como os EUA, o Japão, a Suécia, o Reino Unido, a Austrália, a Alemanha, os Países Baixos e a China (Ferdous et al., 2019). Os mesmos autores afirmam que o mercado global da CM deverá crescer a uma taxa de crescimento composto anual de aproximadamente 6% entre 2018 e 2023. Na Austrália, a construção de edifícios pré-fabricados é incentivada e apoiada pelo governo, com o objectivo de aumentar a CM de 3% para 15% do setor total da construção até 2025. Na América do Norte, a CM representa atualmente 3% da quota de mercado de construção e espera-se que aumente para 5% até 2022. No Japão, o sector da habitação é dominado pela CM e mais de 150.000 casas modulares são construídas todos os anos. Também, os edifícios modulares constituem cerca de 70% da indústria de construção na Suécia (Ferdous et al., 2019).

Do mesmo modo, o mercado Britânico de edifícios modulares aumentou cerca de 6% em 2017 (Wozniak-szpakiewicz e Zhao, 2018). Ainda, Feutz (2019) menciona que as receitas do setor da CM nos EUA subiram cerca de 62% em 2016, atingindo 3,3 mil milhões de dólares. Entre 2014 e 2017, este setor cresceu 37% relativamente ao seu valor inicial. Por fim, Ferdous et al. (2019) concluem que os edifícios modulares pré-fabricados serão a próxima geração de habitações.

Atualmente, em Portugal, o nicho de mercado da CM começa a crescer ligeiramente. Por conseguinte, algumas empresas que possuem uma quantidade considerável de seguidores *online*, como a Idealista (2020), a Home Hunting (2017) e a Relações Fortes (2020), já demonstram esta tendência. No entanto, Figueiredo (2016) menciona que o estado do setor de pré-fabricação em Portugal apresenta as seguintes barreiras:

1. Falta de informação disponibilizada aos intervenientes na construção, nomeadamente por parte dos fabricantes de elementos pré-fabricados, sobre os sistemas pré-fabricados;
2. Pouca formação nas universidades sobre pré-fabricação e consequente desconhecimento a nível técnico;
3. Falta de legislação aplicável à pré-fabricação;
4. Falta de conhecimento e pouca importância dada em fase de projeto ao comportamento dos componentes e ligações;
5. Critério de escolha de soluções construtivas frequentemente baseado essencialmente no preço.

Ainda, o mesmo autor afirma que “a pré-fabricação é, nos dias de hoje, um tema ainda abordado muito timidamente, pelas empresas do SC. As razões dessa atitude devem-se a sua reprovação generalizada devido à tecnologia empregue, mas que devem ser encarados como desafios a ultrapassar e superar”.

Posto isto, procede-se à introdução da empresa em causa neste documento e ao enquadramento do seu produto e sistema produtivo.

3.3. A Empresa

Como referido anteriormente, a empresa considerada neste trabalho, mais propriamente a KITUR, dedica-se à construção de casas modulares, sendo estas personalizadas segundo as necessidades dos clientes. O método de produção que a KITUR possui é único, o que lhe confere uma boa vantagem estratégica. Ainda, esta empresa é uma das pioneiras no mercado de casas e edifícios pré-fabricados em Portugal, visto que têm vários anos de experiências, em comparação com muitas, e uma boa exposição de mercado. Devido ao crescimento da procura, que vai ser abordado a seguir, a KITUR encontra-se em crescimento constante. Deste modo, para que esta empresa se mantenha competitiva no mercado são necessárias medidas de gestão, de planeamento e de controlo eficientes.

3.4. O Produto

Uma casa modular é, essencialmente, um conjunto de módulos aglomerados entre si. No que concerne à KITUR, um módulo *standard* consiste num chassi galvanizado

a quente por imersão com um chão em betão, sendo as paredes e o telhado em painel estrutural de isolamento (painel sanduíche). Ainda, este modelo *standard* apresenta uma distância entre o pavimento e o tecto de 2.5 metros.

Contudo, dentro do sistema produtivo KITUR existem dois tipos de casas modulares: as casas modulares fixas sobre fundações e casas modulares móveis.

Devido à natureza do produto, a quantidade e a variedade das matérias primas utilizadas é bastante elevada. Deste modo, o número dos diversos produtos acabados está diretamente relacionado com a procura, nunca existindo um produto final igual a outro.

Os parâmetros que distinguem os diferentes produtos são:

1. A base da casa – as casas modulares podem ser fixas sobre fundações, sendo o chassi galvanizado por imersão a quente fixado em fundação de betão, ou móveis, contendo um chassi galvanizado por imersão a quente com rodas;
2. A licença de construção – para uma casa modular fixa sobre fundações, a licença de construção é obrigatória. Por outro lado, para casas modulares móveis a mesma condição não se aplica;
3. O tempo de entrega – as casas modulares fixas sobre fundações são instaladas num período de 90 dias, após a obtenção da licença de construção. No entanto, o período de entrega das casas modulares móveis é cerca de 180 dias, a partir da compra e da assinatura do primeiro contrato por parte do cliente. Contudo, este tempo pode sofrer alterações, existindo então um acordo entre o cliente e a empresa;
4. Os módulos – pelo facto de serem disponibilizados diversos tipos de plantas das casas, o cliente pode modificar a distância entre o pavimento e o tecto (de 2,5 até 2,75 metros), as áreas dos módulos (de 5 x2,5 metros até 13,5x4 metros), e a disposição dos mesmos;
5. O nível de personalização – é permitida a personalização do produto em termos das diversas matérias primas utilizadas para a construção da casa modular.

3.5. O Sistema produtivo

O sistema produtivo KITUR é constituído por 7 setores de produção, estes que vão realizar 10 tarefas de construção distintas, existindo um total de 54 funções distribuídas pelas tarefas que lhes competem. É importante referir que cerca de 70% das funções são obrigatórias e sequenciadas de forma lógica, 20% são adaptáveis ao longo do processo produtivo e 10% são opcionais, sendo as últimas realizadas consoante as necessidades do cliente.

3.5.1. Setores de produção

A cada setor de produção é atribuída uma equipa e um responsável. As tarefas e funções de cada setor, assim como algumas características particulares que estes possam conter, estão presentes no Apêndice A. Posto isto, os setores de produção sistema produtivo KITUR são: 1) Serralharia de Ferro; 2) Alvoramento; 3) Chapeamento/Divisões; 4) Águas e Eletricidade; 5) Acabamentos; 6) Serralharia de Alumínios; e 7) Carpintaria.

3.5.2. Rotas de produção

Tanto para as casas modulares móveis como para as casas modulares fixas por fundações, as rotas de produção são as mesmas. Assim, a única diferença entre ambos os produtos está na base da casa. Ou seja, se esta vai dispor de eixos ou de uma fundação.

A figura 12 representa a sequência das atividades de construção e as rotas de produção do sistema produtivo KITUR. Ainda, nesta figura as funções são identificadas por dois números (T e F), onde o primeiro indica a tarefa produtiva e o segundo a função. Como exemplo, o número 4.4 representa a função “Isolar” da tarefa “Chapeamento”.

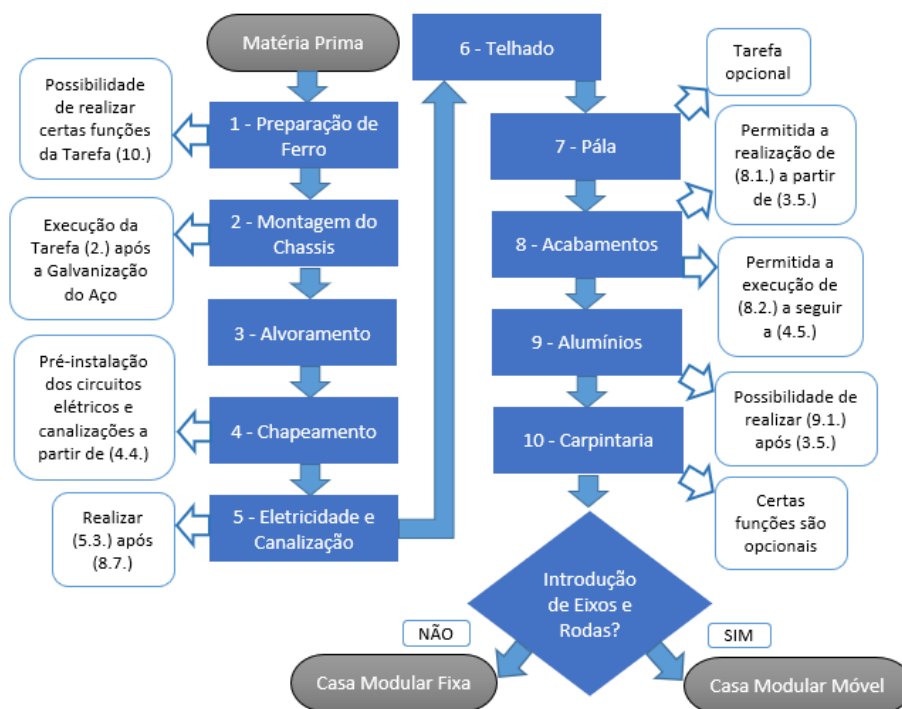


Figura 12. Rotas do sistema produtivo.

3.6. Distribuição das encomendas

Neste tópico são ilustradas as variações das encomendas dos clientes ao longo do tempo. Estes dados foram fornecidos pela própria empresa que, de seguida, passaram por um processo de estruturação e análise.

O propósito da elaboração dos seguintes gráficos surge da importância em observar o impacto que os clientes possam ter sobre o desempenho da empresa. Posto isto, as distribuições representadas nos gráficos das figuras 13, 14 e 15 referem-se ao número de encomendas realizadas num espaço de 22 meses, desde Janeiro de 2018 até Outubro de 2019, sendo um total de 45 encomendas. Das mesmas, 74% foram do produto “casa modular móvel” e 26% do produto “casa modular fixa por fundações”.

A figura 13 ilustra a quantidade de encomendas efetuadas pelos clientes em número de unidades por mês. Por outro lado, a figura 14 demonstra a distribuição das encomendas através da área média (em m^2) por unidade, ao longo do tempo. Este indicador ajuda a perceber o comportamento dos clientes relativamente aos requisitos estabelecidos por eles que, neste caso, é a área média da casa. Já na figura 15, é representada a distribuição

da área total encomendada em cada mês. Através disso é possível observar os períodos onde houve a maior requisição de encomendas, em termos de área total, pelos clientes. Este fator indica a carga de trabalho que existiu, existe ou vai existir no sistema produtivo, o que ajuda a planear e a gerir algumas atividades da produção.

Ainda, através dos mesmos dados, foi calculada uma quantidade média de encomendas por mês equivalente a duas casas, o que resulta em 24 encomendas por ano. Isto equivale a 76 módulos de 28 m^2 quadrados cada. Também estimou-se uma área média por produto vendido semelhante a $84,4\text{ m}^2$, ao contrário do produto mais vendido (a moda), que possui $83,5\text{ m}^2$.

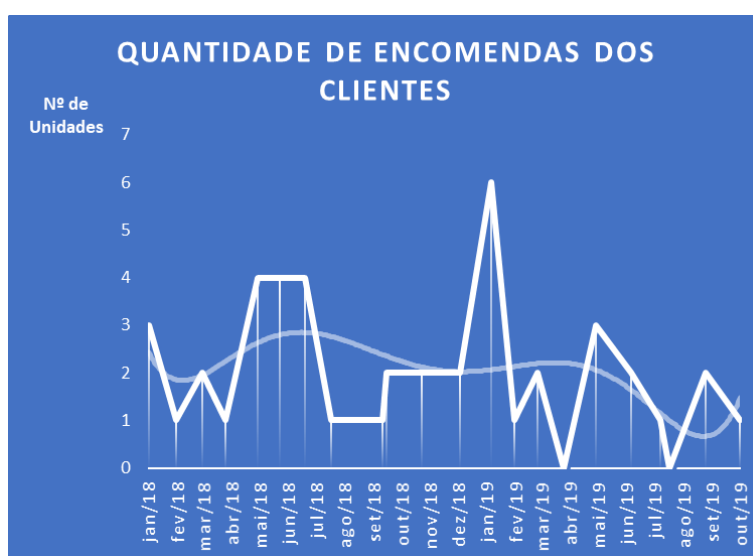


Figura 13. Distribuição das encomendas dos clientes em número de unidades por mês.

Neste gráfico nota-se que os picos de procura ocorreram nos meses: Janeiro de 2018, entre Maio de 2018 e Junho de 2018, Janeiro de 2019 e Maio de 2019. Esta variação pode trazer dificuldades às equipas de gestão e planeamento de projetos visto que condiciona toda a sequência de produção das casas.

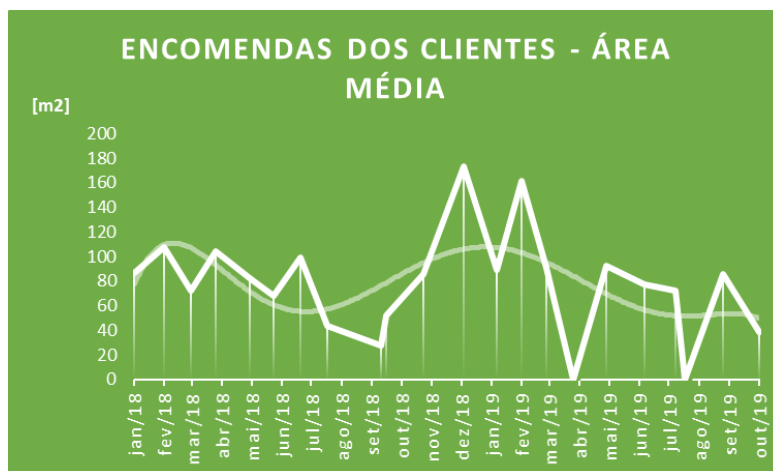


Figura 14. Distribuição das encomendas dos clientes em área média das casas por mês.

A partir da figura 14 verifica-se que as maiores exigências em termos de área por unidade encontram-se entre os meses Dezembro de 2018 e Fevereiro de 2019. As consequências que esta condição pode proporcionar são semelhantes às do gráfico anterior. Contudo, o facto de certas unidades serem consideravelmente superiores a outras (e, muito provavelmente, mais difíceis de processar), pode desencadear conflitos entre as equipas, tanto ao nível de gestão, planeamento e compras, como ao nível da produção.

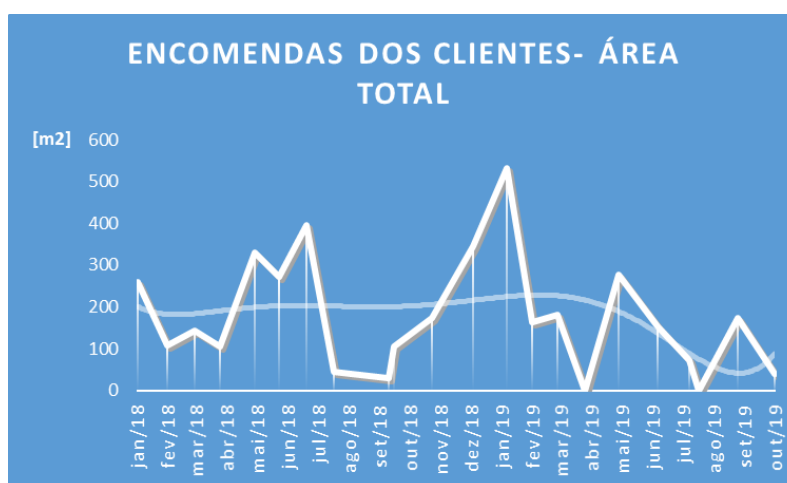


Figura 15. Distribuição das encomendas dos clientes em área total por mês.

Por último, o gráfico da figura 15 permite observar, de forma mais clara, o nível de irregularidade que a procura demonstra ao longo do tempo, causado pelos picos nos

meses: Maio de 2018 a Julho de 2018 e Dezembro de 2018 a Janeiro de 2019. É igualmente importante referir que a distribuição das encomendas por área total é diretamente proporcional ao número de módulos que vão ser produzidos. Logo, esta grande discrepância em termos de área total das encomendas vai não só congestionar o sistema produtivo, como afetar a logística de compras de material e, no final, possivelmente danificar a relação que a empresa tem com os clientes.

3.7. Distribuição das entregas

Do mesmo modo que o ponto anterior, os dados presentes neste sub-capítulo foram fornecidos pela KITUR. No entanto, o processo de análise e estruturação desta informação focou-se num objetivo diferente, ou seja, em verificar o desempenho demonstrado pela empresa. Assim, de forma a alcançar este objetivo, foram criados os gráficos das figuras 16, 17, 19 e 20.

Antes do mais, é importante mencionar que os dados compreendidos neste tópico são respetivos aos dados das encomendas presentes no tópico anterior. No entanto, para o caso atual, apenas foram consideradas algumas encomendas. Isto porque umas não apresentavam a data de entrega por dia/mês/ano ou porque ainda não tinham sido entregues. Consequentemente, o novo espaço amostral abrange apenas 26 casas modulares.

Ainda, de forma a tornar mais a clara e completa a compreensão da informação que vem a seguir, é fundamental explorar o conceito de “atraso”. Este pode ser definido como “o tempo excedido para além da data de conclusão estabelecida num contrato ou para além da data que o cliente e a empresa acordaram” (Ramanathan et al., 2012). Mais precisamente, para uma empresa o atraso significa perdas de rendimento causadas pela falta de disponibilidade do sistema produtivo. Também, em certos casos, este fator pode provocar custos globais superiores resultantes de um período de trabalho prolongado, assim como custos mais elevados de materiais devido a inflações ou custos de mão-de-obra crescentes. Logo, a conclusão dos projetos a tempo é um indicador de eficiência, contudo, raramente é atingida em projetos de construção (Ramanathan et al., 2012).

