



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE RUSSAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

IKARO PINHEIRO

**AVALIAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS
METÁLICAS PRÉ-FABRICADAS: UM ESTUDO DE CASO**

RUSSAS

2026

IKARO PINHEIRO

AVALIAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS
METÁLICAS PRÉ-FABRICADAS: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal do Ceará – Campus
Russas, como requisito parcial à obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Jerfson Moura Lima.

RUSSAS

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P719a Pinheiro, Ikaro.
Avaliação do planejamento e controle da produção de estruturas metálicas pré-fabricadas : um estudo de caso / Ikaro Pinheiro. – 2026.
121 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Engenharia Civil, Russas, 2026.
Orientação: Prof. Dr. Jerfson Moura Lima.

1. MULTIDISCIPLINARES. 2. EDUCAÇÃO. 3. CIÊNCIAS EXATAS. I. Título.

CDD 620

IKARO PINHEIRO

AVALIAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS
METÁLICAS PRÉ-FABRICADAS: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal do Ceará – Campus
Russas, como requisito parcial à obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 21/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jerfson Moura Lima (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Kéren Pereira Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng(a). Lívia Cristina Lopes Sousa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Edmilson e Fátima.

A minhas tias, Jacinta e Vera.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, a qual sempre nutriu o desejo de me ver formado, proporcionando-me forças para chegar aonde cheguei. Agradeço também às minhas tias Jacinta e Vera, as quais sempre me apoiaram e incentivaram, bem como a esta universidade e ao corpo docente que me impulsionaram a atingir meus objetivos.

Ao Prof. Dr. Jerfson Moura Lima, pela fundamental orientação, críticas e sugestões recebidas.

Aos professores participantes da banca examinadora Kéren Pereira Lima e Lívia Cristina Lopes Sousa pelo tempo, colaborações e sugestões dadas.

“Tudo o que se planeja deve ter seus resultados controlados.”

(Lustosa *et al.*, 2008).

RESUMO

As empresas fabricantes de estruturas metálicas pré-fabricadas atuam em um ambiente produtivo caracterizado pela elevada interdependência entre engenharia, planejamento e fabricação, o que torna o Planejamento e Controle da Produção (PCP) um elemento central para o desempenho operacional. Nesse contexto, a ausência de integração entre essas etapas pode comprometer a previsibilidade e a eficiência da produção, independentemente da tipologia estrutural ou do grau de complexidade das peças. Diante disso, este estudo buscou responder à seguinte problemática: como a ausência de integração entre planejamento e execução, decorrente da inexistência de um PCP estruturado, afeta o desempenho produtivo de uma empresa de fabricação de estruturas metálicas pré-fabricadas? O objetivo geral do trabalho consistiu em avaliar criticamente o PCP aplicado à fabricação de estruturas metálicas pré-fabricadas, com base na análise do desempenho produtivo por meio da Curva S. Com os objetivos específicos, buscou-se caracterizar a empresa estudada, mapear seus processos produtivos, mensurar o desempenho da produção e identificar fatores associados aos desvios entre o planejado e o executado. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratório-descritiva e retrospectiva, com abordagem quantitativa, desenvolvida por meio de um estudo de caso em uma empresa metalúrgica localizada no estado do Ceará. Foram analisados seis projetos de estruturas metálicas executados entre setembro de 2021 e abril de 2022, a partir de dados de planejamento, produção e expedição. A metodologia envolveu observação direta, análise documental e a construção das Curvas S, permitindo a comparação entre os valores planejados e executados em termos de peso acumulado, cujos dados consolidados encontram-se apresentados no Apêndice C. Os resultados evidenciaram desvios recorrentes entre o planejado e o executado em todos os projetos, indicando desempenho produtivo inferior ao previsto, sem predominância de influência da tipologia estrutural ou da complexidade das peças. De forma qualitativa, conclui-se que o baixo desempenho produtivo está associado, principalmente, à ausência de integração entre engenharia, planejamento e execução, decorrente da inexistência de um PCP estruturado, o que compromete a previsibilidade e a eficiência da produção.

Palavras-chave: planejamento e controle da produção (PCP); desempenho produtivo; indústria metalúrgica; estruturas metálicas pré-fabricadas; curva S.

ABSTRACT

Companies that manufacture prefabricated steel structures operate in a production environment characterized by a high level of interdependence among engineering, planning, and manufacturing, which makes production planning and control a central element for operational performance. In this context, the lack of integration among these stages may compromise production predictability and efficiency, regardless of the structural typology or the degree of complexity of the components. Accordingly, this study sought to address the following research problem: how does the lack of integration between planning and execution, resulting from the absence of a structured production planning and control system, affect the productive performance of a company that manufactures prefabricated steel structures? The main objective of this study was to critically evaluate the Production Planning and Control applied to the manufacturing of prefabricated steel structures, based on the analysis of productive performance through the S-curve. The specific objectives were to characterize the company under study, map its production processes, measure production performance, and identify factors associated with deviations between planned and executed values. This research is classified as applied, exploratory-descriptive, and retrospective, with a quantitative approach, and was developed through a case study conducted in a metallurgical company located in the state of Ceará, Brazil. Six prefabricated steel structure projects executed between September 2021 and April 2022 were analyzed, using planning, production, and dispatch data. The methodology involved direct observation, documentary analysis, and the construction of S-curves, enabling a comparison between planned and executed values in terms of cumulative weight; the consolidated data are presented in Appendix C. The results revealed recurring deviations between planned and executed values in all analyzed projects, indicating productive performance below expectations, with no predominant influence of structural typology or component complexity. From a qualitative perspective, it is concluded that low productive performance is mainly associated with the lack of integration among engineering, planning, and execution stages, resulting from the absence of a structured production planning and control system, which compromises production predictability and efficiency.

Keywords: Production Planning and Control (PCP); productive performance; metallurgical industry; prefabricated steel structures; S-curve.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Classificação do tipo de operação quanto ao fluxo dos processos	25
Figura 2	– Tipos de processos e suas características sob a relação volume/variedade, tarefas de processo e fluxo de processo.....	26
Figura 3	– Modelo conceitual de sistemas de produção e estruturas de operações	31
Figura 4	– Grau de pureza entre bens e serviços, conforme natureza do negócio	34
Figura 5	– Níveis de desempenho da produção	35
Figura 6	– Medidas de desempenho da produção sob o nível operacional	36
Figura 7	– PCP e seu fluxo de informações.....	40
Figura 8	– Prazos, atividades e objetivos para a tomada de decisão das empresas	41
Figura 9	– Processo de desagregação de dados em cada horizonte de planejamento	43
Figura 10	– Modelo de processo da estratégia de produção de quatro estágios	44
Figura 11	– Modelo conceitual do planejamento e controle de produção	45
Figura 12	– Modelo de processos para planejar e controlar a produção	46
Figura 13	– Níveis hierárquicos do planejamento da produção: macro, intermediário e micro	47
Figura 14	– Sistemas MRP, MRPII e ERP	50
Figura 15	– Modelo de “diamante” para diferenciar projetos	53
Figura 16	– Estágios da gestão de projetos	55
Figura 17	– Fluxograma metodológico	64
Figura 18	– Organograma da estrutura hierárquica da sede	73
Figura 19	– Organograma da estrutura hierárquica da fábrica	74
Figura 20	– Organograma do processo documental do projeto	75
Figura 21	– Organograma do processo de fabricação do projeto	76
Figura 22	– Organograma do processo de qualidade do projeto	77
Figura 23	– Notação e Modelagem do Processo de Negócio	78
Figura 24	– Projeto Corpo de Bombeiros: desempenho de produção	81
Figura 25	– Projeto Ponte: desempenho de produção	82
Figura 26	– Projeto Ginásio Poliesportivo: desempenho de produção	83
Figura 27	– Projeto Estação de trem: desempenho de produção	85
Figura 28	– Projeto Escola: desempenho de produção	86

Figura 29 – Projeto Shopping; desempenho de produção	88
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Classificação dos sistemas de produção	23
Quadro 2	– Diferenças e características quanto ao grau de padronização dos produtos	24
Quadro 3	– Principais tipos de sistemas de produção	28
Quadro 4	– Classificação dos sistemas de produção baseada no ambiente de produção	29
Quadro 5	– Classificação dos sistemas de produção de acordo com arranjo gerencial	30
Quadro 6	– Diferenças entre bens e serviços	33
Quadro 7	– Principais atividades e funções do PCP	39
Quadro 8	– Atividades do CPC segundo os horizontes de planejamento	42
Quadro 9	– Hierarquia do processo de planejamento de produção de acordo com os prazos	42
Quadro 10	– Níveis de novidade do projeto	54
Quadro 11	– Etapas do processo de fabricação de estruturas metálicas	58
Quadro 12	– Normas Brasileiras Regulamentadoras da ABNT sobre fabricação de estruturas metálicas	59
Quadro 13	– Caracterização dos projetos analisados no estudo de caso	61
Quadro 14	– Síntese da abordagem metodológica do estudo	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Projeto Corpo de Bombeiros: Resumo comparativo de controle até a data 30/03/2022	81
Tabela 2	– Projeto Ponte: Resumo comparativo de controle até a data 27/11/21	82
Tabela 3	– Projeto Ginásio Poliesportivo: Resumo comparativo de controle até a data 05/04/2022	83
Tabela 4	– Projeto Estação de Trem: Resumo comparativo de controle até a data 05/04/2022	84
Tabela 5	– Projeto Escola: Resumo comparativo de controle até a data 06/04/2022	86
Tabela 6	– Projeto Shopping: Resumo comparativo de controle até a data 05/03/2022.....	87
Tabela 7	– Dados do Projeto Corpo de Bombeiros	100
Tabela 8	– Dados do Projeto Ponte	104
Tabela 9	– Dados do Projeto Ginásio Poliesportivo	106
Tabela 10	– Dados do Projeto Estação de trem	110
Tabela 11	– Dados do Projeto Escola	113
Tabela 12	– Dados do Projeto Shopping	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APS	<i>Advanced Planning Scheduling</i>
AISC	<i>American Institute of Steel Construction;</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
ATO	<i>Assembly to order</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
CRP	<i>Capacity Requirements Planning</i>
DIN	<i>Deutsch Industrie Norm</i>
DVD	<i>Digital Versatile Disc</i>
ETO	<i>Engineering to order</i>
ERP	<i>Enterprise Resources Planning</i>
ECO	Estoque cliente operação
EFO	Estoque, fila e operação
EOE	Fabricação de estoque para estoque
DOE	Fabricação para estoque sem estoque de insumos
DOC	Fabricação por encomenda pura
EOC	Fabricação sob encomenda, com estoque de insumos
GPO	Gestão da produção e operações
GQ	Gestão da Qualidade
GE	Gestão de Estoques
GC	Gestão do Conhecimento
DFO	Insumo específico, fila e operação
JIT	<i>Just in Time</i>
LGE	Logística e Gestão de Estoques
MTO	<i>Make to order</i>
MTS	<i>Make to stock</i>
PIMs/MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i>
MRP II	<i>Manufacturing Resources Planning</i>
MPS	<i>Master Production Scheduling</i>
MRP	<i>Materials Requirement Planning</i>
NB	Norma Brasileira

PCP	Planejamento e Controle da Produção
MPS	Plano-mestre da produção
ROP	<i>Reorder Point</i>
RRP	<i>Resource Requirement Planning</i>
RCCP	<i>Rough Cut Capacity Planning</i>
S&OP	<i>Sales and Operations Planning</i>
SFC	<i>Shop Floor Control</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

®	Marca registrada
m ²	Metros cuadrados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Motivação	16
1.2	Objetivos	17
1.3	Estrutura do trabalho	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	Gestão da produção e operações	21
2.2	Classificação dos sistemas de produção	22
2.2.1	<i>Classificação baseada no grau de padronização</i>	24
2.2.2	<i>Classificação baseada no tipo de operação</i>	25
2.2.3	<i>Classificação baseada no ambiente de produção</i>	29
2.2.4	<i>Classificação baseada na natureza do produto</i>	33
2.3	Desempenho da produção	34
2.4	Planejamento e Controle da Produção	37
2.4.1	<i>Conceito de PCP</i>	38
2.4.2	<i>Evolução do PCP</i>	48
2.5	Gerenciamento de projetos	52
2.5.1	<i>Estágios da gestão de projetos</i>	54
2.6	Estruturas metálicas pré-fabricadas para a construção	56
2.6.1	<i>Processo de fabricação de estruturas metálicas</i>	57
2.6.2	<i>Normas vigentes sobre atividades de fabricação de estruturas metálicas</i>	59
3	METODOLOGIA	61
3.1	Natureza e enfoque da pesquisa	62
3.2	Técnicas de coleta de dados e instrumentos utilizados	63
3.3	Construção da Curva S, análise e tratamento dos dados	65
4	ESTUDO DE CASO	68
4.1	Diário de campo do pesquisador	69
4.1.1	<i>Organograma da sede da empresa de estruturas metálicas</i>	72
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
5.1	Projetos não planejados	80
5.2	Projetos planejados	82
6	CONCLUSÃO	90

6.1	Trabalhos futuros	90
	REFERÊNCIAS	93
	APÊNDICE A – ORGANOGRAMA DA ESTRUTURA HIERÁRQUICA	
	DA EMPRESA	98
	APÊNDICE B – ORGANOGRAMA DO PROJETO	99
	APÊNDICE C – TABELA DOS DADOS DOS GRÁFICO	100

1 INTRODUÇÃO

As empresas fabricantes de estruturas metálicas pré-fabricadas desempenham um papel estratégico no setor da construção civil. Elas produzem elementos estruturais em aço ou alumínio, como vigas, colunas, treliças e painéis, os quais são projetados e fabricados antes de serem transportados e montados no local da obra. Diante desse contexto, entende-se que esse tipo de indústria requer uma gestão integrada e eficaz de todos os estágios do processo produtivo.

O Planejamento e Controle da Produção (PCP), introduzido por Frederick Winslow Taylor, Henri Fayol, Frank Bunker Gilbreth e Henry Gantt, entre outros estudiosos, apresenta-se como uma forma de instrumento de apoio à gestão empresarial, inclusive aquelas que atuam no setor de estruturas metálicas pré-fabricadas, a obterem eficiência e competitividade, uma vez que essa área envolve uma cooperação de recursos, processos e atividades que visam garantir a produção de produtos e serviços conforme as necessidades dos clientes (Lustosa *et al.*, 2008).

Sabe-se que o principal foco de qualquer organização é otimizar os lucros e diminuir os custos. Para atingir tais metas, torna-se essencial implementar um controle eficaz dos procedimentos e avaliar sua eficiência. Essa busca por aprimoramentos tem, portanto, impulsionado as empresas a ajustarem suas estratégias de produção visando obter vantagens competitivas, destacando a flexibilidade como um elemento estratégico crucial na conjuntura atual. O PCP surge, assim, como um método de gestão empresarial voltado à obtenção desses resultados.

Embora algumas empresas do setor da construção civil já adotem práticas de gestão da produção e qualidade, ainda há oportunidades de melhoria no planejamento e controle da produção de estruturas metálicas pré-fabricadas, especialmente em relação à redução de desperdícios e custos (Cunha; Palha, 2020; Sabino; Loos, 2021). Sob essa perspectiva, a problemática desta pesquisa reside na necessidade de compreender como as empresas do setor de estruturas metálicas pré-fabricadas podem otimizar a forma como estruturam e monitoram suas operações produtivas, de modo a minimizar custos, elevar a eficiência operacional e atender às exigências do mercado com maior agilidade. Surge, assim, a pergunta norteadora desta pesquisa: como a ausência do PCP pode afetar a produção de uma empresa de fabricação de estruturas metálicas pré-fabricadas?

Dessa forma, o estudo intitulado “Avaliação do Planejamento e Controle da Produção de Estruturas Metálicas Pré-Fabricadas: Um Estudo de Caso” busca, por meio da análise de uma empresa metalúrgica especializada na fabricação de estruturas metálicas pré-

fabricadas em aço, identificar e avaliar ferramentas de planejamento e controle da produção, ressaltando a importância do PCP como elemento fundamental para assegurar a organização, a previsibilidade e a eficiência do processo produtivo, com o objetivo de propor soluções que promovam o aprimoramento permanente das rotinas operacionais e reforcem a competitividade das empresas atuantes nesse segmento.

1.1 Motivação

O setor metalúrgico desempenha papel estratégico na cadeia produtiva da construção civil, em razão de sua capacidade de oferecer soluções industrializadas com elevado potencial de racionalização, rapidez de execução e redução de desperdícios. Ainda assim, observa-se que muitas empresas do setor apresentam fragilidades na gestão do Planejamento e Controle da Produção (PCP), comprometendo o desempenho global dos processos produtivos.

No contexto da construção civil industrializada, especialmente em empreendimentos que utilizam estruturas metálicas, a fabricação do sistema estrutural pode representar entre 30% e 60% do custo total da obra, a depender da tipologia e do grau de industrialização adotado. Nesse cenário, o PCP assume papel central, uma vez que, conforme destacam Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) e Tubino (2017), desvios percentuais no planejamento e no controle da produção tendem a gerar impactos amplificados em custos, prazos e níveis de retrabalho, sobretudo em sistemas produtivos com elevada interdependência entre etapas.

Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), a ausência de um sistema estruturado de PCP gera desequilíbrios entre demanda e capacidade produtiva, resultando em atrasos, retrabalhos, estoques excessivos ou falta de materiais, além da elevação dos custos operacionais. Essas fragilidades tornam-se ainda mais críticas diante da variabilidade dos projetos e da necessidade de coordenação entre etapas produtivas como corte, armação, solda, pintura e expedição.

Corrêa e Corrêa (2012) ressaltam que organizações sem planejamento estruturado tendem a adotar decisões reativas, o que compromete a previsibilidade e dificulta o cumprimento de prazos contratuais. Essa condição é recorrente em ambientes Engineer-to-Order (ETO), típicos da fabricação de estruturas metálicas, caracterizados por elevado grau de customização. A falta de integração entre engenharia, produção e logística, conforme Tubino (2017), intensifica gargalos produtivos e reduz a produtividade.

Com isto, a motivação empírica deste estudo fundamenta-se na análise de seis projetos reais de estruturas metálicas pré-fabricadas, nos quais foram identificadas diferenças mensuráveis entre os volumes planejados e os volumes efetivamente executados ao longo do tempo. A recorrência desses desvios evidencia fragilidades no acompanhamento sistemático da produção e na utilização de instrumentos quantitativos de controle.

Do ponto de vista econômico e social, tais deficiências elevam custos diretos e indiretos, reduzem margens de lucro e comprometem a sustentabilidade financeira das empresas, além de impactarem cronogramas de obras, a geração de empregos e a eficiência dos investimentos públicos e privados (Cunha e Palha, 2020). Ademais, a ineficiência produtiva contraria princípios de produção sustentável e responsável, amplamente discutidos na engenharia contemporânea.

Nesse contexto, a motivação deste estudo também se apoia nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), com destaque para o ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis e o ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura. O ODS 12 propõe “alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais” (ONU, 2015, p. 22), enquanto o ODS 9 incentiva sistemas produtivos modernos e inovadores, diretamente relacionados às práticas de Planejamento e Controle da Produção no setor metalmeccânico.

Sob essa perspectiva, este trabalho justifica-se pela necessidade de ampliar estudos aplicados sobre o desempenho produtivo no setor metalúrgico. Para isto, a utilização da Curva S como ferramenta de análise permite quantificar desvios entre o planejado e o executado, fornecendo subsídios técnicos para a avaliação da eficiência operacional (Heinen, 2013; Nascimento e Nascimento, 2015).

Assim, o presente estudo apresenta relevância prática, social e acadêmica, ao contribuir para a melhoria dos processos produtivos, para a eficiência da cadeia da construção civil e para o avanço de estudos aplicados em PCP no contexto da engenharia civil e do setor metalmeccânico.

1.2 Objetivos

O objetivo geral:

- Avaliar criticamente o Planejamento e Controle da Produção (PCP) aplicado à fabricação de estruturas metálicas pré-fabricadas, com base na análise do desempenho produtivo por meio da Curva S e no mapeamento dos

processos, visando contribuir para a melhoria da eficiência e da previsibilidade da produção.

Para alcançar esse objetivo, o estudo contempla, de forma integrada, os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar a empresa quanto ao seu tipo e aos serviços ofertados;
- Mapear e representar o processo produtivo da empresa por meio de organogramas e da Notação e Modelagem de Processos de Negócio, de modo a evidenciar a estrutura organizacional, a integração entre os setores, o fluxo das atividades e o suporte dessas ferramentas ao Planejamento e Controle da Produção (PCP).
- Aprimorar o processo de planejamento e controle da produção de estruturas metálicas pré-fabricadas para a construção;
- Medir o desempenho da produção a partir da Curva S, agregação acumulada do progresso (evolução da produção ao longo do tempo);
- Identificar os fatores que podem atrasar a produção de estruturas metálicas pré-fabricadas para a construção.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho encontra-se dividido em seis capítulos. A presente introdução apresenta a delimitação do tema, o problema de pesquisa, a justificativa, os objetivos e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 segue a fundamentação teórica, a fim de dar embasamento sobre o tema estudado, sendo subdividido em seis subtópicos: contextualização sobre gestão da produção; classificação dos sistemas de produção; desempenho da produção, planejamento e controle da produção (PCP); gerenciamento de projetos; estruturas metálicas pré-fabricadas para a construção.

No Capítulo 3 é apresentada a metodologia adotada para o desenvolvimento do estudo, descrevendo-se a natureza e o enfoque da pesquisa, bem como os procedimentos técnicos, os instrumentos utilizados para a coleta de dados e os métodos empregados para a análise das informações, com destaque para a construção e utilização da Curva S como ferramenta de avaliação do desempenho produtivo.

No Capítulo 4 apresenta-se o objeto de estudo da pesquisa, contemplando a caracterização da empresa metalúrgica analisada, sua estrutura organizacional, o ambiente

produtivo e os processos envolvidos na fabricação das estruturas metálicas pré-fabricadas, além do registro das observações realizadas durante o acompanhamento das atividades operacionais.

No Capítulo 5 são apresentados e analisados os resultados obtidos a partir da aplicação da Curva S para avaliação do desempenho de produtividade, incluindo a comparação entre os valores planejados e executados, a identificação de desvios e gargalos produtivos, bem como a discussão dos resultados à luz do referencial teórico adotado.

Por conseguinte, o Capítulo 6 apresenta a conclusão do estudo, na qual se expõe a resposta ao problema de pesquisa e se verifica se os objetivos foram alcançados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A gestão da produção é a área responsável por planejar, organizar, coordenar e controlar os recursos necessários para a fabricação de bens ou prestação de serviços em uma empresa. Desse modo, seus principais objetivos são: atender à demanda dos clientes; otimizar a utilização dos recursos disponíveis (matéria-prima, mão de obra, equipamentos etc.); garantir a qualidade dos produtos ou serviços; e reduzir custos e desperdícios (Brum; Silva; Oliveira, 2023; Lima, 2023; Lima; Nogueira, 2024). Ela abrange o planejamento e controle da produção; programação da produção; gestão de estoques; controle da qualidade; e melhoria contínua dos processos (Lima, 2023; Lima; Nogueira, 2024).