Assim, visto que os gráficos que se seguem retraram o comportamento da empresa em termos de atrasos nas datas de entrega, o desempenho que esta demonstra é analisado de várias perspetivas. Mais precisamente, por meio: da comparação entre as entregas exigidas e as entregas reais (figura 16), da área por produto (figura 17), do nível de

personalização (figura 19) e da distribuição normal relativa aos dias úteis excedidos (figura 20). Por tanto, estas condições são exploradas com mais detalhe nos parágrafos sucessores.

3.7.1. Comparação entre entregas exigidas e entregas reais

Para a criação dos gráficos apresentados a seguir, foram estabelecidos os seguintes pressupostos: a variável “ D_i ” representa a quantidade máxima de dias úteis necessária para a entrega da casa na data imposta pelo contrato; e a variável “ D_f ” indica a quantidade de dias úteis que foram realmente utilizados para a entrega da mesma casa.

Assim, no que concerne ao gráfico da figura 16, demonstra a diferença entre D_i e D_f . No eixo das abcissas estão enumeradas as casas que foram entregues e sequenciadas segundo as datas das encomendas mais antigas. Para exemplificar, o número de entrega 26 refere-se à casa que foi encomendada por último.

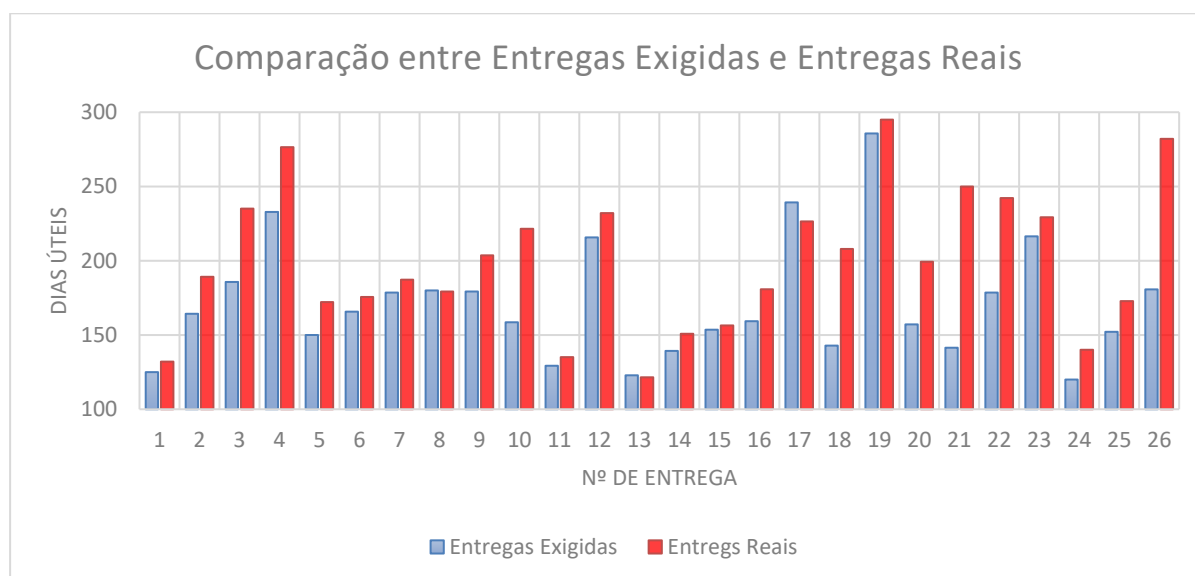


Figura 16. Comparação entre as datas de entrega exigidas e as datas de entrega reais das casas.

A partir deste gráfico nota-se que em maior parte dos casos (88%) foram de entregas que não ocorreram a tempo. O tempo médio de entrega de uma casa estabelecido em contrato (D_{im}) é 161,8 dias úteis, ao contrário do tempo médio de entrega real que é equivalente a 182,2 dias úteis. Isto resulta numa diferença de 20,4 dias úteis entre ambos, o que corresponde a uma eficiência de 86,9 % por parte da empresa. Este valor foi calculado por meio da equação 3.1, na qual o “E” indica o valor da eficiência em percentagem.

$$E = \frac{D_i}{D_f} * 100 \tag{3.1}$$

Ainda no gráfico da figura 16, repara-se que existe um padrão cíclico de períodos onde a empresa apresenta um desempenho negativo, seguidos de períodos onde aproxima-se ou atinge um desempenho positivo. Também é importante referir que este acontecimento é semelhante à variação das encomendas encontrada nos gráficos de distribuição presentes no sub-capítulo anterior.

3.7.2. Área por produto entregue

O gráfico da figura 17 representa o impacto que a área de uma encomenda tem sobre o seu tempo de entrega. Neste caso, o tempo de entrega (eixo das abcissas) relaciona-se à quantidade de dias úteis excedidos relativamente à data de entrega da casa estabelecida no contrato.

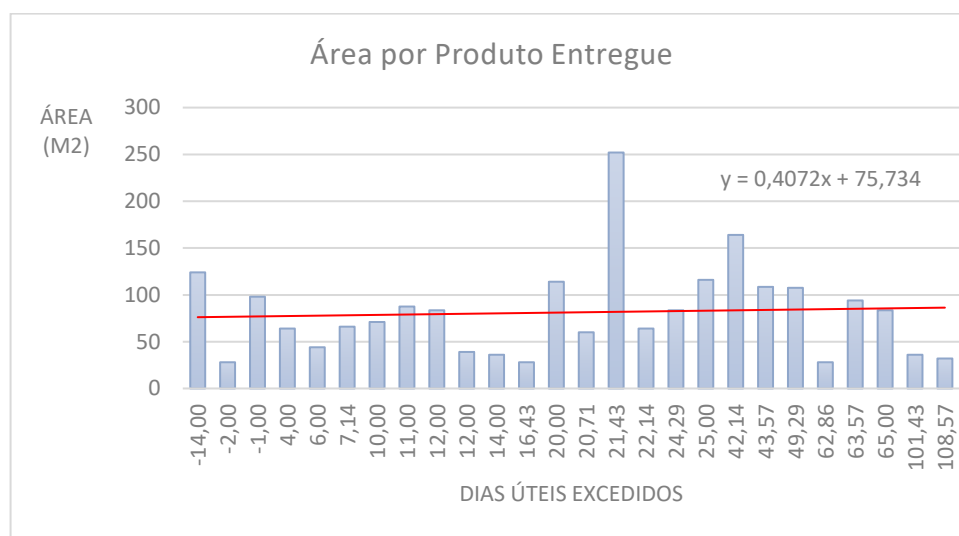


Figura 17. Distribuição da relação entre a área de uma casa e o seu tempo de entrega.

Através dos dados obtidos neste gráfico, é possível concluir que a área requerida para uma casa é um fator que não altera de forma significativa o desempenho da empresa. Isto porque, segundo a equação da reta de tendência linear ilustrada no gráfico, a relação entre o “x” (dias úteis excedidos) e o “y” (área da casa) é $y \approx 0,4072x$. De modo a traduzir esta para se obter um valor em percentagem, utiliza-se a equação 3.2.

$$x = \frac{y * 100}{D_{im} * d * A_m} \quad (3.2)$$

Nesta equação, o “*d*” indica o valor do declive da reta de tendência linear e o “*A_m*” o espaço da amostra ([-14;108,57]) equivalente a 122,57 dias úteis.

Por tudo isto, conclui-se que por cada *m*² de área incrementado numa casa corresponde a uma variação de 0,0124% da eficiência. Assim, a introdução de mais um módulo *standard* de 28 *m*² numa casa reduz a eficiência da empresa em apenas 0,347%. Também, seguindo o mesmo gráfico, o facto da casa que apresenta a maior área possuir um tempo de entrega muito próximo do da média, vem de acordo com o que foi deduzido. Por fim, é possível notar que a casa que foi entregue com o maior atraso dispõe de uma das áreas mais pequenas em toda a amostra.

3.7.3. Nível de personalização

Outro fator que pode condicionar o desempenho da empresa é o nível de personalização das casas. Este é definido como a quantidade e a variedade de material necessário para a construção de uma casa, estando diretamente relacionado com o nível de complexidade em termos produtivos da mesma. Assim, os fatores podem aumentar ou diminuir o nível de personalização são os seguintes:

1. A área (*m*²) da casa - pois potencia a quantidade de materiais utilizados e, deste modo, a dificuldade na sua produção;
2. A quantidade de matérias primas inseridas no interior da casa;
3. A diversidade e especificação dos materiais utilizados para o interior da casa;
4. O nível de standardização do material adicionado ao interior da casa;
5. A quantidade de matérias primas utilizadas no exterior da casa;
6. A variedade do material inserido no exterior da casa;
7. O nível de standardização do material utilizado no exterior da casa.

Posto isto, os diferentes níveis de personalização são caracterizados da seguinte forma:

Nível de Personalização	Nível
Baixo	1
Médio	2
Elevado	3

Figura 18. Níveis de personalização.

1. Para um nível de personalização baixo (nível 1) a dificuldade de produção é relativamente inferior à dos restantes níveis, visto que possui uma quantidade dos fatores enumerados reduzida (entre 1 a 4 fatores) ou sendo estes pouco relevantes na estruturação da casa. Assim, para este nível de personalização, a probabilidade da casa conter uma área inferior à área média total (de 81,23 m^2) é elevada;
2. O nível de personalização médio (nível 2) refere-se a uma casa que apresenta uma quantidade elevada de matérias primas em metade dos fatores enumerados, ou uma quantidade média de matérias primas em maior parte dos fatores apresentados, sendo a dificuldade de produção desta casa mediana. Neste mesmo nível, a probabilidade da área da casa ser próxima da área média total é elevada;
3. No se toca às casas com um nível de personalização elevado (nível 3), a quantidade de matérias primas é relativamente elevada em maior parte dos fatores enumerados, tendo cada unidade uma área igual ou superior à área média total. O que indica que o grau de dificuldade de produção deste tipo de casas é, a partida, superior ao das restantes.

Deste modo, a relação entre o nível de personalização e o tempo médio excedido é ilustrada no gráfico da figura 19.

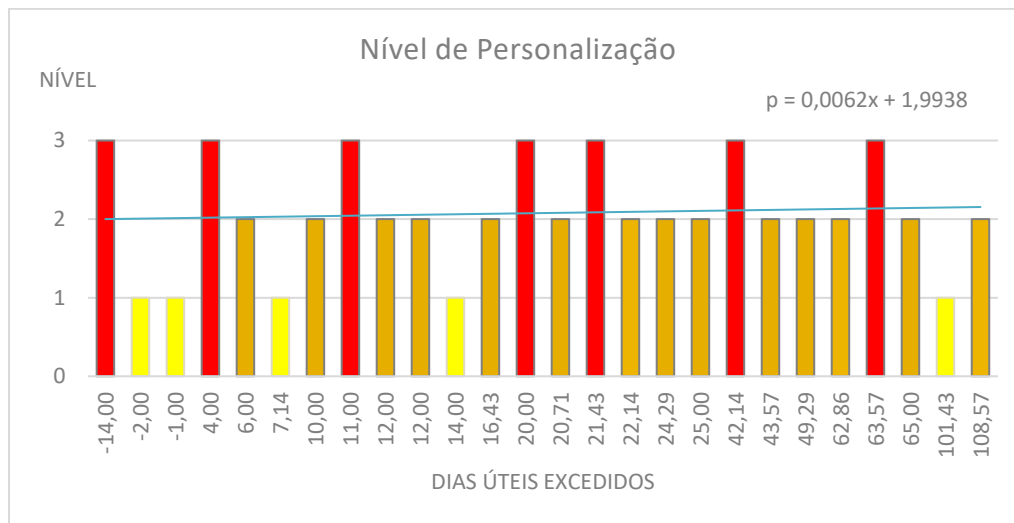


Figura 19. Relação entre o nível de personalização e o tempo médio excedido.

Consegue-se verificar, através deste gráfico, a mesma condição presente no gráfico da figura 17. Ou seja, conclui-se que o nível de personalização é um fator que também não altera de forma significativa o desempenho da empresa. Para este caso, segundo a equação da linha de tendência linear, a relação entre o “ x ” (dias úteis excedidos) e o “ p ” (nível de personalização) é $p \approx 0,0062x$. Logo, pela aplicação da equação 3.2, deduz-se que o aumento de um grau no nível de personalização equivale a uma redução apenas de 0,813% da eficiência da empresa.

3.7.4. Distribuição normal das entregas

Por último, o gráfico da figura 20 demonstra a distribuição normal dos dias úteis excedidos em cada entrega. Este é fundamental para perceber a verdadeira natureza do problema que o sistema produtivo aparenta ter.

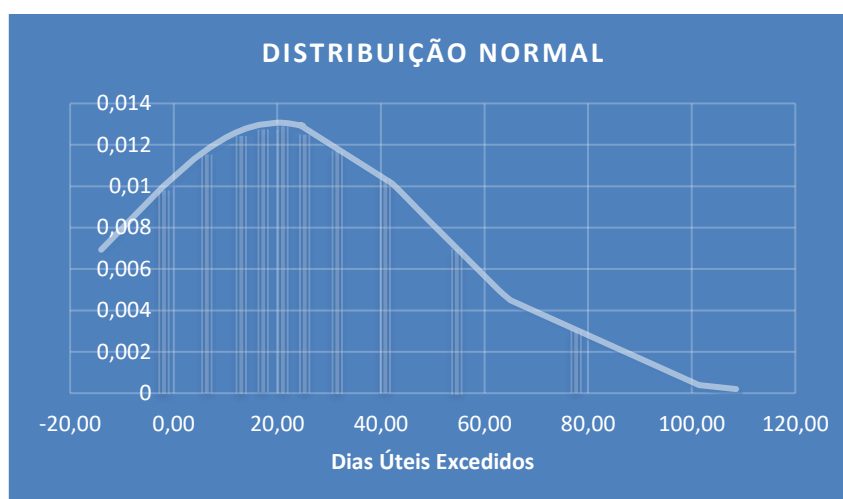


Figura 20. Distribuição normal dos dias úteis excedidos pela empresa.

Por meio deste e dos gráficos anteriores, pode-se concluir que o problema apresenta na empresa advém da sobrecarga do seu sistema produtivo. As consequências que deste advém essencialmente residem na falta de produtividade que resultará em atrasos nas entregas dos projetos e, no pior das hipóteses, a decadência financeira da empresa e das relações com os clientes. Contudo, as causas que propiciam este problema não são totalmente conhecidas, o que torna a análise e o entendimento destas um objetivo muito importante por alcançar.

3.8. Possíveis causas

Tendo em conta os resultados recolhidos no sub-capítulo anterior, sabe-se que as causas originais do problema da empresa não derivam, à partida, da discrepância que frequentemente existe entre os diferentes requisitos dos clientes, sendo estes a área e o nível de personalização de uma casa. No entanto, como foi verificado na revisão da literatura, os problemas existentes no SC podem surgir por vários motivos.

De forma a entender melhor as causas do problema presente no sistema produtivo, foi realizado um estágio prático em cada setor de produção. Com este, foi possível compreender de forma prática as funções que cada setor desempenha e entender claramente o estado destes. Ou seja, o estado em termos de organização, trabalho em equipa, disponibilidade de equipamentos e material, eficiência e eficácia produtiva, movimentações desnecessárias, caso existissem, e por último o ambiente produtivo em geral (cultura

organizacional). Também realizou-se um estudo sobre o estado do setor de compras e do setor de planeamento e gestão de projetos.

Deste modo, foi possível obter algumas conclusões sobre as possíveis causas que provocam a perda de eficiência geral da empresa. Estas são exploradas com mais detalhe nos tópicos seguintes.

3.8.1. Nos setores de produção

Por meio da observação que foi realizada sobre o estado do sistema produtivo, identificaram-se três problemas particulares. Em primeiro lugar, visto que os setores de produção desempenham funções diferentes, uns apresentam uma velocidade de processamento superior a outros. A partir do gráfico da figura 21 consegue-se verificar as diferenças entre as velocidades de processamento de cada setor produtivo.

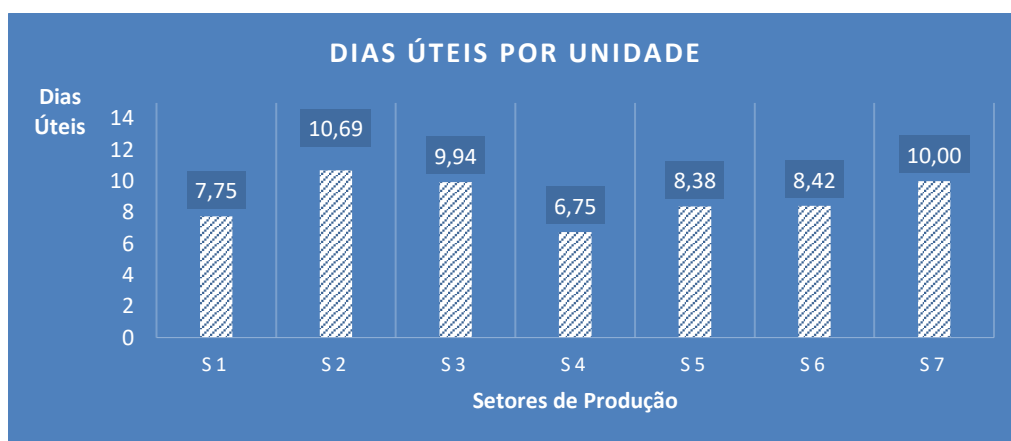


Figura 21. Velocidade de processamento que cada setor dispõe.