A gestão da produção é essencial para a competitividade e sustentabilidade das empresas, pois permite que elas entreguem produtos e serviços em conformidade com os requisitos de qualidade, no prazo e custo adequados (Caires *et al.*, 2023; Lima, 2023; Gonçalves *et al.*, 2022). Além disso, uma boa gestão da produção gera impactos positivos em outras áreas da empresa, como marketing, finanças e recursos humanos, ao favorecer maior integração entre processos organizacionais (Lima, 2023).

Entre os principais desafios enfrentados pela gestão da produção estão a adaptação às constantes mudanças no mercado, a incorporação de novas tecnologias, a gestão da sustentabilidade e a busca permanente pela melhoria contínua dos processos (Haack *et al.*, 2023; Caires *et al.*, 2023; Lima; Nogueira, 2024).

Segundo Cardoso (2021), a Gestão da Produção difere da Gestão de Operações apenas por um critério mercadológico, sendo esta última mais abrangente que a primeira, uma vez que há operações em todos os setores da empresa, exceto no administrativo. Contudo, na prática, não há diferença: a Gestão da Produção refere-se ao processo de criação de bens e serviços, o que inclui a seleção de materiais, a definição de métodos de produção e a organização do trabalho. A produção pode ser classificada em diferentes tipos, como produção em massa, produção sob encomenda e produção contínua, dependendo das necessidades do mercado e da natureza dos produtos.

Por outro lado, a Gestão de Operações abrange todas as atividades necessárias para a entrega de produtos e serviços. Isso inclui planejamento, controle de qualidade, logística e gestão de estoques. O objetivo das operações é maximizar a eficiência, minimizando custos e atendendo aos padrões de qualidade (Cardoso, 2021).

Dessa forma, o planejamento da cadeia de produção apresenta-se como uma etapa primordial no desenvolvimento de novos sistemas produtivos, uma vez que envolve a definição

dos requisitos, do projeto, do processo e a validação do produto sob a perspectiva operacional e estratégica. Nesse contexto, esta seção apresenta os conceitos fundamentais, a evolução histórica e a classificação da gestão da produção, fornecendo o embasamento teórico necessário para a compreensão e a análise do tema desenvolvido ao longo deste trabalho.

2.1 Gestão da produção e operações

A gestão da produção e operações (GPO) é um campo essencial que abrange diversas práticas e teorias voltadas para otimizar processos produtivos e melhorar a eficiência organizacional. Ela representa um campo fundamental dentro das organizações, focando na transformação de insumos em produtos prontos para serem consumidos e na entrega de serviços. Essas disciplinas envolvem a coordenação de recursos humanos, materiais e tecnológicos para garantir que os processos produtivos sejam eficientes, eficazes e alinhados com as metas estratégicas da empresa (Cardoso, 2021).

Com base em alguns autores (Slack et al., 2010; Heizer; Munson; Render, 2022), considera-se a GPO uma área fundamental da administração, responsável pelo planejamento, organização e supervisão dos processos de produção de bens e serviços, abrangendo atividades como planejamento da produção, gestão da qualidade, logística e controle de estoques, com o objetivo de otimizar os processos produtivos e aumentar a eficiência operacional. Nesse contexto, Slack, Chambers e Johnston (2010) definem a GPO como a gestão de todos os aspectos da produção e das operações, incluindo estratégia, design, execução e melhoria contínua dos processos.

A GPO é crucial para a competitividade das organizações. Segundo Heizer, Munson e Render (2022, p. 42), “as empresas que gerenciam suas operações de maneira eficaz conseguem reduzir custos, melhorar a qualidade e aumentar a flexibilidade”, o que é especialmente relevante em um ambiente de negócios em rápida mudança, onde a capacidade de adaptação é vital para a sobrevivência.

A GPO é composta por três componentes, sendo eles: planejamento e controle da produção (PCP); gestão da qualidade (GQ); e logística e gestão de estoques (LGE). O PCP é um dos componentes centrais da GPO. Ele envolve a previsão da demanda, o planejamento da capacidade e o agendamento da produção. O PCP busca equilibrar a oferta e a demanda, minimizando os custos e maximizando a eficiência (Cardoso, 2021). Segundo Chase *et al.* (2016), “um bom planejamento pode reduzir o tempo de espera e os níveis de estoque, resultando em uma operação mais eficiente”.

A GQ é outro aspecto essencial da GPO. Ela se concentra em garantir que os produtos e serviços atendam aos padrões de qualidade estabelecidos. A implementação de sistemas de gestão da qualidade, como o ISO 9001:2015, é uma prática comum nas organizações. Segundo Juran e Godfrey (1999), “a qualidade deve ser uma responsabilidade de todos na organização, não apenas do departamento de qualidade”.

A logística desempenha um papel crítico na GPO, envolvendo o planejamento e a execução do fluxo de bens e serviços, desde a aquisição de matérias-primas até a entrega do produto pronto ao consumidor. A gestão de estoques (GE) é uma parte vital da logística, pois envolve a supervisão dos níveis de estoque para evitar excessos ou faltas.

Nesse entendimento e almejando a melhoria da GPO, a Gestão do Conhecimento (GC) surge como uma ferramenta de articulação entre esses dois campos, podendo levar a processos de negócios significativamente melhores. Alguns autores (Castro *et al.*, 2019; Hurtado *et al.*, 2019) apontam que a GC pode influenciar positivamente a competitividade e o desempenho econômico das organizações, destacando a necessidade de integrar sistemas de informação e processos de produção.

Bizzo Netto *et al.* (2023), sobre a produção científica na área de gestão de sistemas de produção e operações, revelaram que, entre 2017 e 2021, foram publicados 191 trabalhos relacionados ao tema. A maioria das publicações veio de instituições públicas, especialmente da região Sudeste do Brasil. O ano de 2020 destacou-se com mais de 60 artigos, com ênfase em temas como *Lean Manufacturing* (manufatura enxuta) o qual é uma abordagem focada na eliminação de desperdícios e na melhoria contínua, desenvolvida pela Toyota no Japão em 1950.

Portanto, com base nos pressupostos citados acima, entende-se que a GPO é uma área multifacetada que desempenha um papel crucial na eficácia organizacional. Através do PCP, da GQ e da LGE, as empresas podem otimizar seus processos, reduzir custos e melhorar a satisfação do cliente. Em um mundo cada vez mais competitivo, a GPO integra um diferencial estratégico para as organizações.

2.2 Classificação dos sistemas de produção

Os sistemas produtivos são estruturas organizacionais que definem como os bens e serviços são produzidos e distribuídos em uma economia. Eles podem ser classificados em diferentes modelos, cada um com suas características e implicações sociais e econômicas.

Para entender como as empresas podem organizar e otimizar seus processos

produtivos, Lustosa *et al.* (2008) apresentam uma classificação dos sistemas de produção baseada em diferentes critérios que refletem as características e necessidades de cada sistema. Portanto, de forma didática, os sistemas de produção podem ser classificados quanto: a) ao grau de padronização dos produtos; b) ao tipo de operações que sofrem os produtos; c) ao ambiente de produção; e d) a natureza do produto. A seguir, no Quadro 1, apresenta-se a classificação de sistemas de produção.

Quadro 1 – Classificação dos sistemas de produção

TIPO	CLASSIFICAÇÃO
Grau de padronização dos produtos	• Produtos padronizados;
	• Produtos sob medida ou personalizados.
Tipo de operação	• Processos contínuos;
	• Processos discretos (processos repetitivos em massa; processos repetitivos em lotes e processos por projeto).
Ambiente de produção	• <i>Make to Stock</i> (MTS);
	• <i>Make to Order</i> (MTO);
	• <i>Assembly to Order</i> (ATO);
	• <i>Engineer to Order</i> (ETO).
Natureza do produto	• Bens;
	• Serviço.

Fonte: Lustosa *et al.* (2008, p. 26).

Cada sistema de produção apresenta vantagens e limitações específicas, cuja compreensão é fundamental para a tomada de decisão estratégica. A escolha do sistema mais adequado influencia diretamente a eficiência operacional, a alocação de recursos e o nível de atendimento ao cliente. Dessa forma, torna-se essencial que as organizações conheçam as características, restrições e aplicações de cada modelo produtivo, a fim de selecionar aquele que melhor se alinhe às suas necessidades internas e às demandas do mercado

A organização dos sistemas de produção pode variar de acordo com a natureza e o nível de padronização do produto, bem como o tipo de processos utilizados em sua transformação. Ressalta-se que uma empresa tem a capacidade de operar com múltiplos sistemas de produção simultaneamente, possibilitando a fabricação de um produto por meio de variados processos produtivos (Tubino, 2017).

A seguir, são apresentados nos subtópicos, cada tipo de sistema de produção e suas características peculiares.

2.2.1 Classificação baseada no grau de padronização

A classificação baseada no grau de padronização dos produtos (bens ou serviços) pode ser dividida em sistemas que fabricam “produtos padronizados” (alto nível de uniformidade) e sistemas que geram “produtos sob medida” (desenvolvidos para um determinado cliente). Na prática, é comum encontrar uma combinação de ambos os sistemas, com uma ênfase particular em um deles. Essa classificação tem um impacto significativo no nível de controle exercido sobre a produção. Produtos altamente padronizados geralmente garantem um maior nível de confiabilidade no controle do processo, no entanto, sua flexibilidade pode ser limitada (Lustosa *et al.*, 2008). O Quadro 2 sintetiza as diferenças e características dos graus de padronização dos produtos (Graziani, 2012).

Quadro 2 – Diferenças e características quanto ao grau de padronização dos produtos

CARACTERÍSTICAS	PRODUTOS PADRONIZADOS	PRODUTOS SOB MEDIDA
Definição do produto	Os produtos são definidos previamente – os clientes esperam encontrá-los à sua disposição no mercado.	Espera-se a manifestação dos clientes para definir os produtos.
Estoque	Frequentemente são produzidos para estoque.	Não são produzidos para estoque.
Escala	Produzidos em grande escala.	Os lotes normalmente são unitários.
Padronização dos métodos de trabalho	Alta.	Baixa.
Automação	Mais aplicável.	Menos aplicável.
Ociosidade	Baixa.	Alta.
Exemplos	Eletrodomésticos, roupas, combustíveis, automóveis, alimentos industrializados, linhas aéreas, serviços bancários, <i>fastfoods</i> etc.	Máquinas-ferramenta, alta costura, construção civil, estaleiros, restaurantes, projetos arquitetônicos, clínicas médicas, táxis etc.

Fonte: Graziani (2012, p. 30).

Graziani (2012, p. 30) ressalta que “o grau de padronização do produto está relacionado com o volume de produção demandado pelo mercado”. Isto é, se há uma grande procura por um determinado produto ou serviço, a empresa, para atender essa demanda de consumidores/clientes, deve padronizar seu método de trabalho, recursos produtivos e controles

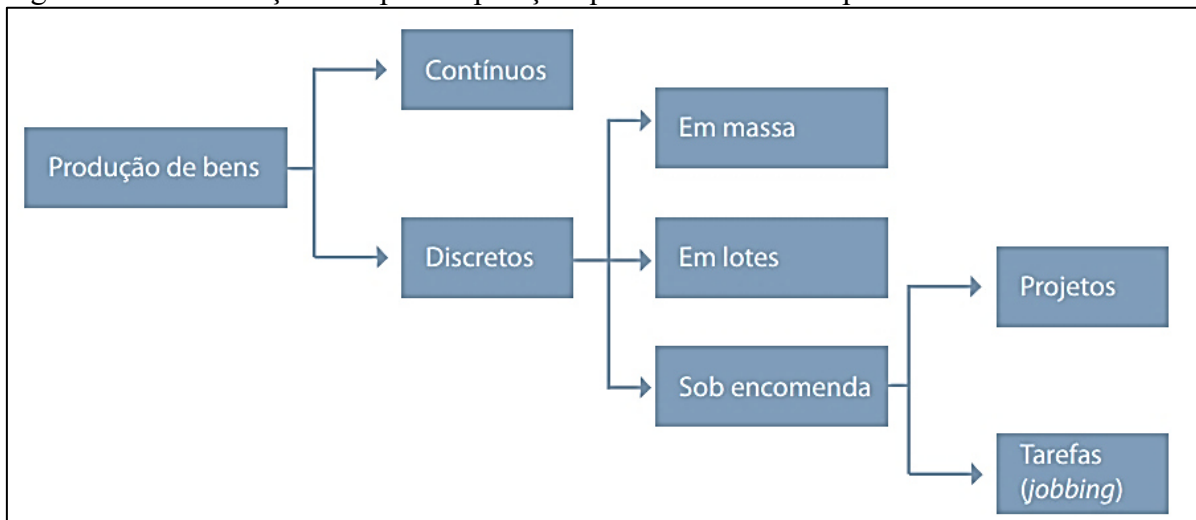
de seu sistema produtivo, o que resultará, conseqüentemente, em menor custo e tempo de produção.

2.2.2 Classificação baseada no tipo de operação

Quanto ao tipo de operação os sistemas de produção podem se apresentar de duas formas em relação ao fluxo dos processos: processos contínuos e processos discretos (Graziani, 2012; Lustosa *et al.*, 2008; Tubino, 2007). Os **processos discretos** possuem uma subdivisão: processos em massa ou linha; processos em lote ou batelada (*batch*); e processos sob encomenda (divididos em processos de projeto e processos por tarefa) (Graziani, 2012; Lustosa *et al.*, 2008, grifo nosso).

A Figura 1 abaixo mostra a visão geral da classificação do tipo de operação quanto ao fluxo dos processos.

Figura 1 – Classificação do tipo de operação quanto ao fluxo dos processos



Fonte: Graziani (2012, p. 31).

Quanto ao fluxo dos **processos contínuos**, segundo Lustosa *et al.*, (2008, p. 22, grifo nosso):

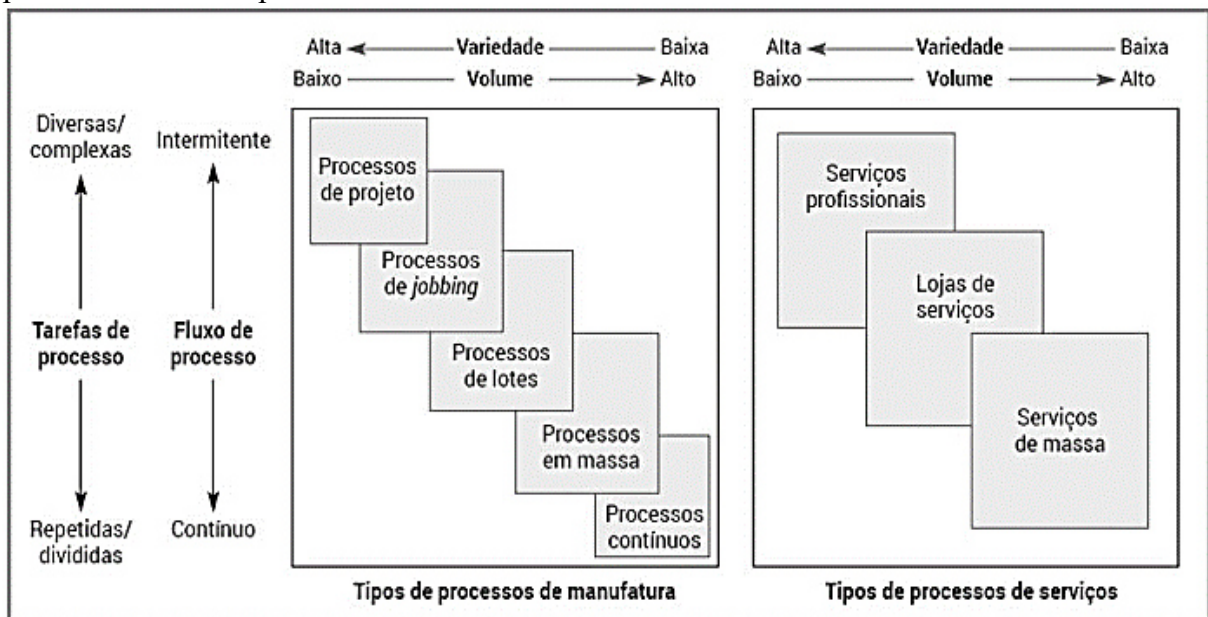
Envolvem a **produção de bens e serviços** que não podem ser identificados individualmente e apresentam alta uniformidade na produção. Os produtos e processos são interdependentes, favorecendo a automação, com pouca ou nenhuma flexibilidade. Exemplos de setores em que se aplicam: energia elétrica, petróleo e derivados e produtos químicos de uma forma geral.

Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), os processos contínuos

caracterizam-se como sendo “processos de alto volume e baixa variedade, usualmente produtos fabricados em processo contínuo que são produzidos em fluxo infinito, como itens petroquímicos ou eletricidade”. Em contraste a isso, ainda conforme estes autores, as operações de baixo volume têm uma alta variedade de produtos e serviços. Portanto, existe um espectro que vai desde baixo volume/alta variedade até alto volume/baixa variedade, onde os processos podem ser posicionados. Ressalta-se assim que em uma única operação, podem ocorrer processos com diversas posições no espectro volume-variedade.

Diante dessa relação inversamente proporcional entre “volume/variedade” de produtos e serviços, bem como das características de “tarefas de processo” e do tipo de “fluxo de processo”, os autores Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), numa abordagem mais atual, demonstraram, conforme a Figura 2, as características de cada tipo de processo.

Figura 2 – Tipos de processos e suas características sob a relação volume/variedade, tarefas de processo e fluxo de processo



Fonte: Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018, p. 291).

Os autores apontam, na Figura 2, que os processos posicionados à direita apresentam maior volume e menor variedade na produção de produtos e serviços. Em relação às tarefas realizadas no processo, aqueles que estão na parte superior possuem tarefas diversas e complexas, enquanto na parte inferior estão aqueles que realizam tarefas repetidas e divididas. Com destaque na manufatura dos produtos, foco deste trabalho, apresentam-se a seguir, de acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018): (1) processos de projeto; (2) processos de trabalho (*jobbing*); (3) processos em lotes ou bateladas; (4) processos em massa ou linha; e (5)

processos contínuos.

Os **processos de projeto** são caracterizados por lidar com produtos específicos e muitas vezes customizados, com longos intervalos de tempo entre a conclusão de cada item. Cada tarefa tem um início e um fim bem definidos. Esses processos apresentam baixo volume e alta variedade, onde as atividades podem ser incertas e os recursos precisam ser organizados de forma especial para cada projeto, devido à sua singularidade. A complexidade desses processos advém do necessário discernimento profissional em suas atividades. Exemplos incluem o desenvolvimento de *software*, produção cinematográfica, empresas de construção e a fabricação de grandes equipamentos como turbogeradores.

Os **processos de *jobbing*** lidam com alta variedade e baixos volumes, onde cada produto precisa compartilhar os recursos de operação com muitos outros. Essas características exigem elevada flexibilidade dos equipamentos e mão de obra, bem como maior adaptação aos métodos de trabalho, uma vez que cada produto pode demandar caminhos distintos. Esses processos geralmente produzem produtos fisicamente menores e podem ser complexos, envolvendo menos circunstâncias imprevisíveis. Exemplos incluem alfaiates, operações de engenharia de precisão, oficinas de restauração de móveis e gráficas que imprimem ingressos para eventos sociais.

Os **processos em lotes** diferenciam-se do *jobbing* principalmente pela produção simultânea de vários itens, apresentando menor variedade e maior repetitividade no processo de fabricação. O grau de similaridade com o *jobbing* depende do tamanho do lote, sendo mais próximo em lotes menores e mais repetitivo em lotes maiores. Este tipo de processo adapta-se a diferentes níveis de volume e variedade, sendo comum na produção de alguns alimentos congelados especiais, na fabricação de máquinas, ferramentas, peças e componentes que entram em linhas de montagem, como na indústria automobilística.

Os **processos em massa ou linha** produzem bens com alto volume e baixa variedade, com atividades repetitivas, previsíveis e padronizadas. Esse tipo de processo apresenta alto grau de padronização, o que favorece o controle da produção, a eficiência operacional e a redução dos custos unitários, principalmente em função dos ganhos de escala e da especialização dos recursos produtivos. Entretanto, possui menor flexibilidade para alterações no produto ou no volume produzido, o que limita a adaptação a variação de demanda. Esse modelo é adotado na produção de alimentos congelados, montadoras de automóveis e em fábricas de DVD.

Finalmente, os **processos contínuos** envolvem volumes maiores e menos variedade quando comparados aos processos de produção em massa, operando por períodos mais longos.

Eles são caracterizados por produtos inseparáveis e fluxo contínuo na produção, o que demanda alto nível de automatização, estabilidade operacional e controle rigoroso dos parâmetros de processo. Este tipo de produção contribui para baixos custos unitários e elevada eficiência, porém apresenta reduzida flexibilidade para interrupções ou alterações do produto. Exemplos desses processos incluem tratamento de água, refinarias petroquímicas, usinas de eletricidade, siderúrgicas e fábricas de papel.

Dessa forma, entende-se que os sistemas de produção variam de acordo com o tipo de operação e o setor em que estão inseridos. O Quadro 3 apresenta um resumo das características de cada tipo de produção/processo, adaptado dos principais autores (Graziani, 2012; Guerrini; Belhot; Azzolini Júnior, 2019; Lustosa *et al.*, 2008; Tubino, 2017) sobre o assunto.

Quadro 3 – Principais tipos de sistemas de produção

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Produção por Projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado para produzir itens únicos ou sob encomenda, como navios, aviões e usinas elétricas; • Cada projeto é único e requer planejamento e controle específicos; • Envolve uma equipe multidisciplinar trabalhando em conjunto por um período limitado.
Produção por tarefas (<i>Jobbing</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Cada item segue um roteiro de produção diferente, exigindo versatilidade; • Utilizado para produzir itens sob encomenda com especificações únicas do cliente, como em oficinas de usinagem e marcenarias; • Volumes de produção baixos e <i>lead times</i> (prazos de entrega) longos.
Produção em Lotes	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado para produzir vários itens similares em lotes, como em indústrias têxteis e de móveis; • Cada lote segue um roteiro específico de produção antes de dar lugar ao próximo lote; • Flexibilidade para produzir diferentes produtos, mas com eficiência reduzida.
Produção em Massa	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado para produzir grandes volumes de produtos padronizados, como automóveis e eletrodomésticos; • Fluxo contínuo de produção com linhas de montagem e intercambialidade de peças; • Requer alto investimento em equipamentos especializados e mão de obra treinada.
Produção Contínua	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizado para produzir grandes volumes de produtos padronizados, como refinarias de petróleo e siderúrgicas; • Fluxo ininterrupto de produção ou com mínima interrupção; • Requer alto investimento em equipamentos especializados.

Fonte: Adaptado de Graziani (2012), Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019), Lustosa *et al.* (2008) e Tubino (2017).

De acordo com os autores supracitados, a escolha do sistema de produção depende

de fatores como volume de produção, variedade de produtos, flexibilidade e investimento disponível. Assim, empresas podem combinar diferentes sistemas de produção para atender às necessidades específicas de seus mercados.

2.2.3 Classificação baseada no ambiente de produção

A classificação dos sistemas de produção, segundo o ambiente de produção, fundamenta-se no grau de influência do pedido do cliente ao longo das operações de fabricação. Com base nesse critério, distinguem-se dois grandes grupos: o projeto de produto padronizado, caracterizado pela fabricação para estoque (Make to Stock – MTS), e o projeto de produto personalizado, que engloba os sistemas de montagem por encomenda (Assembly to Order – ATO), fabricação por encomenda (Make to Order – MTO) e grande projeto ou projeto por encomenda (Engineering to Order – ETO), conforme proposto por Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019, p. 19). Essa classificação é apresentada de forma sistematizada no Quadro 4, o qual consolida as contribuições de Graziani (2012), Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019), Lustosa et al. (2008) e Tubino (2017).