Os dados presentes neste gráfico referem-se à construção de uma casa (unidade) que possui uma área de $83,5 m^2$ (equivalente à área da moda), constituída por 3 módulos de $28 m^2$ cada e por um nível de personalização *standard* (nível 2). No mesmo gráfico, a velocidade de produção está representada em *Dias úteis/Unidade* e, no eixo das abcissas, o S_i indica o setor produtivo. Neste eixo, os setores estão numerados segundo a ordem estabelecida no tópico 3.5.1 (Setores de Produção). Ainda, nota-se que os gargalos do sistema produtivo são os setores de produção S2 (Alvoramento), S3 (Chapeamento e Divisões) e S7 (Carpintaria). Para melhor perceber o que isto implica, o setor S2 é 58% mais

lento a processar uma unidade do que o setor S4 (Águas e Eletricidade), este que é o mais rápido de todos. Assim, a grande discrepância entre os setores de produção pode surgir devido: à falta de recursos, principalmente humanos, nalguns setores produtivos; à falta ou atraso da chegada das matérias primas, pois impossibilita a continuação do trabalho; e do nível de eficiência que cada setor de produção apresenta, visto que alguns requerem otimização de processos.

Por outro lado, também notou-se que o sistema produtivo não possui um método de monitorização e controlo do desempenho de cada setor. Isto indica que a empresa tem pouca transparência sobre o estado atual da produção como um todo. Ou seja, não se sabe ao certo a data real de entrega de um projeto logo desde o início deste. Esta falta de transparência também abrange a escassez da troca de informação entre a produção e as compras, assim como a inexistência de métodos de melhoria contínua.

O último problema encontrado na produção foi a existência de várias encomendas acumuladas por produzir, conseqüente do grande crescimento da procura num curto espaço de tempo e também da mudança do local onde a empresa esteve inserida. Contudo, estas novas instalações possuem uma dimensão superior à da fábrica anterior, o que permite à empresa aumentar a capacidade produtiva. No entanto, todas estas alterações ainda não se encontram estabilizadas.

3.8.2. No setor de compras

Para o caso do setor de compras, verificou-se a existência de um problema que condiciona grande parte da empresa. Este é a não disponibilidade do material requerido na altura necessária. Os impactos causados por esta condição são claros, sendo o principal a impossibilidade ou atraso da realização de certas tarefas de construção. De forma a não parar a produção, os setores produtivos prosseguem à realização de atividades de outras encomendas, deixando a atual por terminar. Conseqüentemente, são criados atrasos nas datas de entrega dos projetos. Outro impacto causado pela não disponibilidade do material é o impedimento do planeamento da produção e da implementação de medidas de otimização e de melhoria. Isto porque qualquer alteração que ocorra no sistema produtivo está condicionada pela falta de material.

Tudo isto acontece devido à carência de recursos humanos suficientes no setor de compras ou devido à escassa transparência e comunicação entre as compras e a produção.

Para tornar clara a importância do último fator, Shahbaz et al. (2019) afirmam que a colaboração entre setores contribui para um aumento de 35,5% da eficiência logística.

3.8.3. No setor de planejamento e gestão de projetos

Por fim, no que concerne ao setor de planejamento e gestão de projetos, verificou-se a existência de duas irregularidades na forma em como a gestão e o planejamento dos projetos ocorre.

O primeiro caso está relacionado com o conflito encontrado entre as condições que um determinado contrato de uma casa possui e a forma em como é estabelecido o planejamento das atividades necessárias para a construção desta casa.

Para exemplificar, foi analisada a lista de compras de todas as matérias primas necessárias para a construção de uma casa de 2 módulos e 80 m² de área total. Através desta lista, concluiu-se que o custo total das matérias primas de uma casa equivale a 32% do seu preço total de venda. Posto isto, verificou-se que num contrato de uma determinada casa as condições de pagamento são as seguintes:

- 1ª Prestação – o cliente paga 30% do valor total da encomenda quando assina o contrato, colocando o projeto em produção;
- 2ª Prestação – o cliente paga 30% do valor total da casa após a conclusão do alvoroamento;
- 3ª Prestação – o cliente paga os restantes 40% do valor total da casa na entrega desta.

Devido às condições que o sistema produtivo apresenta (subprodução), normalmente as encomendas começam a ser produzidas 1 mês (22 dias úteis) antes da data de entrega da casa estabelecida no contrato. Assim, visto que até ser concluída a etapa do alvoroamento são precisos, no mínimo, entre 10 a 15 dias úteis (2 a 3 semanas), restam apenas 1 a 2 semanas para a entrega da casa, o que só por si já coloca sobre pressão a empresa.

No entanto, pelo facto do valor total de matérias primas necessárias para a construção de uma casa ser 2% superior ao valor pago inicialmente pelo cliente na 1ª prestação, significa que:

- 1) A empresa vai utilizar o próprio capital financeiro para conseguir aos pagamentos de todos os custos restantes, como o de materiais, mão-de-obra, custos fixos, custos variáveis, entre outros; ou
- 2) Algumas matérias primas não são compradas inicialmente, permitindo à empresa utilizar o restante valor de investimento de outra forma.

Assim, esta condição vem de encontro com o que foi revisto na literatura da CM, mais precisamente, no tópico que diz respeito aos elevados custos iniciais de produção que as casas modulares normalmente possuem.

Ainda, para o caso 2), isto significa que a próxima fonte de rendimento do projeto advém do segundo pagamento do cliente (2ª prestação), que só é realizado após a conclusão do alvoroamento da casa. Então, apenas é possível comprar o material que resta para a montagem da casa depois desta etapa, o que pode demorar cerca de 2 a 15 dias úteis a chegar à empresa.

Por conseguinte, visto que a seguir à conclusão do alvoroamento normalmente restam 1 a 2 semanas para a entrega da casa e que o material possui um *delay* de chegada, isto pode causar ainda mais atrasos sobre os tempos de conclusão das tarefas de construção. Por todas estas condições, o atraso das entregas das casas é muito provável de ocorrer.

Para finalizar, também observou-se outra irregularidade no que toca ao sequenciamento da ordem de produção das encomendas. O problema reside no facto desta ordem ser muitas vezes alterada por diversos motivos, o que propicia o aparecimento de perdas de tempo no sistema produtivo resultantes de movimentações e mudanças desnecessárias.

3.9. Conclusões do capítulo

Através da informação presente neste capítulo, retiram-se as seguintes ideias principais:

1. A CM possui um método produtivo que apresenta bastantes benefícios em comparação com o método de CT. Este novo método de construção têm várias características semelhantes à de um sistema produtivo de manufatura, sendo mais fácil e também fundamental a aplicação de ferramentas de GV;
2. A CM também apresenta algumas barreiras, sendo as primordiais o custo inicial elevado para a construção de uma casa modular e o facto do novo

- método de produção requerer um nível de gestão e controlo superior ao do método tradicional;
3. A empresa KITUR é uma das líderes no setor de casas pré-fabricadas em Portugal, um setor que está em crescimento contínuo a nível nacional e internacional, o que o torna bastante competitivo;
 4. O produto fabricado pela empresa é relativamente difícil de produzir, devido à grande quantidade de atividades de construção existentes no processo produtivo e pelo grande número e variedade de matérias primas necessárias para a construção de uma casa modular;
 5. A distribuição das encomendas realizadas pelos clientes demonstra uma certa variabilidade, o que pode condicionar o desempenho da empresa;
 6. O grande problema existente é a subprodução do sistema produtivo da empresa, que está diretamente relacionado com a falta de produtividade e eficiência;
 7. As causas originais do problema não derivam, à partida, da discrepância que frequentemente existe entre os diferentes requisitos dos clientes;
 8. As possíveis causas deste problema são as seguintes:
 - 8.1. Alguns setores produtivos apresentam uma velocidade de produção bastante superior à de outros;
 - 8.2. Inexistência de um método de monitorização e controlo do desempenho dos setores de produção, o que traduz numa falta de transparência;
 - 8.3. Sobrecarga do sistema produtivo devido à existência de várias encomendas acumuladas por produzir;
 - 8.4. A não disponibilidade do material requerido na altura necessária acontece com alguma frequência;
 - 8.5. O conflito entre as condições que um determinado contrato de uma casa possui e a forma em como é estabelecido o planeamento das atividades necessárias para a construção desta casa;
 - 8.6. A existência de irregularidades no sequenciamento da ordem de produção das encomendas.

4. ANÁLISE DOS DADOS RECOLHIDOS

Neste capítulo é explicado o método de recolha dos dados que vão ser utilizados para a construção das matrizes de contribuição por pares, tanto para os fatores de produtividade como para as áreas da empresa. Posteriormente, é aplicada a ferramenta FAHP e são obtidos os valores referentes aos fatores e às áreas que mais contribuem para o aumento de produtividade e eficiência da empresa atual. Por último, os dados são avaliados de forma a se perceber as causas e as condições que poderão criar os problemas existentes para que no final se possam encontrar meios de correção.

4.1. Recolha de dados

Visto que a produtividade equivale a uma utilização eficaz de recursos (*input*) para alcançar um conjunto de objetivos (*output*) (Ferreira, 2017; Javed et al., 2018; Shoar e Banaitis, 2018; Teicholz, 2014), as condições que mais provocam a sua redução são inversamente proporcionais aos fatores que mais estimulam o aumento de produtividade.

Deste modo, a recolha de dados centra-se essencialmente na informação obtida sobre o estado da empresa em estudo. Mais precisamente, sobre as causas possíveis do problema de subprodução analisadas no sub-capítulo 3.8. Deste modo, verificou-se quais os fatores de produtividade recolhidos na revisão da literatura, presentes na tabela 3, que se relacionam com os problemas em causa, resultando na tabela 6. Para a escolha e atribuição destes fatores, tomou-se em consideração as condições que cada problema possui e o dano que estes podem causar sobre o desempenho da empresa.

Tabela 6. Fatores de produtividade relacionados com os problemas encontrados na empresa.

Problema encontrado empresa	Fatores de Produtividade relacionados
1) Discrepância entre as velocidades de produção dos diferentes setores produtivos	Coordenação das equipas
	Sobrecarga dos trabalhadores
	Comunicação entre setores
	Gestão dos materiais na produção
	Compras de materiais
	Disciplina de trabalho

	Desempenho dos trabalhadores
2) Inexistência de um método de monitorização e controlo	Disciplina de trabalho
	Ambiente de trabalho
	Desempenho dos trabalhadores
	Coordenação das equipas
	Sistema de informação para suporte dos projetos
	Supervisão dos projetos
3) Existência de várias encomendas acumuladas por produzir	Capacidade de construção
	Sobrecarga dos trabalhadores
	Planeamento da produção
4) A não disponibilidade do material requerido na altura necessária	Compras de materiais
	Gestão dos materiais na produção
	Comunicação entre setores
	Pagamentos dos clientes
	Investimento para o projeto
5) Conflito entre as condições do contrato e planeamento de projetos	Pagamentos dos clientes
	Compras de materiais
	Planeamento da produção
	Investimento para o projeto
	Planeamento de projetos
	Supervisão dos projetos
6) Irregularidades no sequenciamento da ordem de produção das encomendas	Pagamentos dos clientes
	Investimento para o projeto
	Planeamento de projetos
	Planeamento da produção
	Comunicação entre setores

Por meio desta tabela é procedida à construção das matrizes de contribuição por pares, tanto para os fatores de produtividade, como para as áreas da empresa.

4.2. Construção da matriz de contribuição por pares dos fatores de produtividade

Para a construção da matriz de contribuição por pares dos fatores de produtividade teve-se em consideração as seguintes condições:

1. O grau de importância dos fatores de produtividade (tabela 3);

2. O grau de importância das áreas das empresas sobre a produtividade (tabela 4);
3. O grau de importância dos constrangimentos de produtividade (tabela 5);
4. A presença dos fatores na tabela 6, que indica a probabilidade de um fator ser mais importante para a melhoria do desempenho da empresa em estudo;
5. A importância que os responsáveis de cada setor da empresa atribuíram aos fatores de produtividade. Estes valores foram recolhidos através de entrevistas realizadas aos mesmos;
6. O estado geral da empresa, segundo a análise presente no capítulo 3.

Deste modo, os fatores de produtividade mais relevantes para este estudo são enumerados na tabela 7 e sequenciados segundo o maior grau de importância. No que toca à conexão entre esta tabela e a tabela anterior, o único fator que não consta nos dados da tabela 6 é o fator “Pagamento de salários”. No entanto, visto que possui o maior grau de importância presente na literatura e para alguns casos da empresa também é considerado como algo significativo, também foi introduzido na tabela 7.

Tabela 7. Fatores de produtividade mais relevantes para este estudo.

Fatores relacionados	Grau de Importância (RII)
1) Pagamento de salários	0,900
2) Pagamentos dos clientes	0,882
3) Compras de materiais	0,862
4) Sobrecarga dos trabalhadores	0,851
5) Disciplina de trabalho	0,834
6) Planeamento da produção	0,833
7) Coordenação das equipas	0,814
8) Investimento para o projeto	0,811
9) Supervisão dos projetos	0,783
10) Comunicação entre setores	0,713

Posto isto, seguindo a numeração atribuída a cada fator na tabela 7, os dados obtidos para construção da matriz de contribuição por pares dos fatores de produtividade são mencionados na tabela 8.

Tabela 8. Matriz de contribuição por pares dos fatores de produtividade.

Matriz	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)
1)	1	1/2	1/4	1	1/2	3	1/2	1/3	1/3	1/2
2)	2	1	1/3	2	1	4	1	1/2	1	2
3)	4	3	1	4	3	7	3	2	3	4
4)	1	1/2	1/4	1	1/2	4	1/2	1/3	1/2	1
5)	2	1	1/3	2	1	4	1	1/2	1	1/2
6)	1/3	1/4	1/7	1/4	1/4	1	1/4	1/5	1/4	1/3
7)	2	1	1/3	2	1	4	1	1/2	1	2
8)	3	2	1/2	3	2	5	2	1	2	3
9)	3	1	1/3	2	1	4	1	1/2	1	2
10)	2	1/2	1/4	1	1/2	3	1/2	1/3	1/2	1

Os resultados gerados por meio da aplicação da ferramenta FAHP (mencionada no sub-capítulo 2.4.3) sobre os valores desta tabela estão presentes no tópico 4.4.

4.3. Construção da matriz de contribuição por pares das áreas da empresa

Por outro lado, para a construção da matriz de contribuição por pares das áreas da empresa também foram consideradas as condições enumeradas no tópico anterior e utilizada a tabela 7 de forma a se obter a tabela 9. Esta indica o grau de importância médio de cada área de uma determinada empresa. Para a obtenção deste valor foi calculada a média de RII dos fatores de produtividade contidos na mesma área.

Tabela 9. Grau de importância médio de cada área de uma empresa.

Área	Grau de importância médio (RII)
1) Gestão Financeira	0,864
2) Gestão de Compras	0,862
3) Planejamento de Projetos	0,831
4) Sistema Produtivo	0,826
5) Gestão de Projetos	0,788
6) Cultura Organizacional	0,774

Assim, seguindo a numeração atribuída a cada área na tabela 9, os dados obtidos para construção da matriz de contribuição por pares das áreas da empresa estão presentes na tabela 10.

Tabela 10. Matriz de contribuição por pares das áreas da empresa.

Matriz	1)	2)	3)	4)	5)	6)
1)	1	4	7	5	2	3
2)	1/4	1	4	3	1/4	1/3
3)	1/7	1/4	1	1/2	1/6	1/5
4)	1/5	1/3	2	1	1/5	1/4
5)	1/2	4	6	5	1	2
6)	1/3	3	5	4	1/2	1

Os resultados obtidos por meio da aplicação da ferramenta FAHP sobre os valores desta tabela encontram-se no tópico a seguir.

4.4. Dados obtidos

A partir da matriz da tabela 8 obteve-se os resultados presentes na tabela 11, esta que representa os fatores que mais impacto têm sobre o aumento de produtividade da empresa em estudo. Estes dados são avaliados de forma profunda nos tópicos seguintes deste capítulo.

Tabela 11. Fatores de produtividade com maior peso.

Fatores de Produtividade	Peso
1º Compras de materiais	0,247
2º Investimento para o projeto	0,150
3º Supervisão dos projetos	0,117
4º Coordenação das equipas	0,097
5º Pagamentos dos clientes	0,097
6º Disciplina de trabalho	0,086
7º Comunicação entre setores	0,063
8º Sobrecarga dos trabalhadores	0,060
9º Pagamento de salários	0,053
10º Planeamento da produção	0,031

Através da matriz da tabela 10 adquiriu-se os resultados presentes na tabela 12 que demonstra áreas que mais impacto têm sobre o aumento de produtividade da empresa atual. Estes dados são avaliados mais detalhadamente nos tópicos seguintes deste capítulo.

Tabela 12. Áreas da empresa com maior peso.

Área	Peso
1° Gestão Financeira	0,368
2° Gestão de Projetos	0,275
3° Cultura Organizacional	0,169
4° Gestão de Compras	0,098
5° Sistema Produtivo	0,054
6° Planejamento de Projetos	0,036

4.5. Avaliação dos dados obtidos

A avaliação dos dados obtidos tem como objetivos:

1. Comparar a importância dos fatores e das áreas da empresa analisados neste estudo com a importância que outros autores atribuem aos mesmos, de modo a avaliá-los através de uma perspectiva mais abrangente;
2. Perceber as causas iniciais que podem provocar a decadência dos requisitos do fator ou da área da empresa em avaliação, o que por meio disto consegue-se não só identificar as interdependências existentes tornando o processo de correção mais eficaz, caso seja necessário, como também entender as causas raízes que inicialmente originaram os problemas da empresa, e assim agir de forma proativa para as corrigir, melhorar e por fim tornar o novo processo padronizado;
3. Entender os efeitos finais que a falta de requisitos do fator ou da área em avaliação possam proporcionar, ou seja, em termos dos problemas existentes na empresa ou de outros fatores que poderão ficar prejudicados, o que permite a criação de planos de contingência e/ou de melhoria, a execução de análises de riscos e/ou de análises de custos associados e, por fim, perceber por quais meios a produtividade e o desempenho da empresa são afetados.