Quadro 4 – Classificação dos sistemas de produção baseada no ambiente de produção

CLASSIFICAÇÃO	ETAPAS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO			
	1ª etapa	2ª etapa	3ª etapa	4ª etapa
Fabricação para estoque (MTS)	Fabricação	Estoque	Entrega	--
Montagem por encomenda (ATO)	Fabricação	Estoque	Montagem	Entrega
Fabricação por encomenda (MTO)	Estoque	Fabricação	Montagem	Entrega
Sistema de grande projeto ou projeto por encomenda (ETO)	Projeto	Aquisição de matéria-prima	Fabricação	Entrega

Fonte: Adaptado de Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019) e Lustosa *et al.* (2008).

Na Fabricação para estoque (MTS), os produtos são fabricados antecipadamente com base em previsões de demanda, independentemente da interação com o cliente. Na montagem por encomenda (ATO), os componentes básicos são fabricados antecipadamente, mas a montagem final é feita após o recebimento do pedido do cliente. Na Fabricação por encomenda (MTO), os produtos são fabricados após o recebimento do pedido do cliente, com base em suas especificações. E por fim, no sistema de grande projeto ou projeto por encomenda (ETO), cada produto é projetado e fabricado exclusivamente para atender às necessidades

específicas de um cliente (Graziani, 2012; Guerrini; Belhot; Azzolini Júnior, 2019; Lustosa *et al.*, 2008). Para Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019) a limitação principal desta classificação reside no fato de que ela se restringe exclusivamente às operações de fabricação.

Dentro desse arranjo gerencial, Cardoso (2021) ressalta que os sistemas de produção podem ainda se dividir em sistemas empurrados e sistemas puxados. No sistema empurrado, as ordens de produção são baseadas em previsões de vendas, enquanto no sistema puxado, as ordens de produção são feitas de acordo com os pedidos dos clientes. Dessa forma, no Quadro 5 apresenta a classificação dos sistemas produtivos de acordo com seu arranjo gerencial.

Quadro 5 – Classificação dos sistemas de produção de acordo com arranjo gerencial

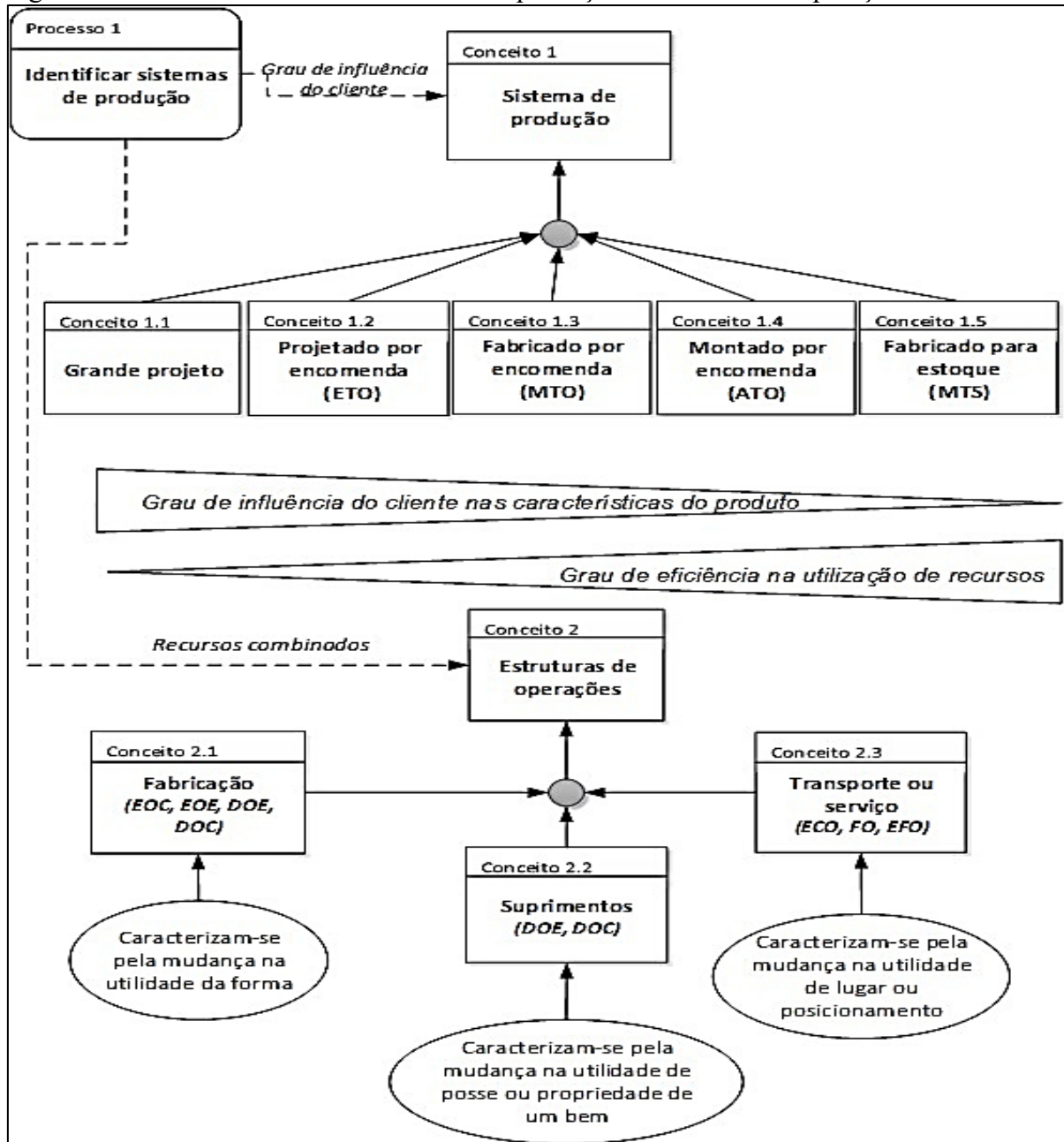
CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Fabricação para estoque (MTS)	A produção é, em grande parte, empurrada , uma vez que as ordens de fabricação são emitidas com base nas vendas previstas e programadas conforme o cronograma de entrega.
Montagem por encomenda (ATO)	Nesse modelo, amplamente adotado por empresas modernas, parte da produção ocorre no sistema empurrado , gerando estoque de itens semiacabados , enquanto as etapas finais são puxadas conforme os pedidos dos clientes . Assim, produzem-se antecipadamente as partes padronizadas ou de alta probabilidade de venda, e o acabamento e a montagem são realizados somente após a definição do pedido. Esse arranjo permite ganhos de escala sem elevar os estoques de produtos acabados de maior valor agregado, acompanhando as tendências atuais da indústria.
Fabricação por encomenda (MTO)	A produção é puxada , pois as ordens só são emitidas após o pedido do cliente . Esse modelo opera com pouco ou nenhum estoque de produto acabado, embora possa manter estoque de matéria-prima.
Sistema de grande projeto ou projeto por encomenda (ETO)	Neste modelo, o produto e seus componentes ainda não são definidos previamente. Assim, a ordem de produção somente é emitida após a definição do produto pelo cliente , elaboração do projeto, realização das compras e verificação da disponibilidade de materiais na empresa. Pode haver algum estoque de matéria-prima, desde que aplicável a futuros projetos, porém nunca há estoque de produto acabado. Dessa forma, a produção é puxada .

Fonte: Cardoso (2021, p. 16-17, grifo nosso).

O modelo conceitual de Wild (1980) complementa o Quadro 5 ao demonstrar que diferentes combinações entre estoques, fluxos e operações estruturam distintos arranjos produtivos, distribuídos nas dimensões de fabricação, suprimentos e transporte/serviço,

representadas pelos códigos EOC, EOE, DOE, DOC, ECO, DFO e EFO (Guerrini; Belhot; Azzolini Júnior, 2019, p. 39). Esse modelo conceitual demonstra que o sistema produtivo funciona como um conjunto integrado, no qual a interação entre recursos e atividades orienta a adoção de sistemas empurrados, puxados ou híbridos, reforçando a necessidade de coerência entre estrutura produtiva e estratégia operacional, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Modelo conceitual de sistemas de produção e estruturas de operações



Fonte: Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019, p. 40).

A Figura 3 permite compreender que, à medida que o ponto de influência do cliente se desloca para etapas mais iniciais do processo produtivo, aumenta o grau de customização e

reduz-se a possibilidade de produção antecipada para estoque. Nos sistemas do tipo MTS, a produção ocorre antes do pedido do cliente, com base em previsões de demanda, caracterizando um sistema empurrado. Em contrapartida, nos sistemas MTO e, principalmente, ETO, a produção somente é iniciada após a definição do pedido, do projeto e das especificações técnicas, configurando sistemas predominantemente puxados.

No ambiente ETO, típico da fabricação de estruturas metálicas pré-fabricadas para a construção civil, o produto não está previamente definido, sendo desenvolvido conforme as necessidades específicas de cada cliente. Nesse caso, as atividades de engenharia, aquisição de materiais, fabricação e expedição são fortemente interdependentes, exigindo elevado nível de coordenação entre os recursos e maior complexidade no planejamento e controle da produção.

Do ponto de vista estrutural, o modelo de produção fundamenta-se em três componentes conceituais essenciais, os quais são a entrada, o processo e a saída. Esses elementos constituem a lógica operacional do sistema, uma vez que as entradas correspondem aos recursos indispensáveis à atividade produtiva. O processo, por sua vez, refere-se às operações de transformação que agregam valor, enquanto as saídas representam os resultados disponibilizados ao cliente. A adequada integração entre esses componentes permite maior eficiência operacional, controle dos fluxos produtivos e alinhamento entre os recursos utilizados e os objetivos da organização.

Nesse sentido, Wild (1980) afirma que a eficácia de um sistema produtivo depende tanto da qualidade dos recursos empregados quanto da forma como esses recursos são coordenados e integrados. Por conseguinte, o autor ressalta a importância de uma abordagem sistêmica, pois ela possibilita a identificação de gargalos e oportunidades de melhoria e, assim, promove maior eficiência operacional. Além disso, enfatiza a necessidade de flexibilidade, já que os sistemas produtivos devem ser capazes de se adaptar às variações da demanda e às mudanças do ambiente competitivo.

Dessa maneira, ao conceber a produção como um sistema integrado, o modelo reforça sua relevância estratégica para a criação de valor e para o alinhamento entre as operações e os objetivos organizacionais. Essa abordagem sistêmica permite maior coordenação entre recursos, processos e decisões, favorecendo a identificação de gargalos e oportunidades de melhoria contínua. Em consequência, consolida-se como um instrumento fundamental de gestão e de competitividade, para o aumento da eficiência operacional, da previsibilidade dos resultados e do fortalecimento da posição da organização no mercado.

2.2.4 Classificação baseada na natureza do produto

A natureza do produto é um dos critérios fundamentais para a caracterização dos sistemas de produção. De acordo com Lustosa *et al.* (2008, p. 24), quando o processo produtivo resulta em um bem tangível, trata-se de um sistema de manufatura, cuja finalidade é a transformação física de materiais em produtos concretos. No sentido oposto, quando o resultado é intangível, configura-se um sistema de prestação de serviços, no qual o valor gerado está associado à execução de atividades que não produzem um objeto físico, mas entregam utilidade ao usuário.

Graziani (2012) apresenta, conforme o Quadro 6, as diferenças entre bens e serviços quanto: tangibilidade, estocabilidade, transportabilidade, simultaneidade, contato com o consumidor e qualidade. Porém, essa divisão do que são bens ou serviços, pode gerar equívoco de entendimento quando serviços são agregados ao fornecimento de bens. Dessa forma, Graziani (2012) afirma, conforme a Figura 4, na qual entre os dois extremos pode haver negócios variados.