Deste modo, para tornar a avaliação dos dados obtidos o mais objetiva, completa e concisa possível, utilizaram-se os métodos de avaliação das causas e efeitos dos fatores de produtividade e das áreas da empresa presentes nas figuras 22 e 23, respetivamente. Nestas, o termo “Falta de requisitos” utilizado diz respeito a certos parâmetros dos fatores ou áreas da empresa que apresentam irregularidades, desperdícios, ineficiências ou qualquer outra condição que não favoreça o fator ou a área em causa. Também é importante mencionar que, como foi referido na revisão bibliográfica, os fatores de produtividade podem possuir dependências entre si, logo a falta de um pode causar a falta de outro. Nestas figuras as letras utilizadas para identificar o fator ou a área em avaliação servem de meros exemplos.

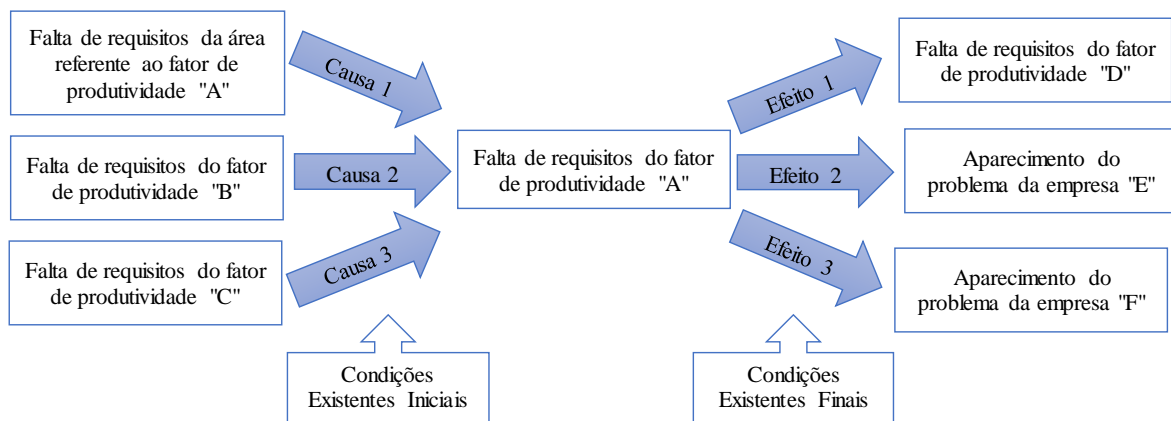


Figura 22. Método de avaliação dos fatores de produtividade (causa e efeitos).

Para o método de avaliação dos fatores de produtividade (figura 22) as causas iniciais podem ser devidas à falta de requisitos da área da empresa relacionada com o fator em avaliação ou à falta de requisitos de um ou mais fatores de produtividade interligados com este. Assim, são criadas condições iniciais que provocam a escassez de requisitos do fator de produtividade em avaliação. Consequentemente, são formadas condições finais que vão produzir efeitos como a falta de requisitos de um ou vários fatores de produtividade aos quais o fator em avaliação está interligado, ou o aparecimento de um ou mais problemas da empresa (capítulo 3.8). Este método de avaliação é aplicado no ponto 4.5.1.

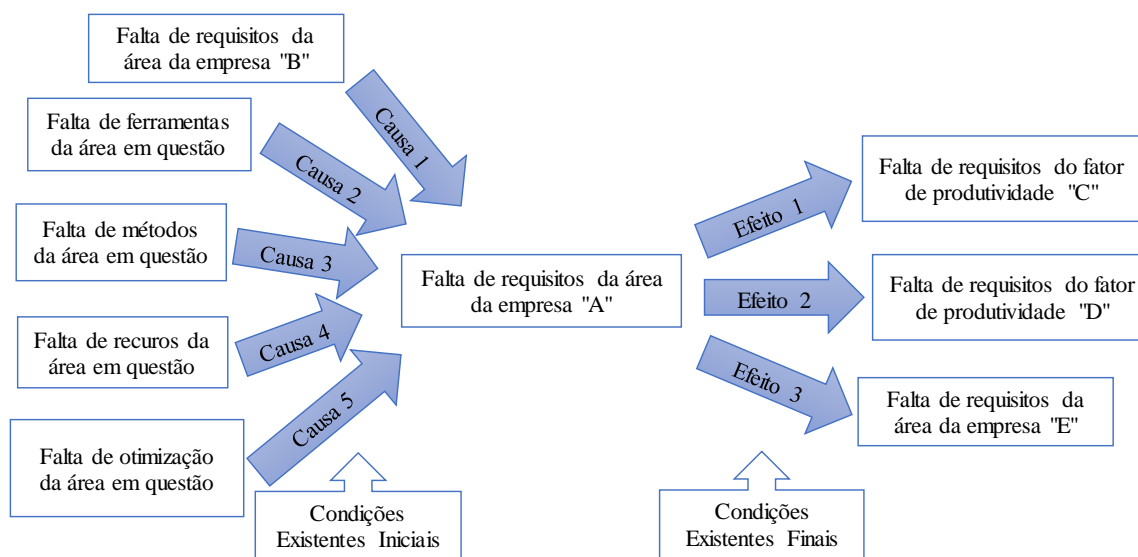


Figura 23. Método de avaliação das áreas da empresa (causa e efeito).

No caso do método de avaliação das áreas da empresa (figura 23) as causas iniciais que condicionam a área em avaliação podem resultar da falta de requisitos de uma ou mais áreas da empresa, ou devido à escassez de métodos, de recursos (tecnológicos, pessoas, equipamentos) ou otimização dos processos da área em avaliação. Por conseguinte, formam-se condições iniciais que provocam a insuficiência de requisitos da área da empresa em avaliação, o que por meio desta desencadeiam-se efeitos finais que estimulam a falta de requisitos de um ou mais fatores de produtividade aos quais a área da empresa está interligada, ou falta de requisitos de uma ou várias áreas da empresa. Posto isto, este método de avaliação é aplicado no ponto 4.5.2.

Por fim, procede-se à avaliação dos fatores que mais impacto/peso têm sobre o aumento da produtividade da empresa.

4.5.1. Avaliação dos fatores de produtividade

Através da tabela 11, referente aos fatores de produtividade analisados pela ferramenta FAHP, obtêve-se o gráfico da figura seguinte.

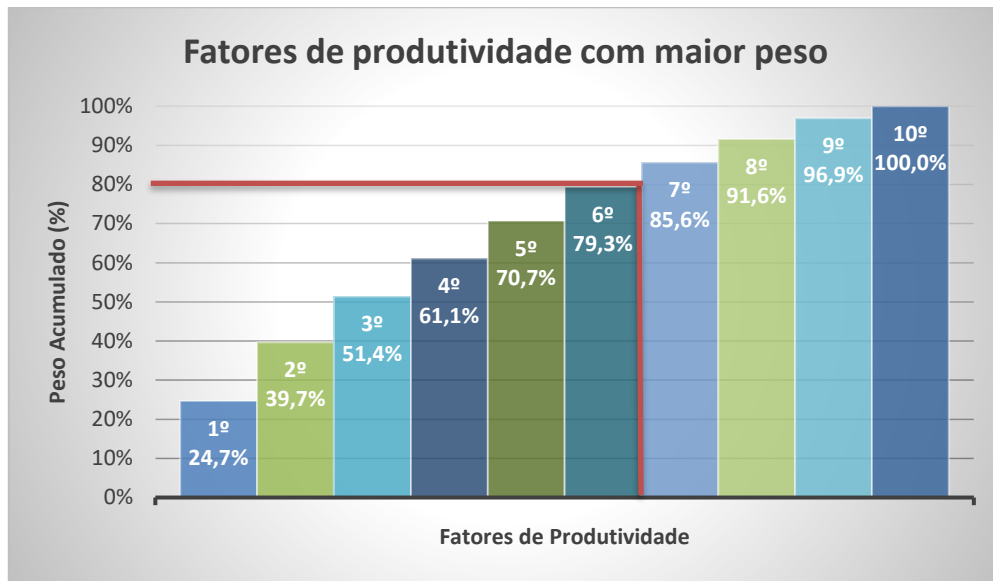


Figura 24. Fatores de produtividade com maior peso (Peso acumulado em %).

Assim, por meio da figura 24 conclui-se que para a empresa em estudo os fatores que mais afetam a sua produtividade e assim o seu desempenho são:

- 1º Compras de materiais (24,70%);
- 2º Investimento para o projeto (15,01%);
- 3º Supervisão dos projetos (11,69%);
- 4º Coordenação das equipas (9,67%);
- 5º Pagamentos dos clientes (9,67%);
- 6º Disciplina de trabalho (8,59%).

Visto que estes 6 fatores em si representam um peso de 79,3% sobre a variação da produtividade da empresa, os restantes fatores tornam-se menos significativos para o estudo. Contudo, estes também têm interligações com os fatores de maior importância, sendo estas ilustradas pela figura 25.

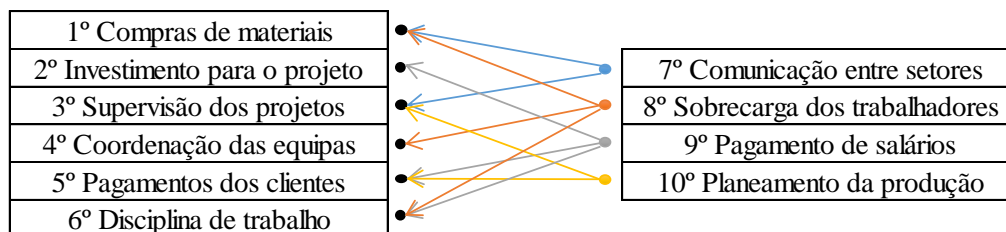


Figura 25. Relações entre os fatores de produtividade.

Posto isto, segue-se a avaliação de cada um dos 6 fatores de produtividade de maior peso encontrados, onde o método de avaliação utilizado segue a lógica presente no início deste sub-capítulo. Também é importante lembrar que os problemas da empresa mencionados nas avaliações seguintes são discutidos no sub-capítulo 3.8.

4.5.1.1. 1º Compras de materiais

A gestão de materiais é definida como o planeamento e controlo de todos os processos necessários para assegurar que a quantidade e qualidade correctas de materiais e equipamentos são obtidas a um custo razoável e que estão disponíveis quando necessárias. Esta gestão desempenha um papel significativo para o desempenho de um projeto em termos de tempo, custos e qualidade (Polat et al., 2017; Adbellatif e Alshibani, 2019; Majeed e Erzaij, 2020).

Por outro lado, a ausência de materiais quando necessários é uma das causas mais comuns de atrasos nos projetos de construção. Estima-se que a gestão de materiais de construção pode afetar em 80% o tempo de entrega de um projeto e 6-8% em termos de perdas de produtividade resultantes da não disponibilidade de materiais (Polat et al., 2017).

Deste modo, para que a conclusão de um projeto ocorra a tempo, é necessário identificar as causas que podem levar aos atrasos durante a fase de construção (Adbellatif e Alshibani, 2019). Polat et al. (2017) afirmam que os principais problemas da má gestão de materiais são a realização tardia das encomendas do material, da sua entrega no momento errado, de erros de quantidade e da receção de materiais errados. De outra forma, o atraso dos investimentos para o projeto em curso pode colocar as equipas envolvidas numa posição que impossibilita a compra dos restantes materiais a tempo (Adbellatif e Alshibani, 2019; Majeed e Erzaij, 2020).

Posto isto, no que toca à empresa, o fator que produz mais impacto (24,70%) sobre a sua produtividade são as “Compras de materiais”. No entanto, para alguns autores este fator não é considerado como significativo (Javed et al., 2018; Shoar e Banaitis, 2018), e para Naoum (2016) identifica-se como o 8º mais importante. Contudo, para Kazaz et al. (2008) este fator é o 2º mais importante e para Thomas e Sudhakumar (2015) e Soekiman et al. (2011) é o mais importante. Logo, nota-se que as compras de materiais quando geridas de forma correta não provocam qualquer tipo de variação sobre a produtividade da empresa.

Caso contrário, tornam-se bastante significativas para a sua alteração. Assim, a avaliação das causas e efeitos deste fator é expressa pela figura 26.

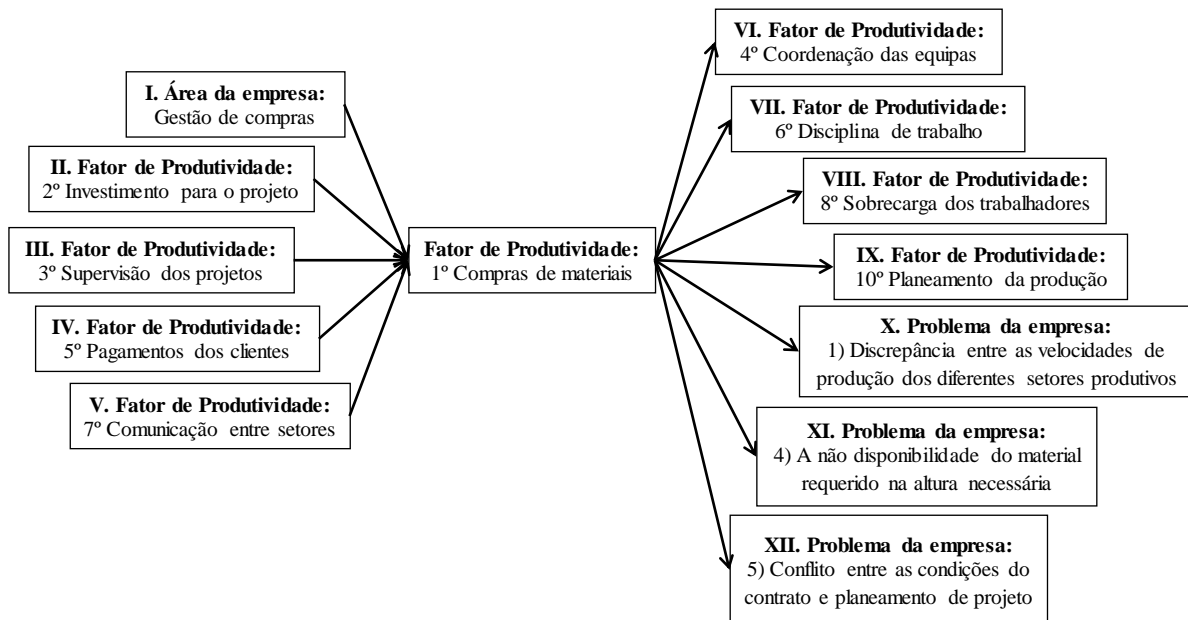


Figura 26. Avaliação do fator de produtividade "Compras de materiais".

Segundo a figura 26, as condições que as compras de materiais apresentam são as seguintes.

❖ Causas iniciais:

- I. A gestão de compras realizada com uma quantidade de recursos humanos e tecnológicos insuficiente torna o processo de compras de materiais menos eficiente, causando assim bastantes impactos sobre este fator;
- II. Um investimento financeiro inicial diminuto para um projeto de construção cria dificuldades sobre o planeamento de compras, visto que também envolve funções como a gestão de custos e gestão de informações. Por outro lado, a falta de financiamento por inteiro de um projeto impossibilita o início da construção deste;
- III. A supervisão de um projeto de construção escassa proporciona a falta de transparência do seu estado atual em termos de matérias primas requeridas para as próximas etapas construtivas, o que compromete o processo de compras de materiais;

- IV. A falta de pagamentos dos clientes traduz-se, à partida, na falta de investimento para um projeto de construção. Logo, as condições encontradas em ambos os fatores são semelhantes;
- V. A comunicação entre setores, em termos de troca de informações sobre os níveis de *stock* e necessidades de materiais para a produção, quando prejudicada afeta igualmente o processo de compras de materiais.
 - ❖ Efeitos finais:
- VI. Se os materiais não estiverem disponíveis no local de trabalho e na data requerida, é estimulada variabilidade no sistema produtivo. Esta dificulta a coordenação das equipas que desde o início do projeto estavam sincronizadas para a construção da casa e, no entanto, já não se encontram.
- VII. A disciplina de trabalho é fragilizada pela elevada taxa de alternância dos trabalhadores entre as várias tarefas de produção. Estas mudanças podem ocorrer pelo facto de certos projetos pararem por falta de material, sendo os trabalhadores alocados para outros projetos.
- VIII. Se a falta de material criar condições de modo a que dois ou mais projetos tenham que ser construídos em simultâneo, visto que existem datas de entregas por cumprir, irá ocorrer uma sobrecarga dos trabalhadores;
- IX. O planeamento da produção é comprometido pelas compras de materiais devido à condição de que o primeiro só pode ocorrer correctamente se o segundo não apresentar variabilidade.

4.5.1.2. 2º Investimento para o projeto

As incertezas que os projetos de construção apresentam, como o tempo total para a construção de uma casa, a variabilidade dos recursos, os custos materiais e também a ambiguidade dos pagamentos dos clientes, são fatores que têm efeito sobre a previsão correcta do investimento para o projeto.

O investimento inicial deste ajuda a perceber e a equilibrar melhor as restrições financeiras existentes e a facilitar a gestão dos custos do projeto, visto que inclui entradas e saídas de fluxo de caixa durante o ciclo de vida do mesmo. Por outro lado, uma previsão incorreta deste pode provocar atrasos nas entregas das casas, visto que mais de 60% da falta de sucesso dos projetos de construção devem-se a fatores económicos (Tabei et al., 2019).

No que concerne à empresa, o segundo fator de produtividade mais importante para o aumento da sua produtividade é o “Investimento para o projeto”. Contudo, vários autores atribuem uma importância mediana a este fator. Kazaz et al. (2008) defende que este é o 7º mais importante, Soekiman et al. (2011) o 3º e Shoar e Banaitis (2018) o 4º. A avaliação das causas e efeitos deste fator de produtividade é expressa pela figura 27.