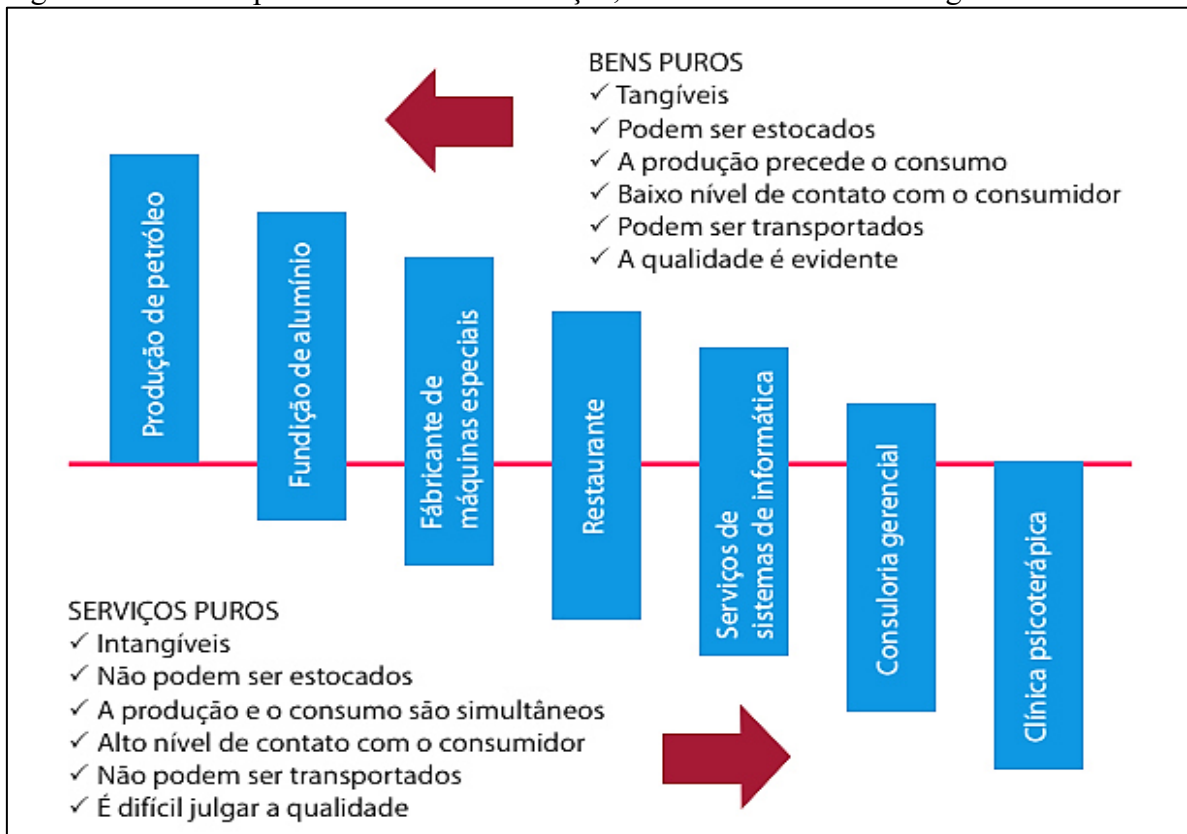
Quadro 6 – Diferenças entre bens e serviços

CARACTERÍSTICAS	BENS	SERVIÇOS
Tangibilidade	Geralmente tangíveis	Geralmente intangíveis
Estocabilidade	Estocáveis (pelo menos parcialmente)	Não estocáveis
Transportabilidade	Transportáveis	Intransportáveis
Simultaneidade	Geralmente produzidos antes do recebimento pelo consumidor	Com frequência, produzidos simultaneamente ao seu consumo
Contato com o consumidor	Baixo nível de contato	Nível mais alto de contato
Qualidade	A qualidade da operação é julgada com base nos próprios bens	O consumidor, que muitas vezes participa da operação, julga o resultado e aspectos de sua produção

Fonte: Graziani (2012, p. 28).

A Figura 4 ilustra o grau de pureza entre bens e serviços, demonstrando que os sistemas produtivos podem ser posicionados em um espectro que varia entre resultados totalmente tangíveis e totalmente intangíveis. Conforme Graziani (2012, p. 29), os bens puros caracterizam-se pela tangibilidade, possibilidade de armazenamento e produção anterior ao consumo, enquanto os serviços puros são intangíveis, não podem ser estocados e envolvem simultaneidade entre produção e consumo. À medida que a tangibilidade do resultado diminui, o sistema produtivo aproxima-se progressivamente do polo dos serviços, ampliando o nível de interação com o cliente e a variabilidade do processo produtivo.

Figura 4 – Grau de pureza entre bens e serviços, conforme natureza do negócio



Fonte: Graziani (2012, p. 29).

Desse modo, segundo esse modelo, o tipo de negócio influencia diretamente a classificação da natureza do produto produzido.

2.3 Desempenho da produção

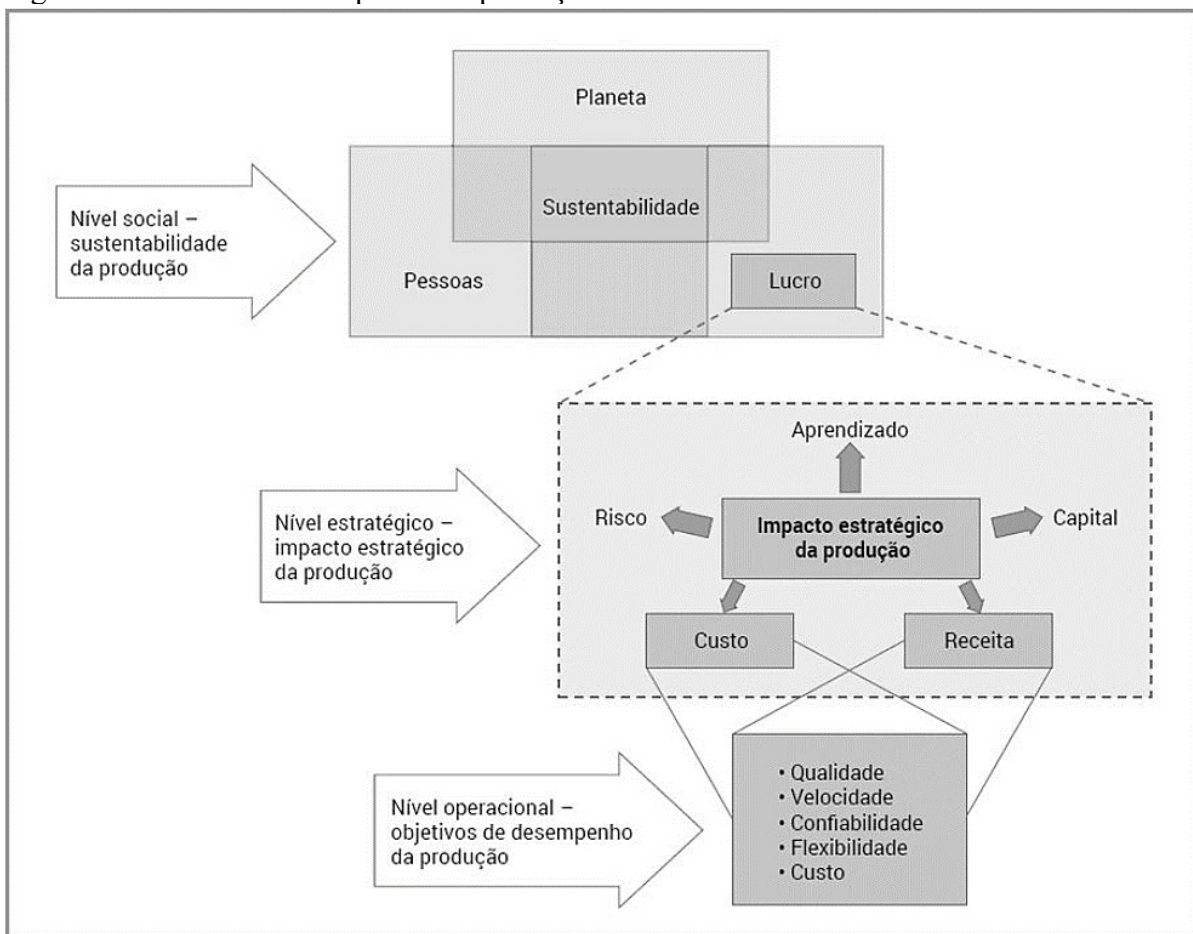
O modelo conceitual dos níveis de desempenho da produção, conforme proposto por Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), comprova que o desempenho produtivo deve ser analisado de forma sistêmica e integrada, a partir de três níveis interdependentes: operacional, estratégico e social. No nível operacional, encontram-se os objetivos clássicos de desempenho da produção: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo, os quais representam os resultados diretos das atividades produtivas e refletem a eficiência com que os recursos são transformados em bens e serviços.

Os resultados obtidos no nível operacional influenciam diretamente o nível estratégico, uma vez que o desempenho da produção afeta variáveis organizacionais mais amplas, tais como custos, receitas, riscos, aprendizado organizacional e formação de capital. Nesse sentido, Hayes et al. (2018, p. 4) destacam que decisões operacionais consistentes,

quando alinhadas à estratégia competitiva da organização, tendem a produzir efeitos positivos acumulados ao longo do tempo, fortalecendo a competitividade e a capacidade de adaptação das empresas em ambientes de mercado dinâmicos.

No nível social, os efeitos estratégicos da produção extrapolam o contexto interno da empresa e passam a influenciar dimensões relacionadas à sustentabilidade da produção, considerando o equilíbrio entre pessoas, planeta e lucro. Nesse sentido, conforme discutido por Heizer, Munson e Render, a integração entre a gestão de operações e a sustentabilidade implica considerar impactos sociais e ambientais juntamente com os resultados econômicos, de modo que práticas operacionais alinhadas à estratégia organizacional contribuem para resultados sustentáveis mais amplos, que contemplam stakeholders internos e externos (Heizer; Munson; Render, 2022, p. 512). Conforme apresentado na Figura 5, esse entendimento evidencia que a sustentabilidade produtiva depende, necessariamente, da coerência entre desempenho operacional eficiente, impacto estratégico positivo e responsabilidade social e ambiental.

Figura 5 – Níveis de desempenho da produção




Fonte: Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018, p. 89).

Como destaque deste trabalho, o estudo limitou-se ao nível operacional. À vista disso, conceituados autores (Slack; Brandon-Jones, 2019; Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2018, grifo nosso) apresentam os principais objetivos de desempenho da produção em nível operacional: (1) **qualidade**: produzir bens e serviços que atendam ou excedam as expectativas dos clientes em termos de desempenho e conformidade; (2) **velocidade**: minimizar o tempo entre a solicitação do cliente e a entrega do produto ou serviço; (3) **confiabilidade**: cumprir prazos e especificações prometidos aos clientes de maneira consistente; (4) **flexibilidade**: ser capaz de mudar o que, como e quando produzir, em resposta a demandas variáveis dos clientes; (5) **custo**: produzir e entregar produtos e serviços ao menor custo possível para a organização.

Complementando essa abordagem, Corrêa e Corrêa (2012) ressaltam que o desempenho da produção deve estar alinhado à estratégia da empresa, funcionando como um elo entre o planejamento e a execução das operações. Sob esse enfoque, os autores destacam que o desempenho produtivo não depende apenas de recursos físicos e tecnológicos, mas também da gestão integrada dos processos e a capacidade de adaptação às demandas do mercado. A produção deve buscar otimizar esses objetivos para entregar valor e vantagem competitiva.

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) definem, conforme a Figura 6, as medidas de desempenho da produção sob o nível operacional.