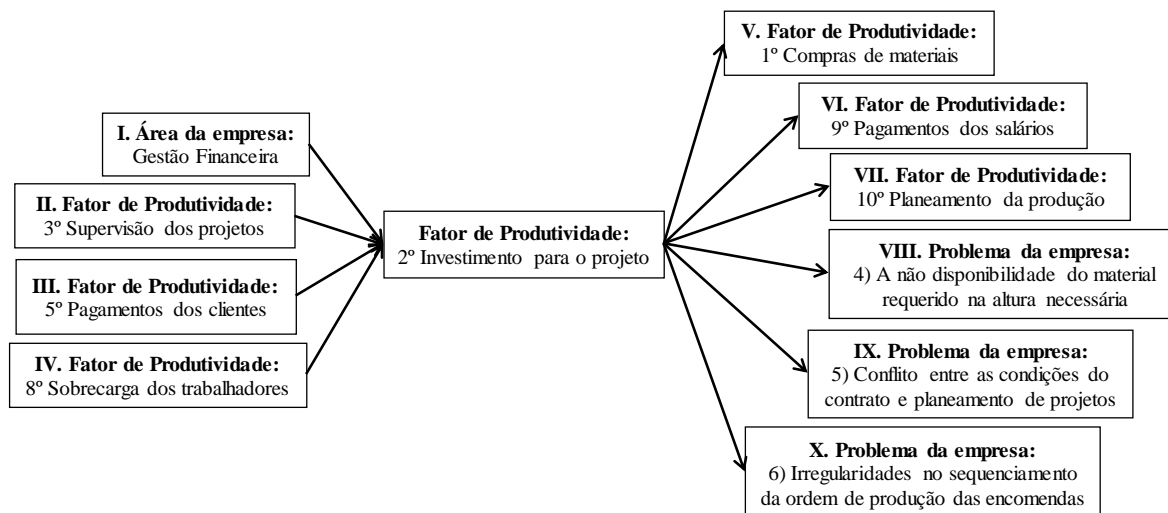


Figura 27. Avaliação do fator de produtividade "Investimento para o projeto".

Segundo a figura 27, as condições deste fator são as seguintes.

❖ Causas iniciais:

- I. Uma gestão financeira realizada de forma incorreta pode proporcionar uma utilização ineficiente do investimento para o projeto de construção;
- II. Em termos de supervisão dos projetos, a falta de transparência e de um método de monitorização do sistema produtivo poderá impossibilitar a percepção da empresa sobre o seu estado em termos de desperdícios de custos e de tempo;
- III. Os pagamentos dos clientes são a fonte primária de investimento para o projeto de construção, logo a insuficiência de um conduzirá à do outro;
- IV. Se os trabalhadores sofrerem uma sobrecarga produtiva condicionará a obtenção de investimentos futuros para o projeto.

❖ Efeitos finais:

- V. Esta condição é avaliada no ponto 4.5.1.1 – II.

- VI. Os pagamentos de salários estão comprometidos à partida pelo investimento do projeto;
- VII. Visto que a quantidade de recursos disponíveis afeta o planeamento da produção, assim este também é prejudicado pelo investimento para o projeto.

Outro ponto importante em mencionar é, segundo a literatura revista, o facto dos projetos de CM requererem, geralmente, um elevado investimento inicial, sendo este uma das suas barreiras principais. Assim, nesta fase consegue-se notar o grau de importância que este fator possui.

4.5.1.3. 3º Supervisão dos projetos

A supervisão é considerada como uma forma de auxiliar o desenvolvimento das habilidades de construção dos trabalhadores de modo serem mais eficazes, permitindo também a comunicação e a cooperação entre estes. Assim, os supervisores encorajam os trabalhadores a adotar boas práticas de produção com o intuito de alcançarem um elevado nível de desempenho.

No entanto, a má supervisão pode afetar o desempenho no desenvolvimento de um projeto, reduzir a produtividade de construção, proporcionar um planeamento inadequado e estimular uma má gestão de ferramentas, equipamentos e materiais. Os fatores que mais influenciam a supervisão dos projetos são a falta de comunicação entre setores, o supervisor ser inexperiente e/ou não empenhado, a existência de poucos métodos de armazenamento de informações, a falta de motivação e as instruções pouco claras fornecidas aos trabalhadores (Jimoh et al., 2017).

No caso da empresa, o terceiro fator de produtividade mais importante é a “Supervisão dos Projetos”. Por outro lado, para Javed et al. (2018) é classificado como o 5º mais importante, Kazaz et al. (2008) e Soekiman et al. (2011) o 4º e Shoar e Banaitis (2018) o 9º. Em alternativa, Naoum (2016) considera-o como o menos importante e Thomas e Sudhakumar (2015) não importante. A avaliação das causas e efeitos deste fator de produtividade é expressa pela figura 28.

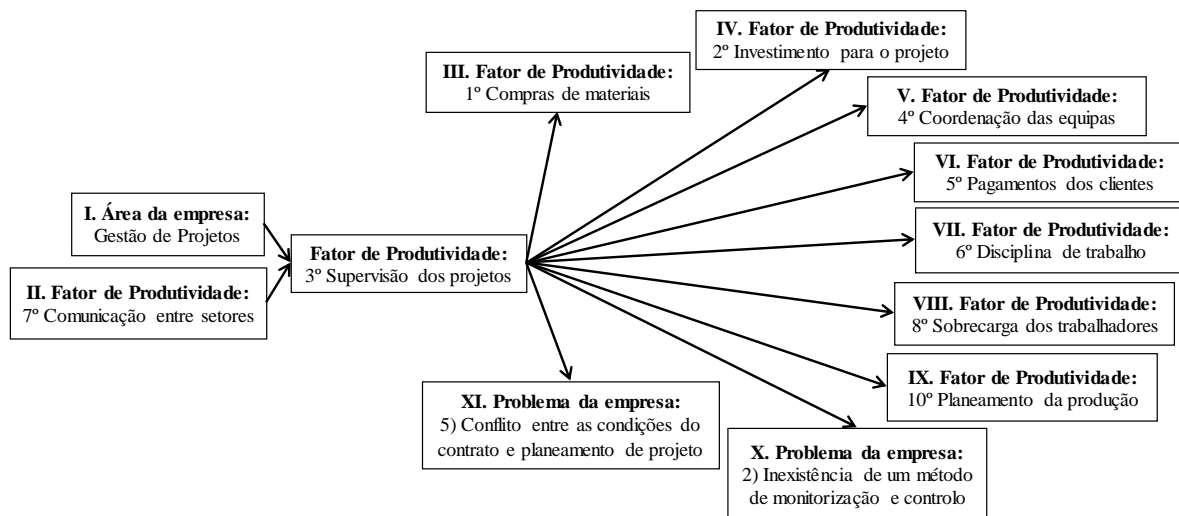


Figura 28. Avaliação do fator de produtividade "Supervisão dos projetos".

Segundo a figura 28, as condições existentes são as seguintes.

❖ Causas iniciais:

- I. Visto que a área responsável pela supervisão dos projetos é a de gestão de projetos, se esta não se comprometer com o esforço em criar um sistema de monitorização e melhoria contínua, então as consequências em termos de supervisão dos projetos serão graves;
- II. Por outro lado, não só é necessário ter uma sistema transparente, como também uma boa comunicação entre setores, de modo a que a informação flua de forma clara e constante. De outro modo, a falta deste fator proporciona uma supervisão ineficiente, perdendo o seu propósito inicial.

❖ Efeitos Finais:

- III. Esta condição é avaliada no ponto 4.5.1.1 – III;
- IV. Esta condição é avaliada no ponto 4.5.1.2 – II;
- V. Pela falta de transparência do estado do sistema produtivo a coordenação das equipas torna-se mais difícil. Assim, esta condição poderá estar relacionada com métodos de monitorização e controlo das equipas ineficientes, ou inexistentes, sendo isto um indicador de uma falta de melhoria contínua. Deste modo, e como revisto na bibliografia, perde-se um grande recurso que poderia ser utilizado para elevar o desempenho da empresa.

- VI. Em certo ponto a supervisão dos projetos condiciona a relação que a empresa tem com os clientes, visto que pela noção clara do tempo que falta para a entrega de uma casa, é possível informar o cliente desta. Assim, os pagamentos dos clientes, ou pelo menos a rapidez destes, poderá estar relacionada com a transparência que a empresa fornece ao cliente;
- VII. Sendo a disciplina de trabalho relacionada não só com questões pessoais de cada indivíduo, mas também com condições do ambiente de trabalho, como observado na revisão bibliográfica, a falta de supervisão por parte do gestor do projeto poderá conduzir a uma redução da disciplina dos trabalhadores;
- VIII. Visto que a supervisão dos projetos é realizada pelos gestores de projetos ou de operações, cabe aos mesmos auxiliar os trabalhadores nas diversas tarefas de produção, facilitando ou tornando os processos de construção mais acessíveis, organizados e eficientes. Deste modo, a falta desta condição proporciona a sobrecarga dos trabalhadores;
- IX. Para que um planeamento da produção seja estruturado de forma correta, é fundamental que seja conhecido o presente estado do sistema produtivo em termos dos projetos em processamento. Assim, a supervisão dos projetos permite o fornecimento desta informação.

4.5.1.4. 4º Coordenação das equipas

A coordenação das equipas influencia a eficiência destas assim como o desempenho geral do projeto. Os processos de coordenação incluem as atividades que promovem a relação e a criação de tarefas interdependentes dentro do ambiente da equipa, o que por meios destes é definido o foco da mesma. Logo, se os gestores de projetos possuírem uma abordagem cooperativa com os membros da equipa, consegue lidar melhor com conflitos e o seu nível de sucesso é superior, resultando numa coordenação do projeto mais eficiente (Tabassi et al., 2019).

A coordenação das equipas é classificada como o 4º fator mais importante para a empresa, assim como para Javed et al. (2018). Por outro lado, Soekiman et al. (2011) e Thomas e Sudhakumar (2015) identificam este como o 2º mais importante, Shoar e Banaitis (2018) o 3º, Kazaz et al. (2008) o 8º e Naoum (2016) o menos importante. A avaliação das causas e efeitos deste fator de produtividade é expressa pela figura 29.

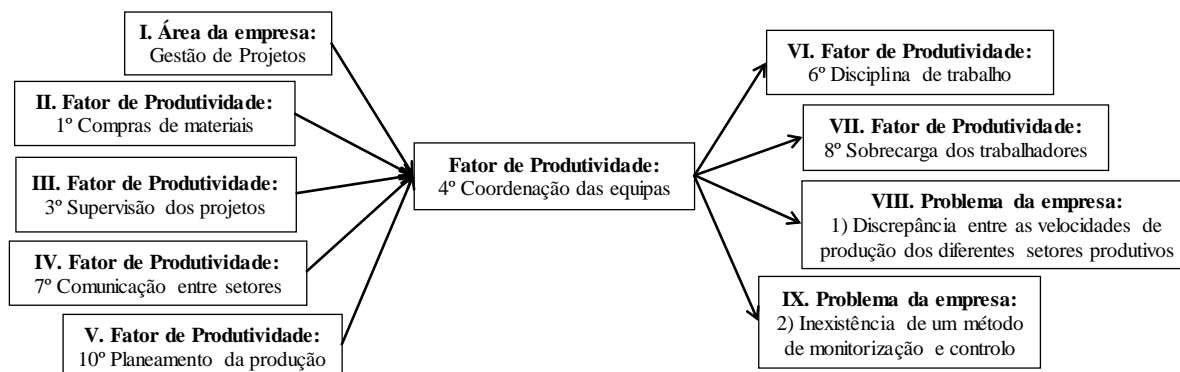


Figura 29. Avaliação do fator de produtividade "Coordenação das equipas".

Segundo a figura 29, as condições existentes são as próximas.

❖ Causas iniciais:

- I. Sendo a gestão de projetos responsável pela coordenação das equipas, a sua importância sobre o sistema produtivo é fulcral e bastante abrangente. É possível notar o grau de significância que a gestão de projetos possui para a empresa em estudo, o que vai de encontro ao que foi explorado na revisão da literatura sobre este tópico;
- II. Esta condição é avaliada no ponto 4.5.1.1 – VI;
- III. Esta condição é avaliada no ponto 4.5.1.3 – V;
- IV. Visto que a coordenação das equipas reside essencialmente em processos de gestão da produção ou de projetos, isto significa que a comunicação entre os setores ou as entidades presentes num projeto de construção é crucial. Como revisto na literatura, a comunicação é considerada como um dos fatores principais para o sucesso de um projeto. Esta também relaciona-se com o sentimento de confiança entre as partes, onde a falta desta compromete a capacidade de tomada de decisões e de gestão de projetos;
- V. Pelo facto da função do planeamento da produção ser o sequenciamento, a sincronização e a alteração da ordem das diferentes tarefas produtivas, também vai alterar o modo em como a coordenação das equipas procede.

❖ Efeitos Finais:

- VI. A disciplina de trabalho ao nível de um indivíduo é condicionada por fatores como as emoções negativas, a falta de informações, a falta de confiança entre

as pessoas e uma integração organizacional inutilizada. Ou seja, cabe ao gestor da produção ou de projetos coordenar as equipas e os indivíduos presentes nestas de forma a que consigam sentir-se mais seguros e confiantes com aquilo que fazem, sendo a consequência disso o aumento da disciplina de trabalho e posterior crescimento da produtividade;

- VII. Ainda, uma coordenação ineficiente das equipas traduz-se na alocação incorreta dos trabalhadores em etapas de construção pouco significativas para o aumento do desempenho da empresa ou para a entrega de projetos. Deste modo, poderá ocorrer uma sobrecarga futura dos trabalhadores.

4.5.1.5. 5º Pagamentos dos clientes

Os “Pagamentos dos Clientes” encontra-se em 5º lugar na lista dos fatores de produtividade da empresa, contudo, visto que possui bastantes conotações com o fator “Investimento para o projeto”, a sua importância poderá ser superior. Ainda, o fator em avaliação também está relacionado com a demora da realização dos pagamentos por parte dos clientes. Também é interessante notar que este fator não é considerado como importante para grande parte dos autores (Javed et al., 2018; Naoum, 2016; Thomas e Sudhakumar, 2015; Soekiman et al., 2011; Shoar e Banaitis, 2018) e Kazaz et al. (2008) classifica-o como o 6º mais importante. Isto poderá indicar que o problema associado a este fator seja um caso particular da empresa. Assim, a avaliação das causas e efeitos deste fator de produtividade é expressa pela figura 30.

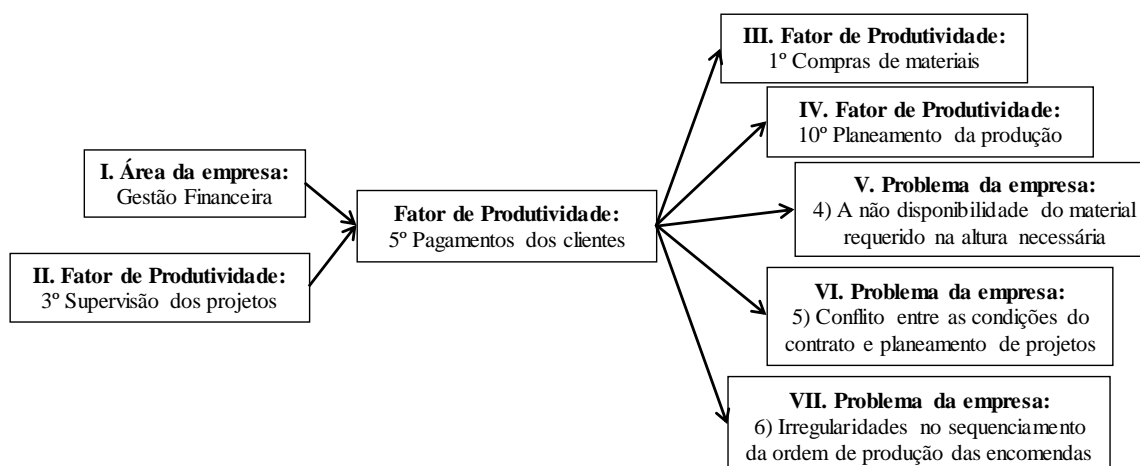


Figura 30. Avaliação do fator de produtividade "Pagamentos dos clientes".

Tendo em conta a figura 30, as condições que o fator em avaliação apresenta são as seguintes.

❖ Causas iniciais:

- I. A gestão financeira aborda o modo em como os investimentos para o projeto são processados após o pagamento dos clientes. Isto é, a forma em como são distribuídos sobre os custos diversos do projeto. Assim, uma boa gestão financeira tenta trazer, o mais possível, um equilíbrio entre os elementos e os recursos de um projeto;
- II. Esta condição é avaliada no ponto 4.5.1.3 – V.

❖ Efeitos Finais:

- III. Esta condição é avaliada no ponto 4.5.1.1 – IV;
- IV. No caso da empresa em estudo, os pagamentos dos clientes também podem condicionar a troca da ordem de sequenciamento da produção das encomendas.

4.5.1.6. 6º Disciplina de trabalho

Para Permadi et al. (2018), a disciplina de trabalho é definida como uma atitude de obediência sobre as regras presentes na empresa. Este é necessária para o alcance dos objetivos organizacionais da empresa, bem como para manutenção da eficiência através da prevenção e correção de acções individuais. Para tal, uma boa liderança e motivação servem

de estímulo para o aumento da disciplina de trabalho e consequente aumento do desempenho dos trabalhadores.

Contudo, a forma em como os líderes tentam incutir a disciplina de trabalho dentro da empresa varia bastante as condições finais que esta produzirá, podendo não serem benéficas.

A melhor forma de se criar disciplina dentro do ambiente de trabalho, afirma Harvey (1987), concentra-se na identificação por parte do gestor da discrepância específica de cada indivíduo entre o seu desempenho real e o esperado, para que no final lhe sejam indicadas boas razões pelas quais os níveis de desempenho devem de ser atingidos e o cumprimento da norma ser importante. Assim, para o gestor, o acordo entre ambos é o seu objetivo final. Isto significa que um bom líder têm a capacidade de identificar, analisar e discutir questões subjetivas sobre o desempenho dos trabalhadores e menos relacionadas com regras e padrões da conduta de trabalho da empresa.

Para o caso da empresa, a “Disciplina de trabalho” é classificada como o 6º fator de produtividade mais importante. Em contrapartida, Javed et al. (2018), Naoum (2016), Thomas e Sudhakumar (2015), Soekiman et al. (2011) e Shoar e Banaitis (2018) não o consideram importante e para Kazaz et al. (2008) é o 9º. A avaliação das causas e efeitos do fator de produtividade em avaliação é expressa pela figura 31.

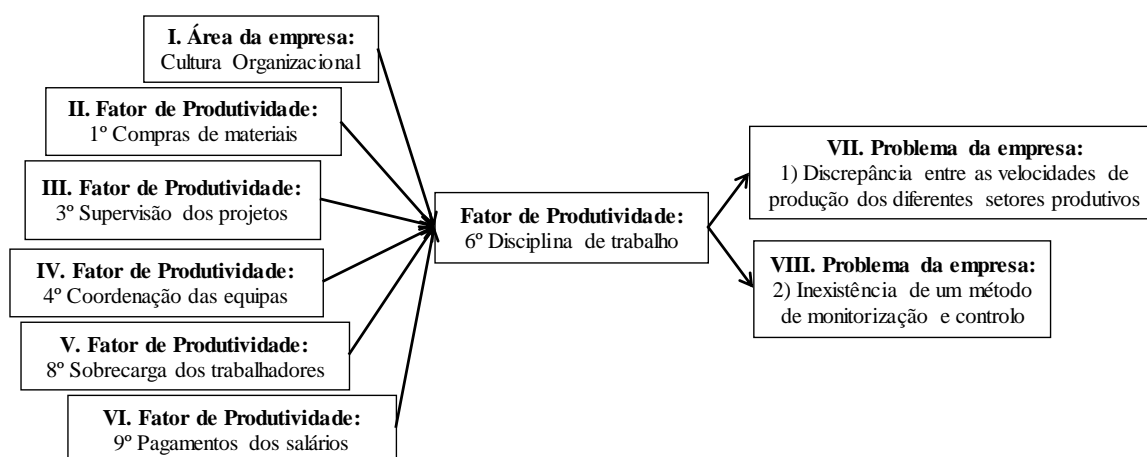


Figura 31. Avaliação do fator de produtividade "Disciplina de trabalho".

Segundo a figura 31 as condições são as seguintes.

❖ Causas iniciais:

-
- I. Só através de uma cultura organizacional de melhoria contínua é possível alcançar os benefícios exigidos pela filosofia Lean, onde o maior foco de uma empresa de construção deverá ser a obtenção de condições o mais próximas da CL possíveis. É clara e abrangente a dependência que uma boa disciplina de trabalho tem com a cultura organizacional da empresa. Também é interessante notar, pela figura 31, que a falta de disciplina de trabalho conduz diretamente ao problema em causa. Assim, a monitorização e observação desta não se torna difícil nem muito subjetiva, caso algumas medidas de GV sejam aplicadas;
 - II. Esta condição é avaliada no ponto 4.5.1.1 – VII.
 - III. Esta condição é avaliada no ponto 4.5.1.3 – VII.
 - IV. Esta condição é avaliada no ponto 4.5.1.4 – VI.
 - V. Como referido anteriormente, a sobrecarga dos trabalhadores proporciona consequências diretas sobre a disciplina de trabalho;
 - VI. No que toca ao pagamento dos salários, é interessante notar que para este estudo o valor de significância foi relativamente diferente do valor encontrado na literatura. No entanto, não deixa de ser importante mencionar que o atraso dos pagamentos dos salários contribui igualmente para a redução da disciplina de trabalho, visto que é uma fonte de motivação dos trabalhadores.

4.5.2. Avaliação das áreas da empresa

Através da tabela 12, referente às áreas da empresa analisadas pela ferramenta FAHP, obtêve-se o gráfico da figura 32.

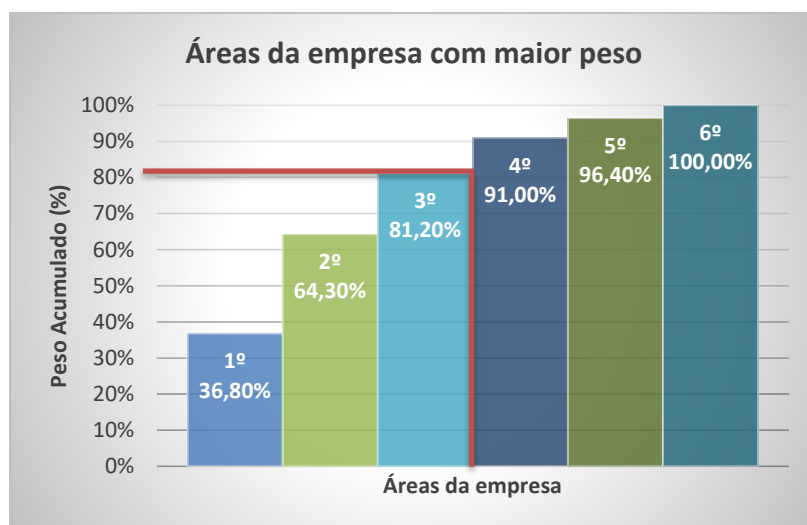


Figura 32. Áreas da empresa com maior peso (Peso acumulado em %).

Assim, por meio dos dados obtidos nesta figura conclui-se que, para a empresa em estudo, as áreas que mais afetam a sua produtividade e assim o seu desempenho são:

- 1º Gestão financeira (36,80%);
- 2º Gestão de projetos (27,50%);
- 3º Cultura organizacional (16,90%).

Visto que estas 3 áreas em si representam um peso de 81,2% sobre a variação da produtividade da empresa, as restantes áreas tornam-se menos significativas para o estudo. Posto isto, procede-se à avaliação de cada uma destas áreas por meio do método de avaliação representado pela figura 23, no início do sub-capítulo 4.5. O foco desta avaliação não reside em termos de análise das condições finais e dos efeitos que uma certa área da empresa produz, mas foca-se mais na análise das condições de entrada e as causas que proporcionam a ineficiência de cada área da empresa, visto que grande parte da informação sobre as causas e efeitos dos fatores de produtividade já foram explorados. Ou seja, as condições finais e os efeitos produzidos pelas áreas da empresa são idênticos aos fatores avaliados nos tópicos antecedentes.

4.5.2.1. 1º Gestão financeira

Uma boa gestão financeira permite essencialmente uma boa distribuição dos investimentos obtidos para o projeto de construção pelos diversos recursos que este requer

para a sua realização (Tabei et al., 2019). A avaliação das causas e efeitos desta área da empresa é expressa pela figura 33.

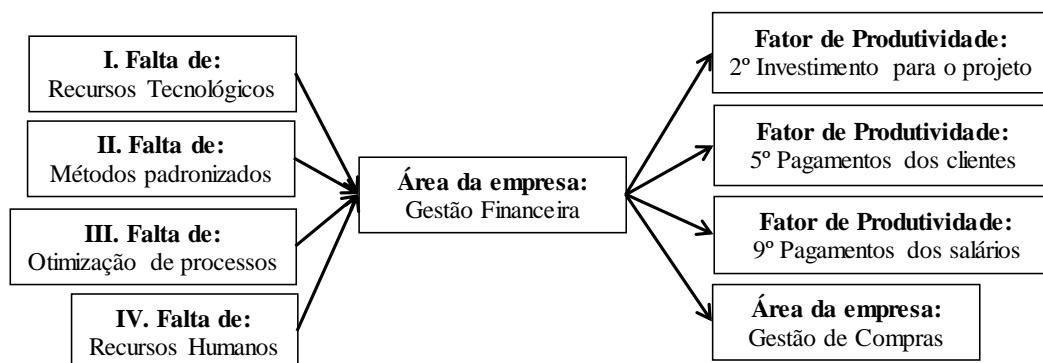


Figura 33. Avaliação da área da empresa "Gestão financeira".

Como demonstrado nesta figura, para que a eficiência máxima da área de gestão financeira ocorra na empresa em estudo, esta requer fundamentalmente:

- I. Recursos tecnológicos: ferramentas que permitam criar uma gestão financeira interligada com todas as outras áreas da empresa, mesmo em termos de GV dos projetos, gestão de custos ao longo dos projetos, gestão de riscos e análise de custos dos materiais;
- II. Métodos padronizados: o que provocará a facilidade de processamento dos projetos, menores perdas de tempo, emoções negativas inferiores e a facilidade de repartição financeira pelos recursos dos projetos de construção;
- III. Otimização de processos existentes: tornar claros os processos presentes na gestão financeira e de que forma são realizados, de modo a encontrar desperdícios e implementar soluções de melhoria.
- IV. Recursos humanos: o auxílio criado por um maior número de pessoas para processar as funções de gestão financeira.

Um ponto particular da gestão financeira é a condição de que esta afeta diretamente a gestão de compras, o que por si tornará o processo de compras de materiais mais trabalhoso caso a gestão financeira fique afetada.

4.5.2.2. 2º Gestão de projetos

Só por meio de uma gestão de projetos eficiente é possível obter os benefícios que o método da CM possui (Anexo E) e colmatar os problemas existentes no SC que frequentemente causam a redução da produtividade. Mais precisamente, estes são em termos da complexidade dos projetos de construção, das disputas entre as equipas de um projeto, da gestão de desperdícios e resíduos incorrecta, da inexistência de um sistema de informação ou de GV, da gestão de projetos incorrecta e da variabilidade presente num projeto de construção, como concluído na revisão da literatura (tabela 1). A avaliação das causas e efeitos desta área da empresa é expressa pela figura 34.

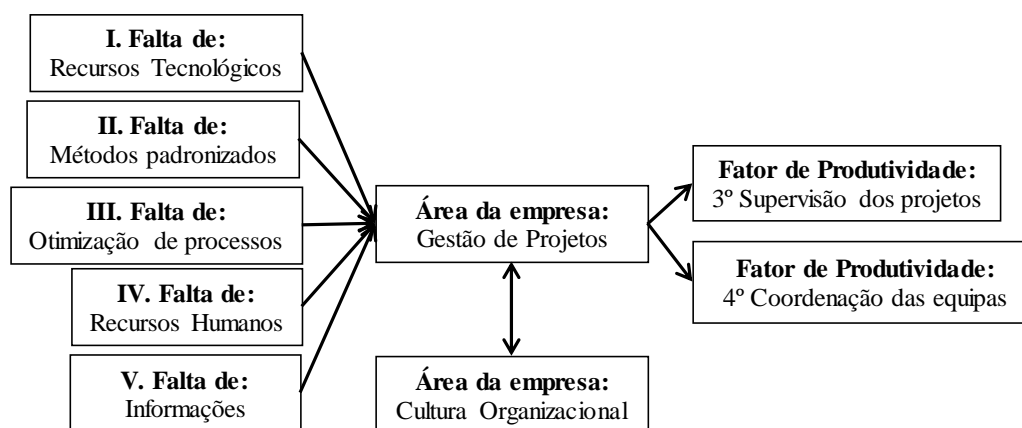


Figura 34. Avaliação da área da empresa "Gestão de projetos".

Assim, como revela esta figura, para a empresa em estudo, a eficiência máxima da área de gestão de projetos é conseguida por meio da utilização combinada de:

- I. Recursos tecnológicos: mais precisamente, meios que permitam a monitorização dos projetos ao longo do processo de construção, ferramentas que facilitem as trocas de informações entre as várias entidades presentes no mesmo projeto com o objetivo de aumentar a interação e a proximidade entre estas;
- II. Métodos padronizados: visto que a CM possui um método de produção com características semelhantes ao método produtivo da manufatura, a padronização das etapas de construção assim como das funções de gestão de

projetos é mais acessível. Assim, se for implementado um sistema que torne isto possível, irão surgir resultados positivos em várias áreas da empresa, visto que a gestão de projetos possui funções intermediárias de forma a criar um ambiente organizacional estruturado e sincronizado que conecta todas as áreas da organização;

- III. Otimização de processos: não só é preciso um sistema sincronizado com um sistema otimizado, onde as atividades presentes neste ocorrem da forma mais eficiente e eficaz possível;
- IV. Recursos humanos: ou seja, o auxílio por parte de um maior número de gestores de projetos;
- V. Informações: com a falta deste recurso o processo de tomada de decisões fica prejudicado, como visto na revisão bibliográfica. Assim, pelo facto deste processo ser a essência da gestão de projetos, todas as funções e atividades relacionadas com esta área também são prejudicadas, proporcionando assim uma variabilidade e instabilidade crescente ao longo dos níveis hierárquicos da organização.

Por fim, a cultura organizacional condiciona o modo em como a gestão de projetos vai ocorrer, afetando também os setores, as equipas e os trabalhadores dos projetos. Por conseguinte, a disciplina de trabalho, o ambiente de trabalho e o desempenho e motivação dos trabalhadores vai expor o tipo de cultura organizacional da empresa. Assim, a relação entre a gestão de projetos e a cultura organizacional é bastante forte e apresenta dois sentidos.

4.5.2.3. 3º Cultura organizacional

A cultura organizacional de uma empresa é essencialmente um conjunto de crenças, hábitos e atividades comuns partilhados entre as pessoas de uma organização. Estes pressupostos foram aprendidos e validados de modo a serem transmitidos a novos membros futuros (Arditi et al., 2017). Também é de realçar que os fatores psicológicos e emocionais das pessoas envolvidas num projeto essencialmente traduzem o tipo de cultura organizacional que uma empresa possui. Só por meio de uma cultura organizacional de melhoria contínua é possível alcançar os benefícios da CL. A avaliação das causas e efeitos desta área da empresa é expressa pela figura 35.

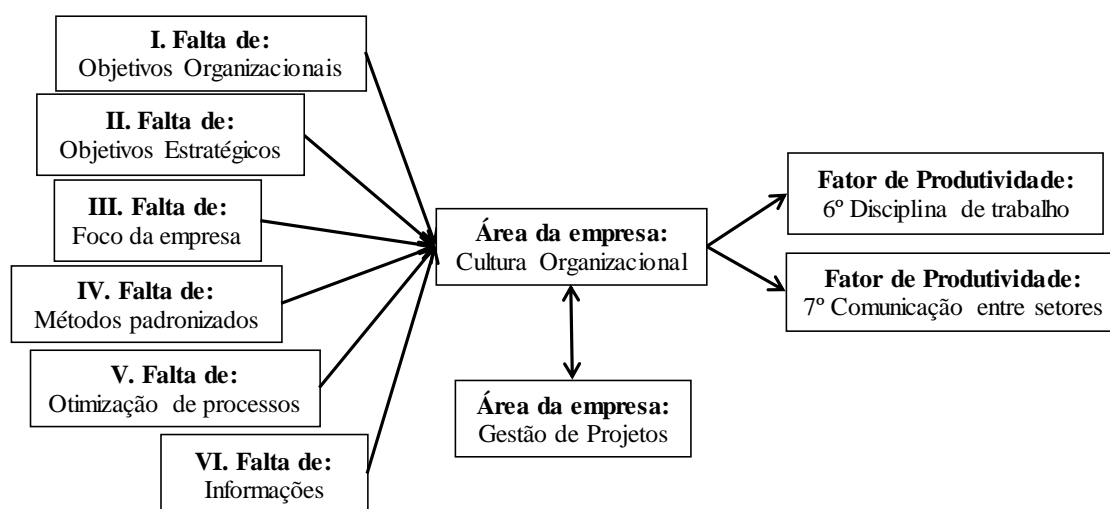


Figura 35. Avaliação da área da empresa "Cultura organizacional".

Como demonstra a figura 35, para a empresa em estudo, uma boa cultura organizacional é conseguida por meio de:

- I. Os Objetivos organizacionais e os Objetivos estatégicos (II): que a empresa estabelece no inicio indicam o modo em como esta vai agir para a sua obtenção. Quanto mais claros e precisos forem, suportados por um plano bem estruturado, vai refletir numa cultura organizacional bem estabelecida e sincronizada;
- III. Foco da empresa: quanto mais focada estiver a empresa para o alcance destes objetivos, vai refletir-se no tipo de cultura organizacional desta;
- IV. Métodos padronizados: isto significa formas habituais e sincronizadas de se realizarem as funções, tarefas e a troca de informações entre as equipas da empresa;
- V. Otimização de processos: ou seja, tornar cada vez mais os processos eficientes e otimizados de modo a que se atinja a excelência;
- VI. Informações: a quantidade e qualidade de informação que transita dentro da empresa também possibilita a criação de uma cultura organizacional mais conectada, motivada e enraizada.

4.6. Conclusões do capítulo

Através das avaliações aos fatores de produtividade e às áreas da empresa, concluiu-se o seguinte:

1. Os fatores que mais contribuem para o aumento da produtividade da empresa em causa são: 1º “Compras de materiais”, 2º “Investimento para o projeto”, 3º “Supervisão dos projetos”, 4º “Coordenação das equipas”, 5º “Pagamentos dos clientes” e 6º “Disciplina do trabalho”, representando 79,3% para o aumento da produtividade. Os restantes fatores apresentam uma menor significância, contudo, relacionam-se com fatores os anteriores;
2. As áreas da empresa que mais contribuem para a melhoria do seu desempenho são: 1º “Gestão financeira”, 2º “Gestão de projetos” e 3º “Cultura organizacional”. Estas três em conjunto têm um peso de 81,2% para o aumento da produtividade da empresa.
3. A falta de produtividade da empresa maioritariamente advém dos 6 problemas que foram avaliados;
4. Estes problemas resultam da falta de requisitos dos fatores de produtividade;
5. Visto que os fatores de produtividade possuem interdependências entre si, significa que se um apresentar uma falta de requisitos outro que é afetado por este também poderá dispor a mesma condição;
6. A falta inicial de requisitos dos fatores de produtividade advém unicamente da falta de requisitos das áreas responsáveis por estes;
7. Deste modo, a falta de requisitos nas áreas da empresa é consequente de uma escassa quantidade e/ou qualidade dos métodos padronizados, da otimização de processos, da troca de informações, dos recursos tecnológicos e dos recursos humanos presentes nas áreas da empresa.