Figura 6 – Medidas de desempenho da produção sob o nível operacional

	Qualidade	Velocidade	Confiabilidade	Flexibilidade	Custo
 Nível operacional	Por exemplo...	Por exemplo...	Por exemplo...	Por exemplo...	Por exemplo...
	Defeitos por unidade	Tempo de consulta do cliente	Tempo médio entre as falhas	Tempo de colocação do produto no mercado	Custo de transação
	Reclamações de clientes	Tempo de preparação do pedido	Reclamações sobre atrasos	Faixa de produtos	Produtividade da mão de obra
	Nível de refugo	Tempo de produção		Customização	Eficiência do maquinário
	Custos com garantia				Variação do orçamento

Fonte: Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018, p. 119).

Os cinco objetivos de desempenho: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo, consistem em várias medidas menores que fornecem uma visão detalhada sobre o desempenho de uma operação. Por exemplo, o custo de uma operação depende de diferentes fatores, como eficiência de compra, produtividade dos funcionários, entre outros. Cada uma dessas medidas oferece uma perspectiva única sobre o desempenho em custo, sendo útil para identificar áreas de melhoria. Desagregar o desempenho em diferentes categorias pode

ajudar a explicar as causas do mau desempenho e monitorar o progresso (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2018).

Com base em Corrêa e Corrêa (2012, p. 45), é por meio do desempenho operacional que a produção se apresenta, em termos de critérios como a "qualidade" de seus produtos em suas várias dimensões, o "custo" que incorre em produzir e entregar seus produtos, a "flexibilidade" com a qual atende a necessidades de seus clientes, a "velocidade" com a qual atende a seus clientes e a "confiabilidade" com a qual faz tudo isso.

A desagregação do desempenho em categorias específicas é uma estratégia fundamental para elucidar as raízes de desempenhos insatisfatórios. Além disso, essa abordagem facilita o monitoramento contínuo do progresso ao longo do tempo, permitindo que gestores tomem decisões informadas e embasadas, visando a melhoria contínua e sustentável da operação. Portanto, a análise meticulosa dos cinco objetivos de desempenho e seus respectivos indicadores menores é um elemento essencial para a gestão eficaz, permitindo uma compreensão abrangente dos aspectos que influenciam o sucesso e a eficiência operacional (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2018).

Nesse contexto, a Curva S destaca-se como uma ferramenta amplamente utilizada no gerenciamento de projetos para o acompanhamento do desempenho da produção ao longo do tempo. Por meio de uma representação gráfica do progresso acumulado das atividades, permite a comparação entre valores planejados e executados, em termos físicos ou financeiros. Conforme destaca o Project Management Institute (PMI, 2021), essa ferramenta possibilita a identificação de desvios e tendências, subsidiando a tomada de decisões corretivas e contribuindo para o controle e a previsibilidade do desempenho em projetos de engenharia e construção civil ao longo do seu ciclo de vida.

Dessa forma, a mensuração e o acompanhamento do desempenho produtivo por meio de indicadores e ferramentas gerenciais, como a Curva S, evidenciam a necessidade de um sistema capaz de planejar, coordenar e controlar de maneira integrada os recursos, as atividades e os fluxos de informação ao longo do processo produtivo. Nesse sentido, torna-se fundamental compreender o papel do Planejamento e Controle da Produção (PCP) como elemento estruturante da gestão da produção, responsável por transformar informações de desempenho em decisões operacionais e estratégicas, tema abordado no item seguinte.

2.4 Planejamento e Controle da Produção (PCP)

Uma vez entendido sobre a gestão da produção e operações, bem como dos sistemas

de produção, apresenta-se o setor de apoio que é responsável por organizar, planejar e controlar todos os recursos que serão utilizados ao processo produtivo. O Planejamento e Controle da Produção (PCP) adota o papel central, ao atuar como elemento integrador entre decisões estratégicas, táticas e operacionais. Portanto, essa seção aborda o conceito, o histórico e os princípios básicos do PCP, a partir da visão dos principais autores que abordam esse assunto.

Nesse sentido, o PCP também pode ser compreendido como o subsistema responsável por assegurar o equilíbrio entre a capacidade produtiva disponível e a demanda a ser atendida, orientando as decisões sobre o que produzir, quanto produzir, quando produzir e como produzir (Tubino, 2017).

2.4.1 Conceito de PCP

O sistema de produção integra-se às funções essenciais da organização, como vendas, marketing e gestão de recursos humanos, constituindo um conjunto articulado de atividades que sustenta as operações empresariais. Nesse contexto, o PCP destaca-se como subsistema central, responsável por coordenar os recursos produtivos e sincronizar as etapas operacionais, conforme afirmam Dutra e Erdmann (2007). Sua efetividade resulta da capacidade de organizar e direcionar os fluxos de trabalho, assegurando a utilização racional de materiais, máquinas e mão de obra, de modo compatível com os objetivos organizacionais.

Segundo Cardoso (2021) e Tubino (2017), o PCP compreende um conjunto estruturado de atividades voltadas à otimização dos processos produtivos, abrangendo o planejamento das ações, a definição de metas, a identificação e a alocação dos recursos, o sequenciamento das operações e o controle sistemático da execução. Tais práticas garantem que a produção ocorra com eficiência, dentro dos prazos previstos e em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos.

Sob a perspectiva de Gonçalves *et al.* (2022), o PCP configura-se como um sistema de gestão fundamental, pois permite antecipar demandas e controlar o uso dos recursos, constituindo-se como etapa prévia à formulação dos objetivos organizacionais e à definição das estratégias adequadas para sua realização. Ao adotar procedimentos rigorosos de acompanhamento e análise, o PCP contribui para a redução de desperdícios, a melhoria contínua dos processos e o aumento da competitividade da empresa no mercado.

Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019) destacam que o PCP desempenha papel essencial na promoção da eficiência, da eficácia e da capacidade de resposta às mudanças do ambiente produtivo. Para esses autores, a flexibilidade operacional e a integração entre áreas

internas e externas, incluindo fornecedores e parceiros estratégicos, são condições necessárias para que o sistema produtivo atenda adequadamente às demandas de diferentes segmentos de clientes. Em consonância com esse entendimento, parcerias cooperativas tornam-se fundamentais para o desenvolvimento de competências complementares relacionadas ao projeto, à fabricação e à distribuição de novos produtos.

De modo convergente, Cunha e Palha (2020) afirmam que o PCP é indispensável à gestão eficiente das operações industriais, pois assegura o alinhamento entre capacidade produtiva e demanda de mercado. Essa função envolve a definição de metas, a alocação de recursos, a programação das atividades e o monitoramento contínuo do desempenho, permitindo ajustes oportunos e garantindo maior estabilidade operacional.

Conforme argumentam Cardoso (2021), Tubino (2017) e Silva *et al.* (2022), o PCP constitui o núcleo organizacional da produção, contribuindo para a eficiência global ao alinhar capacidade produtiva e necessidades dos clientes, reduzir custos, otimizar recursos e fortalecer a competitividade empresarial. As principais atividades e funções desse subsistema encontram-se organizadas no Quadro 7.

Quadro 7 – Principais atividades e funções do PCP

Principais atividades e funções do PCP	• Planejamento da produção a curto, médio e longo prazo;
	• Programação da produção e sequenciamento das ordens;
	• Previsão de vendas e planejamento da produção;
	• Emissão e acompanhamento das ordens de produção;
	• Controle de: estoques de matérias-primas, produtos em processo e acabados;
	• Coleta e análise de dados de produção;
	• Interface com os demais departamentos da empresa.

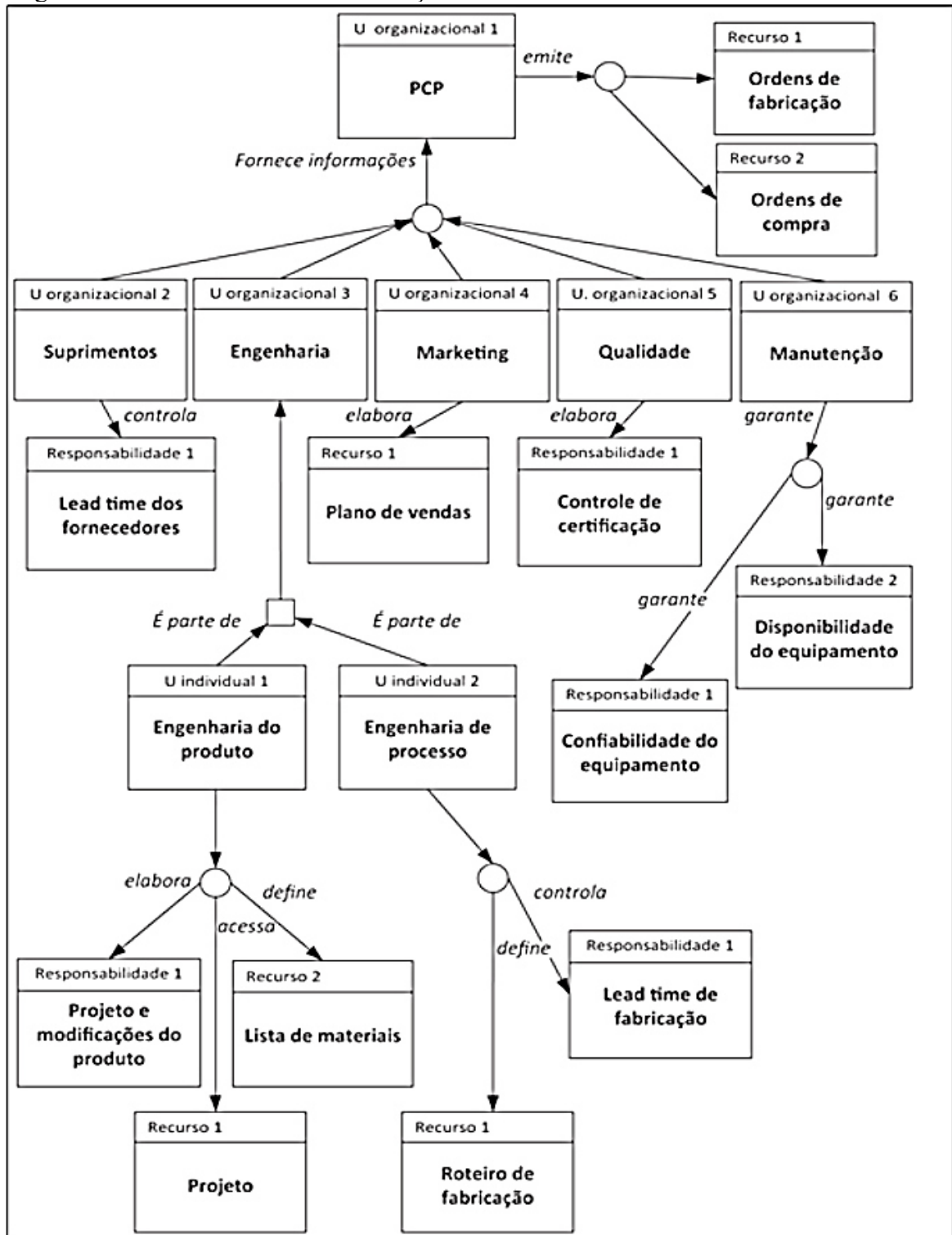
Fonte: Adaptado de Cardoso (2021), Pasquini (2016) e Silva *et al.* (2022).

PCP é uma função essencial para a competitividade das empresas, atuando como um elo integrador entre as diversas áreas da organização e garantindo a eficiência dos processos produtivos (Cardoso, 2021; Pasquini, 2016; Silva *et al.*, 2022). No entanto, para que isso aconteça, é necessário entender o fluxo do PCP.

O fluxo de informações do PCP de acordo com a Figura 7, visa garantir a elaboração do produto certo, no momento certo, para o cliente certo. É representada, em resumo, por cada área da empresa no PCP (suprimentos, engenharia, marketing, qualidade e manutenção) que fornecem informações essenciais para o funcionamento e desenvolvimento do produto. Em detalhamento, a área de “suprimentos” lida com o tempo de entrega dos fornecedores. A área de “engenharia” cuida das modificações e desenhos do produto, além do processo de fabricação.