Assim, uma aplicação combinada e sincronizada entre as ferramentas e métodos *Lean* e de GV é uma mais valia para a empresa, visto que possibilita a obtenção dos parâmetros mencionados por último. Por último, todo o processo de avaliação da produtividade realizado neste capítulo, ilustrado e resumido na figura 36, teve como objetivo entender as causas raízes dos problemas da empresa de modo a que as alterações futuras ocorram nos locais certos.

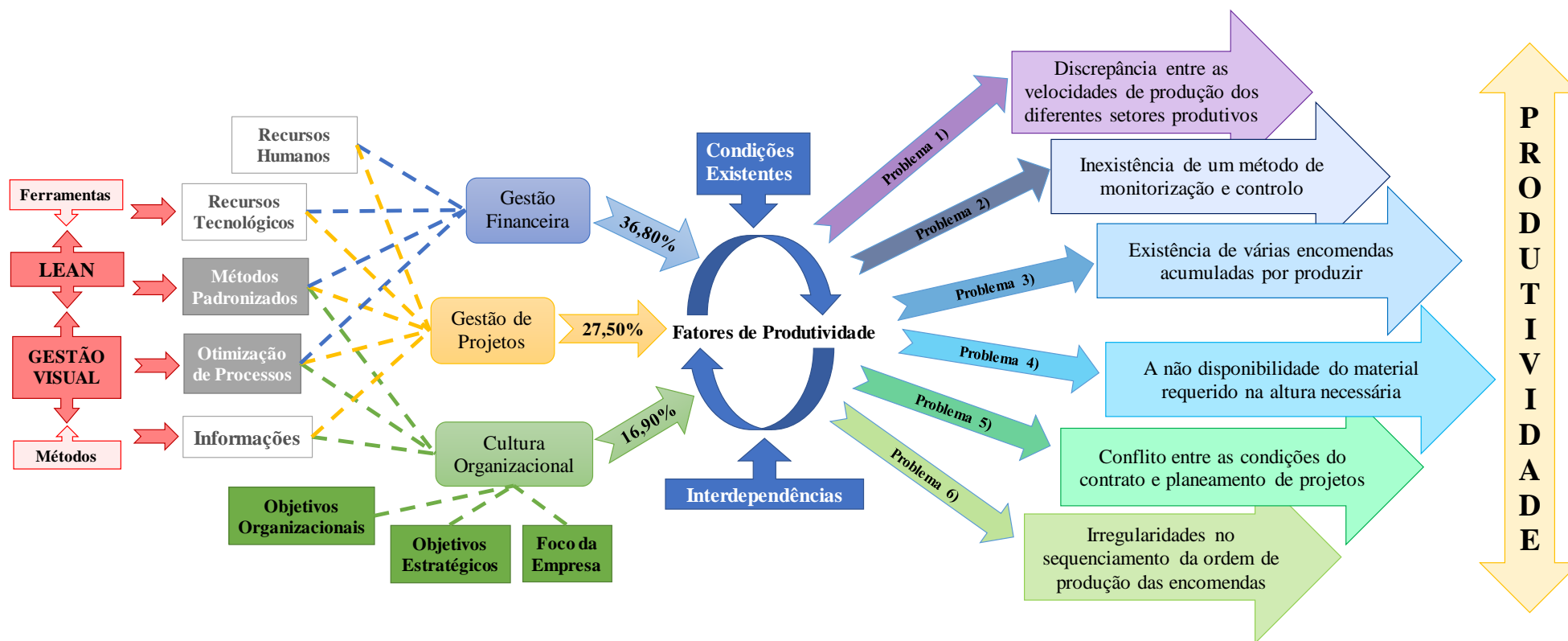


Figura 36. Mapa de avaliação da produtividade da empresa.

5. CONCLUSÕES

A presente dissertação teve como objetivo central a identificação dos fatores e das áreas da empresa em estudo que mais impacto têm sobre a sua produtividade. Assim, inicialmente foi realizada uma análise geral à empresa, mais precisamente, no que toca ao setor de mercado na qual está inserida, ao produto que fabrica e ao desempenho que demonstra.

A partir desta, observou-se que a empresa possuía um problema relativo às entregas das casas, relacionado com a subprodução do sistema produtivo, o que por meio deste concluiu-se que as suas causas originais não advêm de requisitos dos clientes como a área da casa e o seu nível de personalização.

Como foi possível verificar ao longo deste trabalho que a falta de produtividade é considerado um problema comum na construção. Dado isto, realizou-se um estágio prático em cada setor de produção da empresa bem como entrevistas aos responsáveis de cada área da mesma, o que permitiu a recolha dos 10 fatores de produtividade mais importantes para o estudo.

Concluiu-se por meio de uma avaliação detalhada que os fatores que mais contribuem para o aumento da produtividade da empresa em causa são: 1º “Compras de materiais”, 2º “Investimento para o projeto”, 3º “Supervisão dos projetos”, 4º “Coordenação das equipas”, 5º “Pagamentos dos clientes” e 6º “Disciplina do trabalho”, representando 79,3% para o aumento da produtividade. Os restantes fatores apresentam uma menor significância, contudo, relacionam-se com fatores os anteriores. Também foi possível avaliar as áreas da empresa que mais contribuem para a melhoria do seu desempenho, sendo estas: 1º “Gestão financeira”, 2º “Gestão de projetos” e 3º “Cultura organizacional”, que, em conjunto, têm um peso de 81,2% para o aumento da sua produtividade.

Deste modo, observou-se que a falta de produtividade da empresa maioritariamente advêm dos seis problemas principais que apresenta, resultando estes da falta de requisitos dos fatores de produtividade avaliados. No entanto, a falta inicial de requisitos dos fatores de produtividade advêm unicamente da falta de requisitos das áreas responsáveis por estes, que são consequentes de uma escassa quantidade e/ou qualidade dos

métodos padrão, da otimização de processos, da troca de informações, dos recursos tecnológicos e dos recursos humanos utilizados nas áreas da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adbellatif, H. e Alshibani, A. (2019), “Major factors causing delay in the delivery of manufacturing and building projects in Saudi Arabia”, *Buildings*, 9, 93.
- Al Jassmi, H., Ahmed, S., Philip, B., Al Mughairbi, F., e Al Ahmad, M. (2019), “E-happiness physiological indicators of construction workers’ productivity: A machine learning approach”, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 18, 517–526.
- Alinaitwe, H. M. (2009), “Prioritising lean construction barriers in Uganda’s construction industry”, *Journal of Construction in Developing Countries*, 14, 15–30.
- Arditi, D., Nayak, S. e Damci, A. (2017), “Effect of organizational culture on delay in construction”, *International Journal of Project Management*, 35, 136-147.
- Ayhan, M. B. (2013), “A Fuzzy Ahp Approach For Supplier Selection Problem: A Case Study In A Gearmotor Company”, *International Journal of Managing Value and Supply Chains*, 4, 11–23.
- Aziz, R. F., e Hafez, S. M. (2013), “Applying lean thinking in construction and performance improvement”, *Alexandria Engineering Journal*, 52, 679–695.
- Bayhan, H. G., Demirkesen, S., e Jayamanne, E. (2019), “Enablers and Barriers of Lean Implementation in Construction Projects”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471, 2.
- Binninger, M., Dlouhy, J., Schneider, J., e Haghsheno, S. (2017), “How Can Lean Construction Improve the Daily Schedule of A Construction Manager?”, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245, 6.
- Chapman, R.; Butry, D. e Huang, A. (2010), “Measuring and Improving U . S . Construction Productivity”, In: *Proceedings of the 2010 CIB World Congress, Salford Quays, UK, 10-13 May 2010*. pp. 1–12.
- Darko, A., Chan, A. P. C., Ameyaw, E. E., Owusu, E. K., Pärn, E., e Edwards, D. J. (2019), “Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction”, *International Journal of Construction Management*, 19, 436–452.
- Elizar, Wibowo, M. A., e Koestalam, P. (2015), “Identification and analyze of influence level on waste construction management of performance”, *Procedia Engineering*, 125, 46–52.
- Eurostat Statistics Explained (2019), “EU-28 and EA-19 construction production 2005-2019, calendar and seasonally adjusted data (2015 = 100)”. Atualizado em 21 de Outubro de 2019, em: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:EU-28_and_EA-19_construction_production_2005_-_2019_calendar_and_seasonally_adjusted_data_\(2015_%3D_100\).png#file](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:EU-28_and_EA-19_construction_production_2005_-_2019_calendar_and_seasonally_adjusted_data_(2015_%3D_100).png#file).
- Ferdous, W., Bai, Y., Ngo, T. D., Manalo, A., e Mendis, P. (2019), “New advancements,

- challenges and opportunities of multi-storey modular buildings – A state-of-the-art review”, *Engineering Structures*, 183, 883–893.
- Ferreira, C.D.S. (2017), “Produtividade na Indústria da Construção- Conceitos e Especificações”. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – Especialização Construções Cíveis, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.
- Feutz, D. (2019), “The Hurdles to Financing Modular Development”, *Cornell Real Estate Review*, 17, 106–111.
- Figueiredo, C.A. (2016), “Internacionalização em Parceria: construção de casas Pré-fabricadas em Moçambique”, Tese de Mestrado em Estratégia de Investimento e Internacionalização, Business & Economics School, Instituto Superior de Gestão, Lisboa.
- Gomes, T. (2015), “Evolução do Sector da Construção em Portugal Engenharia Civil – Aplicação do Modelo Structure-Conduct-Performance”, Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico de Lisboa, Lisboa.
- Harvey, E., H. (1987), “Discipline vs. Punishment”, *Business Premium Collection*, 76, 25.
- Home Hunting (2017), “Construção Modular – Uma construção com futuro?”. Atualizado em 21 de Setembro de 2017, em: <https://homehunting.pt/blog/2017/09/21/construcao-modular-construcao-futuro/>.
- Idealista (2020), “Tudo sobre casas modulares: prós e contras deste tipo de habitação”. Atualizado em 05 de Março de 2020, em: <https://www.idealista.pt/news/imobiliario/habitacao/2020/03/04/42619-tudo-sobre-casas-modulares-pros-e-contras-deste-tipo-de-habitacao>.
- Instituto Nacional de Estatística (2020a), “Índice de produção na construção e obras públicas – ajustado de efeitos de calendário e de sazonalidade (Base – 2015) por Tipo de obra; Mensal”. Acedido em 08 de Maio de 2020, em: <http://www.ine.pt>.
- Instituto Nacional de Estatística (2020b), “Índice de horas trabalhadas na construção e obras públicas – ajustado de efeitos de calendário (Base – 2015); Mensal”. Acedido em 08 de Maio de 2020, em: <http://www.ine.pt>.
- Işik, Z., e Aladağ, H. (2017), “A fuzzy AHP model to assess sustainable performance of the construction industry from urban regeneration perspective”, *Journal of Civil Engineering and Management*, 23, 499–509.
- Jaffar, N., Abdul Tharim, A. H., e Shuib, M. N. (2011), “Factors of conflict in construction industry: A literature review”, *Procedia Engineering*, 20, 193–202.
- Jato-Espino, D., Castillo-Lopez, E., Rodriguez-Hernandez, J., e Canteras-Jordana, J. C. (2014), “A review of application of multi-criteria decision making methods in construction”, *Automation in Construction*, 45, 151–162.
- Javed, A. A., Pan, W., Chen, L., e Zhan, W. (2018), “A systemic exploration of drivers for and constraints on construction productivity enhancement”, *Built Environment Project and Asset Management*, 8, 239–252.

- Jimoh, R., Oyewobi, L., Suleiman, S. e Isa, R. (2017), “Influence of Supervision on Labour Productivity on Construction Sites in Abuja-Nigeria”, *Independent Journal of Management & Production*, 8, 1.
- Kamali, M., e Hewage, K. (2016), “Life cycle performance of modular buildings: A critical review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1171–1183.
- Kazaz, A., Manisali, E., e Ulubeyli, S. (2008), “Effect of basic motivational factors on construction workforce productivity in Turkey”, *Journal of Civil Engineering and Management*, 14, 95–106.
- Koskela, L. (1992), “Application of the New Production Philosophy to Construction”, *Laboratory for Urban Planning and Building Design, Technical Research Centre of Finland, Technical Report*, 72.
- Koskela, L. (2000), “An exploration towards a production theory and its application to construction”, *Dissertation for the degree of Doctor of Technology, VTT Building Technology, Technical Research Centre of Finland, Finland*.
- Levasseur, R. E. (2013), “People skills: Developing soft skills-A change management perspective”, *Interfaces*, 43, 566–571.
- Majeed, A., K. e Erzaij, K., R. (2020), “Cost and Time Interaction Behavior on Construction Materials Procurement and Execution Processes in Infrastructure Projects”, *Civil Engineering Journal*, 6, 3.
- Moghadam, M. (2014), “Lean-Mod: An Approach to Modular Construction Manufacturing Production Efficiency Improvement”, *Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Construction Engineering and Management, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Edmonton, Alberta, Canada*.
- Naoum, S. G. (2016), “Factors influencing labor productivity on construction sites: A state-of-the-art literature review and a survey”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65, 401–421.
- Permadi, B., Dharmanegara, I., B., A. e Sitiari, N., W. (2018), “The Effects of Leadership and Motivation Againsts Work Discipline and Performance of Civil Servant Employees at Balai Wilayah Sungai Bali Penida”, *JAGADHITA:Journal Ekonomi & Bisnis*, 5, 46-57.
- Polat, G., Eray, E. e Bingol, B., N. (2017), “An integrated Fuzzy MCGDM approach for supplier selection problem”, *Journal of civil engineering and management*, 23, 926-942.
- Radziszewska-Zielina, E., Śladowski, G., Kania, E., Sroka, B., e Szewczyk, B. (2019), “Managing Information Flow in Self-Organising Networks of Communication between Construction Project Participants”, *Archives of Civil Engineering*, 65, 133–148.
- Ramanathan, C., Narayanan, S. P., e Idrus, A. B. (2012), “Construction delays causing risks on time and cost - A critical review”, *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12, 37–57.
- Relações Fortes (2020), “Casas modulares: uma solução a considerar”. Acedido em 08 de Abril de 2020, em: <https://www.relacoesfortes.com/casas-modulares-uma->

[solucao-economica-para-construir-a-casa-dos-seus-sonhos/](#).

- Saaty, R. W. (1987), “The analytic hierarchy process-what it is and how it is used”, *Mathematical Modelling*, 9, 161–176.
- Serpella, A. F., Ferrada, X., Howard, R., e Rubio, L. (2014), “Risk Management in Construction Projects: A Knowledge-based Approach”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 653–662.
- Shahbaz, M. S., Bhatti, N. U. K., Soomroe, Z., e Zafarullah, M. (2019), “The Impact of Supply Chain Capabilities on Logistic Efficiency for the Construction Projects”, *Civil Engineering Journal*, 5, 1249–1256.
- Shoar, S., e Banaitis, A. (2018), “Application of fuzzy fault tree analysis to identify factors influencing construction labor productivity: A high-rise building case study”, *Journal of Civil Engineering and Management*, 25, 41–52.
- Soekiman, A., Pribadi, K. S., Soemardi, B. W., e Wirahadikusumah, R. D. (2011), “Factors relating to labor productivity affecting the project schedule performance in Indonesia”, *Procedia Engineering*, 14, 865–873.
- Tabassi, A., A., Abdullah, A. e Bryde, D., J. (2019), “Conflict Management, Team Coordination, and Performance Within Multicultural Temporary Projects: Evidence From the Construction Industry”, *Project Management Journal*, 50, 101-104.
- Tabei, S., M., A., Bagherpour, M. e Mahmoudi, A. (2019), “Application of Fuzzy Modelling to Predict Construction Projects Cash Flow”, *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 63, 647-659.
- Teicholz, P. (2014), “Labor-Productivity Declines in the Construction Industry : Causes and Remedies (Another Look)”, *AECbytes*, 67, 1–13.
- Thomas, A. V., e Sudhakumar, J. (2015), “Factors influencing construction labour productivity. An Indian case study”, *Journal of Construction in Developing Countries*, 20, 53–68.
- U.S. Bureau of Labor Statistics (2019), “Industry Productivity Trends”. Atualizado em 26 de Setembro de 2019, em: <http://www.bls.gov/lpc/>.
- Uusitalo, P., Seppänen, O., Peltokorpi, A., e Olivieri, H. (2019), “Solving design management problems using lean design management: the role of trust”, *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26, 1387–1405.
- Wozniak-szpakiewicz, E., e Zhao, S. (2018), “Modular construction industry growth and its impact on the built environment”, *Czasopismo Techniczne*, 12, 43–52.
- Yi, W., e Chan, A. P. C. (2014), “Critical review of labor productivity research in construction journals”, *Journal of Management in Engineering*, 30, 214–225.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., e Tamosaitiene, J. (2011), “Selection of construction enterprises management strategy based on the SWOT and multi-criteria analysis”, *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 11, 1063–1082.

ANEXO A – ÍNDICE DE PRODUÇÃO

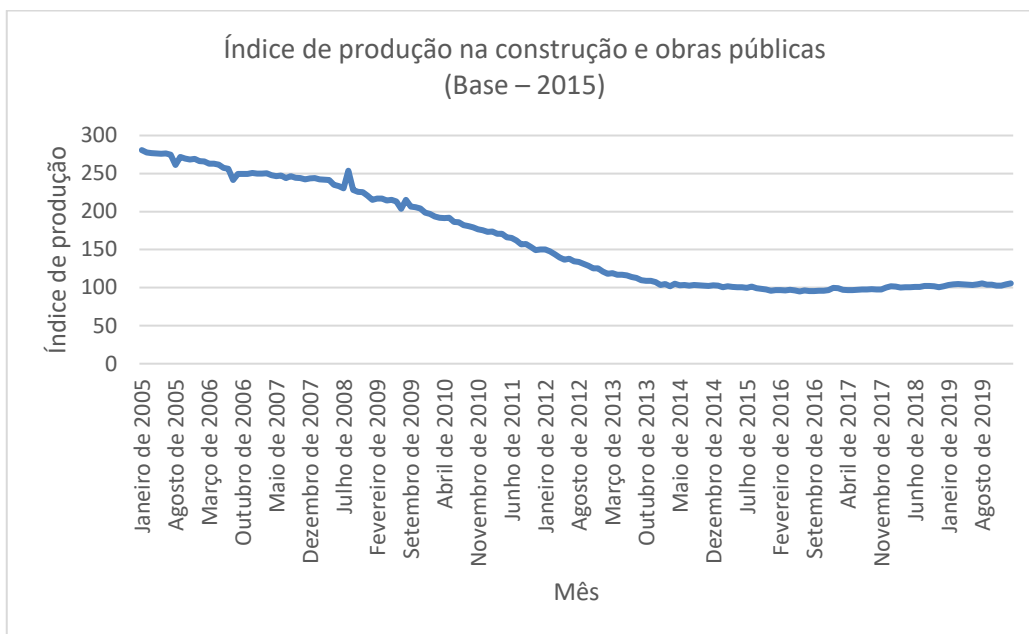


Figura 37. Índice de produção na construção e obras públicas - ajustado de efeitos de calendário e de sazonalidade (Base – 2015) (Fonte: Instituto Nacional de Estatística, 2020a).

ANEXO B – ÍNDICE DE HORAS TRABALHADAS



Figura 38. Índices de horas trabalhadas na construção e obras públicas – ajustado de efeitos de calendário (Base - 2015) (Fonte: Instituto Nacional de Estatística, 2020b).

ANEXO C – FATORES DE PRODUTIVIDADE

Tabela 13. Fatores de produtividade.

Fatores de Produtividade	Referências	Contexto	Grau de Importância (RII)
Capacidade de construção	(Javed et al., 2018)	Planeamento de Projetos	0,9
Colaboração entre trabalhadores	(Javed et al., 2018)	Planeamento de Projetos	0,9
Planeamento de projetos	(Javed et al., 2018)	Planeamento de Projetos	0,89
Coordenação das equipas	(Javed et al., 2018)	Gestão de Projetos	0,89
Supervisão dos projetos	(Javed et al., 2018)	Gestão de Projetos	0,88
Planeamento da produção	(Javed et al., 2018)	Sistema Produtivo	0,84
Formações por parte da empresa	(Javed et al., 2018)	Sistema Produtivo	0,86
Planeamento de projetos	(Naoum, 2016)	Planeamento de Projetos	0,835
Variabilidade do sistema produtivo	(Naoum, 2016)	Planeamento de Projetos	0,825
Comunicação entre setores	(Naoum, 2016)	Cultura Organizacional	0,825
Ambiente de trabalho	(Naoum, 2016)	Cultura Organizacional	0,82
Desempenho dos trabalhadores	(Naoum, 2016)	Cultura Organizacional	0,82
Capacidade de construção	(Naoum, 2016)	Planeamento de Projetos	0,815
Liderança	(Naoum, 2016)	Gestão de Projetos	0,81
Compras de materiais	(Naoum, 2016)	Gestão de Compras	0,805
Sistema de informação para suporte dos projetos	(Naoum, 2016)	Sistema Produtivo	0,805
Gestão dos materiais na produção	(Naoum, 2016)	Sistema Produtivo	0,805
Colaboração entre equipas	(Naoum, 2016)	Cultura Organizacional	0,8

Experiência e Formação dos trabalhadores	(Naoum, 2016)	Cultura Organizacional	0,8
Controlo da produção	(Naoum, 2016)	Sistema Produtivo	0,795
Coordenação das equipas	(Naoum, 2016)	Gestão de Projetos	0,795
Planeamento da produção	(Naoum, 2016)	Sistema Produtivo	0,78
Supervisão dos projetos	(Naoum, 2016)	Gestão de Projetos	0,775
Liderança	(Kazaz et al., 2008)	Gestão de Projetos	4,53
Compras de materiais	(Kazaz et al., 2008)	Gestão de Compras	4,5
Planeamento da produção	(Kazaz et al., 2008)	Sistema Produtivo	4,4
Supervisão dos projetos	(Kazaz et al., 2008)	Gestão de Projetos	4,2
Layout da fábrica	(Kazaz et al., 2008)	Sistema Produtivo	4,18
Pagamentos dos clientes	(Kazaz et al., 2008)	Gestão Financeira	4,41
Investimento para o projeto	(Kazaz et al., 2008)	Gestão Financeira	4,13
Coordenação das equipas	(Kazaz et al., 2008)	Gestão de Projetos	4,04
Disciplina de trabalho	(Kazaz et al., 2008)	Cultura Organizacional	4,17
Experiência e Formação dos trabalhadores	(Kazaz et al., 2008)	Cultura Organizacional	4,06
Compras de materiais	(Thomas e Sudhakumar, 2015)	Gestão de Compras	0,9
Coordenação das equipas	(Thomas e Sudhakumar, 2015)	Gestão de Projetos	0,73
Planeamento de projetos	(Thomas e Sudhakumar, 2015)	Planeamento de projetos	0,7
Liderança	(Thomas e Sudhakumar, 2015)	Gestão de Projetos	0,6
Experiência e Formação dos trabalhadores	(Thomas e Sudhakumar, 2015)	Cultura Organizacional	0,65
Compras de materiais	(Soekiman et al., 2011)	Gestão de Compras	4,22
Coordenação das equipas	(Soekiman et al., 2011)	Gestão de Projetos	4,06

Investimento para o projeto	(Soekiman et al., 2011)	Gestão Financeira	4,03
Supervisão dos projetos	(Soekiman et al., 2011)	Gestão de Projetos	3,86
Sobrecarga dos trabalhadores	(Soekiman et al., 2011)	Sistema Produtivo	3,7619
Sobrecarga dos trabalhadores	(Shoar e Banaitis, 2018)	Sistema Produtivo	0,95
Pagamento de salários	(Shoar e Banaitis, 2018)	Gestão Financeira	0,9
Coordenação das equipas	(Shoar e Banaitis, 2018)	Gestão de Projetos	0,85
Investimento para o projeto	(Shoar e Banaitis, 2018)	Gestão Financeira	0,8
Experiência e Formação dos trabalhadores	(Shoar e Banaitis, 2018)	Cultura Organizacional	0,75
Liderança	(Shoar e Banaitis, 2018)	Gestão de Projetos	0,75
Formações por parte da empresa	(Shoar e Banaitis, 2018)	Sistema Produtivo	0,7
Motivação dos trabalhadores	(Shoar e Banaitis, 2018)	Cultura Organizacional	0,7
Supervisão dos projetos	(Shoar e Banaitis, 2018)	Gestão dos Projetos	0,65
Comunicação entre setores	(Shoar e Banaitis, 2018)	Cultura Organizacional	0,6

ANEXO D – CONSTRANGIMENTOS DE PRODUTIVIDADE

Tabela 14. Constrangimentos de produtividade.

Constrangimentos de Produtividade	Referências	Contexto	Grau de Importância (RII)
Projeto incompleto	(Javed et al., 2018)	Planejamento de Projetos	0,85
Problemas por falta de comunicação entre a produção e a gestão	(Javed et al., 2018)	Gestão de Projetos	0,87
Falta de otimização dos processos de construção	(Javed et al., 2018)	Gestão de Projetos	0,84
Instruções pouco claras fornecidas aos trabalhadores	(Javed et al., 2018)	Gestão de Projetos	0,8
Falta de mão-de-obra qualificada	(Javed et al., 2018)	Sistema Produtivo	0,87
Falta de recursos	(Elizar et al., 2015)	Gestão de Projetos	0,6368
Tecnologia desatualizada	(Elizar et al., 2015)	Gestão de Projetos	0,6083
Cultura organizacional pouco presente	(Elizar et al., 2015)	Cultura Organizacional	0,4968
Falta de recursos humanos	(Elizar et al., 2015)	Cultura Organizacional	0,4807
Pouca formação dos trabalhadores	(Elizar et al., 2015)	Cultura Organizacional	0,457
Inexistência de um sistema de gestão de resíduos	(Elizar et al., 2015)	Gestão de Projetos	0,744
Sistema de armazenamento de dados desatualizado	(Elizar et al., 2015)	Gestão de Projetos	0,618
Falta de melhoria contínua	(Elizar et al., 2015)	Cultura Organizacional	0,553

ANEXO E – BENEFÍCIOS DA CM EM DETRIMENTO DA CT

Tabela 15. Benefícios da CM em detrimento da CT.

Benefícios da CM
<p>No contexto do <u>Calendário de entrega</u>:</p> <p style="text-align: center;">Para Figueiredo (2016):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A montagem de uma casa e a preparação do terreno podem ser realizadas em simultâneo; 2. Os atrasos provocados por fatores climáticos são reduzidos. <p style="text-align: center;">Para Kamali e Hewage (2016):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Os atrasos provocados por vandalismo e roubo no local são reduzidos; 2. Redução do período de construção de uma casa em 40%; 3. O tempo necessário para a construção de uma casa modular é de 4 meses, na CT é 14 meses; 4. São requeridos 10 meses para a conceção, engenharia e licenciamento de um projecto modular, na CT requer-se 21 meses; 5. O tempo economizado reduz o custo final de um projecto de CM. <p style="text-align: center;">Para Ferdous et al. (2019):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Redução do período de construção entre 50 a 60%.
<p>No contexto dos <u>Custos de projetos</u>:</p> <p style="text-align: center;">Para Ferdous et al. (2019):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Obtenção de 10% de poupanças no custo global de um projeto e até 25% de poupanças no custos de mão-de-obra no local; 2. Materiais podem ser encomendados em grandes volumes ou por obra. <p style="text-align: center;">Para Kamali e Hewage (2016):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Normalização dos projetos e dos módulos; 2. Elevado nível de eficiência energética; 3. Maior eficiência na instalação das casas modulares.

No contexto da Segurança no local de trabalho:

Para Kamali e Hewage (2016):

1. A segurança na CM é superior;
2. Os acidentes no local de trabalho, os trabalhos em alturas elevadas, o congestionamento, as condições meteorológicas mais severas, as atividades que apresentam perigo e as operações de construção vizinhas podem ser reduzidas ou evitadas;

Para (Ferdous et al., 2019):

1. Os acidentes no trabalho podem ser reduzidos em 80%, assim como a diminuição de danos à saúde em 6,6%.

No contexto da Qualidade do produto:

Para (Figueiredo, 2016):

1. É possível atingir uma qualidade superior dentro da CM;
2. Maior nível de controlo das operações e mais operações repetitivas.

Para (Kamali e Hewage, 2016):

1. As operações passam a ser mais fáceis, padronizadas, repetitivas e seguras;
2. Maior número de maquinaria automatizada;
3. Nível mais elevado da qualidade dos produtos finais;
4. Utilização de materiais de alta qualidade que sejam duráveis, leves e resistentes às intempéries;
5. Redução da exposição do material da casa modular em construção sobre condições de mau tempo levando a uma melhor qualidade da construção acabada.

Para (Moghadam, 2014):

1. Controlo da qualidade centra-se tanto no processo como no produto.

No contexto do Trabalho e produtividade:

Para (Kamali e Hewage, 2016):

1. Diminuição do número de operários no local;
2. Diminuição da sobrecarga dos trabalhadores no local de construção;
3. A produtividade é superior em projetos de CM;

4. Operações altamente organizadas, uma melhor capacidade de supervisão, intervalos de tempo reduzido entre diferentes ofícios, estabilidade da mão-de-obra na indústria modular;

5. Continuidade da construção sem interdependências entre atividades.

Para (Figueiredo, 2016):

1. É possível alcançar grandes melhorias na produtividade.

Para (Moghadam, 2014):

1. É possível alcançar grandes melhorias na produtividade;

2. Oportunidade de dividir as tarefas de construção em pequenos pacotes de trabalho com recursos definidos.

No contexto do Desempenho ambiental:

Para (Moghadam, 2014):

1. O controlo e a redução de resíduos são mais fáceis.

Para (Kamali e Hewage, 2016):

1. Controlar, reutilizar, reciclar e eliminar resíduos é mais fácil;

2. No final do ciclo de vida das casas modulares os módulos podem ser desmontados, relocados ou renovados de modo a serem utilizados noutros projetos;

3. A CM apresenta uma menor criação de perturbações no local de construção.

Para (Ferdous et al., 2019):

1. Redução dos resíduos em 52 a 70%, das movimentações dos veículos de entrega até 70% e do ruído e perturbações em 30 a 50%, em relação à CT;

2. Redução dos recursos materiais em 36%, de danos provocados ao ecossistema em 3,5%, da energia consumida em 20%, e da utilização de madeiras e água em 71% e 22%, respectivamente.

APÊNDICE A – TAREFAS E FUNÇÕES DO SISTEMA PRODUTIVO

Tabela 16. Tarefas e funções do sistema produtivo

Tarefa 1: Preparação de Ferro	Setor responsável: Serralharia de Ferro
<p>Funções:</p> <p>1.1. Corte</p> <p>1.2. Furação</p> <p>1.3. Solda</p>	<p>Notas:</p> <p>A galvanização do aço é realizada por uma empresa exterior.</p>
Tarefa 2: Montagem do Chassi	Setor responsável: Alvoramento
<p>Funções:</p> <p>2.1. Repassar/ Montar</p> <p>2.2. Nivelar/ Colar Aro</p> <p>2.3. Calhas (Cortar, Limpar, Pintar, Soldar, Rebarbar)</p> <p>2.4. Cortar Paineis para o chão</p> <p>2.5. Aplicação de Painel e malha-Sol</p> <p>2.6. Colocação do Betão</p>	<p>Notas:</p>
Tarefa 3: Alvoramento	Setor responsável: Alvoramento
<p>Funções:</p> <p>3.1. Furação de chassis e calhas</p> <p>3.2. Medir sacadas</p> <p>3.3. Corte de painel</p> <p>3.4. Paredes</p> <p>3.5. Abertura das janelas e respiros</p> <p>3.6. Estrutura das paredes</p> <p>3.7. Teto</p>	<p>Notas:</p>

Tarefa 4: Chapeamento	Setor responsável: Chapeamento e Divisões
<p>Funções:</p> <p>4.1. Ripar</p> <p>4.2. Divisões</p> <p>4.3. Isolar</p> <p>4.4. Chapear</p> <p>4.5. Vedar</p>	<p>Notas:</p> <p>A partir do ponto 4.4 o Setor Águas e Eletricidade efetua a pré-instalação do circuito elétrico e de canalização.</p>
Tarefa 5: Eletricidade e Canalização	Setor responsável: Águas e Eletricidade
<p>Funções:</p> <p>5.1. Eletricidade</p> <p>5.2. Canalização</p> <p>5.3. Aplicação de louça/ móveis</p>	<p>Notas:</p> <p>A função 5.3 só pode ser realizada após a conclusão da função 8.7.</p>
Tarefa 6: Telhado	<p>Setores responsáveis:</p> <p>Serralharia de Ferro (6.1. e 6.4.)</p> <p>Chapeamento e Divisões (6.2. e 6.3.)</p>
<p>Funções:</p> <p>6.1. Estrutura do telhado</p> <p>6.2. Telhado</p> <p>6.3. Telha, remates e vedações</p> <p>6.4. Caleiras</p>	<p>Notas:</p>
Tarefa 7: Pala	Setor responsável: Serralharia de Ferro
<p>Funções:</p> <p>7.1. Fabrico da pala</p> <p>7.2. Aplicação da pala</p>	<p>Notas:</p> <p>Esta tarefa é opcional.</p>

<p align="center">Tarefa 8: Acabamentos</p>	<p align="center">Setores responsáveis: Acabamentos Serralharia de Ferro (8.8 e 8.9)</p>
<p align="center">Funções:</p> <p>8.1. Juntas, massas dos buracos, rede 8.2. Aplicação da pala 8.3. Rolada de membrana 8.4. Massa grossa 8.5. Aplicação de cerâmicas no chão 8.6. Aplicação de cerâmicas nas paredes 8.7. Terraços 8.8. Saias</p>	<p align="center">Notas:</p> <p>A função 8.1 pode ser realizada após a finalização da função 3.5. Também é possível efetuar a função 8.2 a seguir à função 4.5. As funções 8.8. e 8.9. são executadas pelo setor de Serralharia de Ferro com a ajuda adicional do setor de Chapeamento/ Divisão ou pelo setor de Acabamentos.</p>
<p align="center">Tarefa 9: Alumínios</p>	<p align="center">Setor responsável: Serralharia de Alumínios</p>
<p align="center">Funções:</p> <p>9.1. Fabricação de Alumínios 9.2. Aplicação de Alumínios</p>	<p align="center">Notas:</p> <p>É possível realizar a função 9.1 após a finalização da função 3.5.</p>
<p align="center">Tarefa 10: Carpintaria</p>	<p align="center">Setor responsável: Carpintaria</p>
<p align="center">Funções:</p> <p>10.1. Fabrico roupeiro 10.2. Montagem de roupeiro 10.3. Fabrico de porta 10.4. Montagem da porta 10.5. Fabrico de aros 10.6. Montagem de aros 10.7. Fabrico de rodapé 10.8. Montagem de rodapé 10.9. Fabrico de móveis/ armários 10.10. Montagem de móveis/ armários 10.11. Aplicação de flutuante</p>	<p align="center">Notas:</p> <p>A tarefa de Carpintaria é adaptável em maior parte do processo produtivo, sendo possível executar certas funções presentes na mesma sem que exista uma dependência total com outras tarefas ou funções precedentes. Algumas funções no mesmo setor são opcionais, condicionadas pelas exigências dos clientes.</p>