A área de “marketing” é responsável pelo plano de vendas. A área de “qualidade” controla peças defeituosas e certificações. Por fim, a área de “manutenção” garante a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

Figura 7 – PCP e seu fluxo de informações

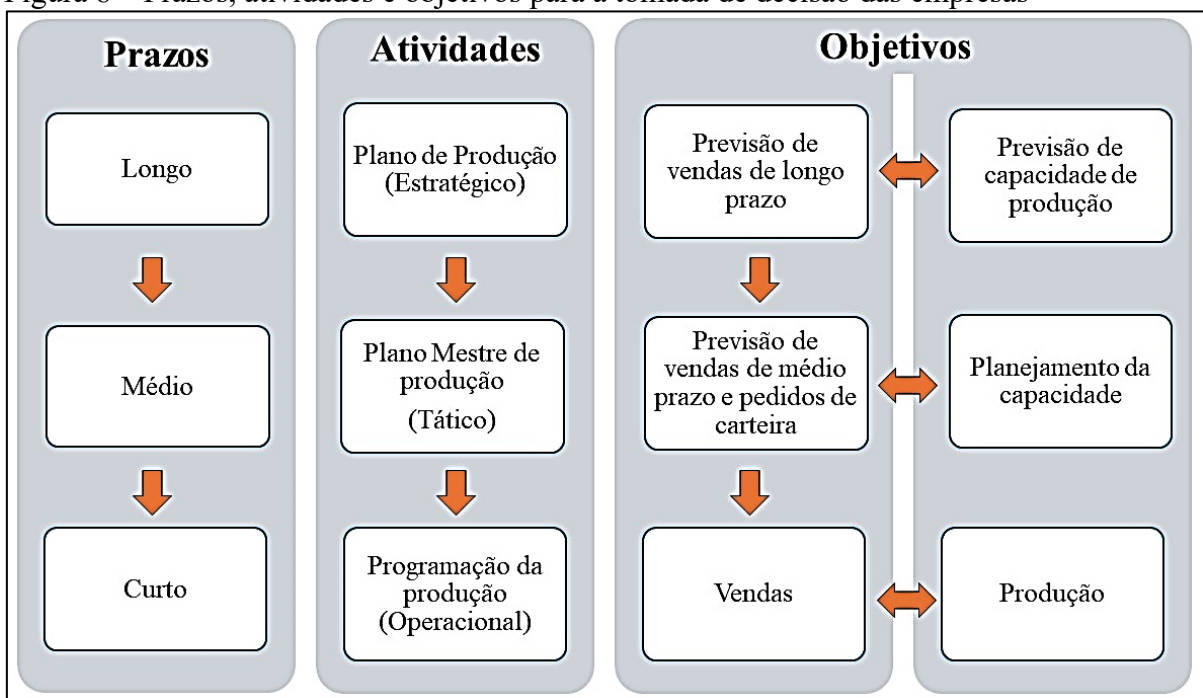


Fonte: Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019, p. 22).

Dessa forma, a Figura 7 evidencia que o PCP depende do fluxo contínuo e integrado de informações entre as áreas organizacionais, sendo responsável por consolidar esses dados e transformá-los em decisões operacionais que assegurem a coerência entre planejamento, execução e controle da produção (Guerrini; Belhot; Azzolini Júnior, 2019).

Para garantir isso, o PCP atua no cruzamento entre os três níveis hierárquicos (estratégico, tático e operacional) da organização de planejamento e o horizonte de tempo (longo, médio e curto prazo) (Tubino, 2017), conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 – Prazos, atividades e objetivos para a tomada de decisão das empresas



Fonte: Adaptado de Tubino (2017).

Portanto, para a tomada de decisão das empresas, visando a resultados futuros, autores como Graziani (2012), Lustosa et al. (2008) e Tubino (2017) destacam a importância de considerar a variável tempo no planejamento da produção, por meio da definição dos horizontes de planejamento de curto, médio e longo prazo. Graziani (2012, p. 22) define o horizonte de planejamento como o “tamanho do tempo futuro sobre o qual se tenha interesse em desenvolver uma visão”, enquanto Corrêa e Corrêa (2012) ressaltam que a adequada articulação entre esses horizontes assegura coerência entre decisões estratégicas, táticas e operacionais.

Segue no Quadro 8 a descrição do desenvolvimento das atividades do PCP segundo os horizontes de planejamento (Lustosa *et al.*, 2008).

Quadro 8 – Atividades do PCP segundo os horizontes de planejamento

NÍVEIS HIERÁRQUICOS	ATUAÇÃO
Estratégico	São definidas políticas estratégicas de longo prazo. O planejamento da capacidade é elaborado no nível estratégico; definindo a capacidade da planta. Já o planejamento agregado de produção é elaborado como uma transição para o nível tático; definindo o composto (ou mix) das estratégias específicas de produção.
Tático	São estabelecidos planos de médio prazo para a produção; obtendo-se o MPS (<i>Master Program Schedule</i>) ou- Plano Mestre de produção (PMP).
Operacional	São preparados os planos de curto prazo; como resultado do MRP (<i>Material Requirement Planning</i>) ou Planejamento das Necessidades de Materiais. Neste nível são gerenciados os estoques; as ordens de produção são sequenciadas; as ordens de compras são emitidas e liberadas; assim como são executados o acompanhamento e o controle.

Fonte: Lustosa *et al.* (2008, p. 10).

É apresentado de modo mais detalhado no Quadro 9, a hierarquia do processo de planejamento de produção de nível a nível.

Quadro 9 – Hierarquia do processo de planejamento de produção de acordo com os prazos

PRAZO	HORIZONTE	NÍVEL DECISÓRIO	PLANO	NÍVEL DE AGREGAÇÃO	PREVISÃO DE VENDAS
Longo	Meses Anos	Estratégico	Plano Agregado	Famílias de produtos	Agregada
Médio	Semanas Meses	Tático	Plano-Mestre	Produtos finais	Detalhada
Curto	Horas Dias Semanas	Operacional	Programação	Componentes e operações	Detalhada ou real

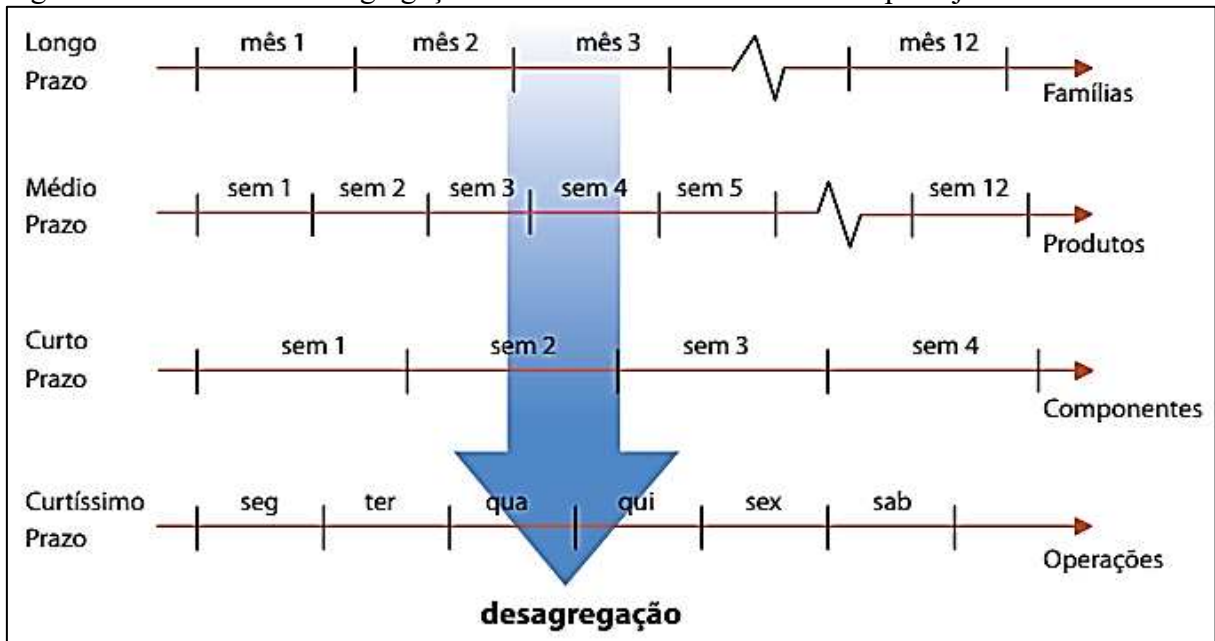
Fonte: Graziani (2012, p. 22).

No nível estratégico, o PCP é responsável pela definição do planejamento de longo prazo e das políticas produtivas da empresa, conhecido como Planejamento Estratégico de Produção. O nível tático corresponde ao planejamento de médio prazo, no qual é elaborado o Plano Mestre de Produção, responsável por traduzir as diretrizes estratégicas em planos factíveis. Já o nível operacional refere-se ao planejamento de curto prazo, caracterizado pela programação da produção, momento em que o PCP executa o acompanhamento sistemático e o controle dos processos produtivos (Graziani, 2012).

Além disso, Graziani (2012) ressalta que, quando se faz necessária uma maior desagregação das informações, pode-se estabelecer um quarto nível hierárquico, denominado curtíssimo prazo, cuja atuação está voltada ao detalhamento das operações e à separação dos

componentes do processo produtivo. Esse nível permite maior precisão no controle das atividades e maior aderência entre o planejado e o executado, especialmente em ambientes produtivos complexos. A Figura 9 ilustra esse processo de desagregação dos dados em função dos diferentes horizontes de planejamento propostos pelo autor.

Figura 9 – Processo de desagregação de dados em cada horizonte de planejamento



Fonte: Graziani (2012, p. 23).

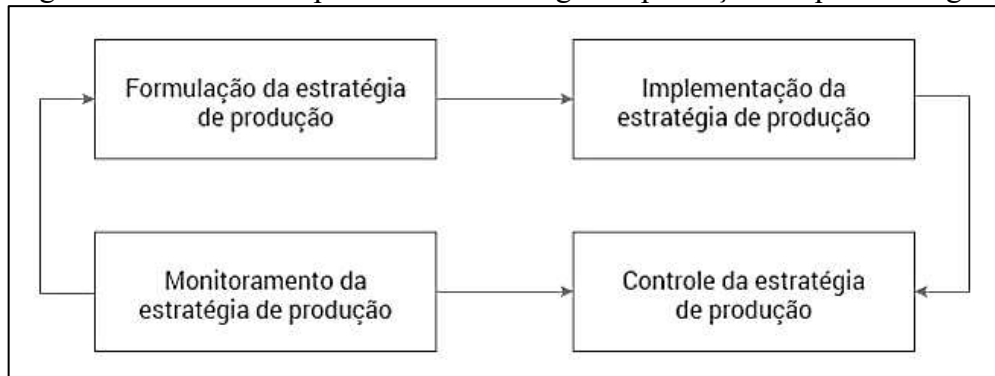
O detalhamento das decisões de produção, por meio do desdobramento entre os diferentes níveis de planejamento, assegura a coerência e a viabilidade entre os objetivos estratégicos e a operação na fábrica (Slack; Brandon-Jones, 2019, p. 39)

Por isso, considera-se essencial compreender a hierarquia do processo de planejamento para entender como as decisões são tomadas em um ambiente de negócios (Graziani, 2012). Essa hierarquia envolve diferentes níveis de desagregação de dados, no qual partem do plano agregado, passam pelo plano mestre de produção e chegam à programação, podendo incluir ainda o ordenamento detalhado das instruções de fabricação (Corrêa; Corrêa, 2012, p. 415).

Nesse entendimento, torna-se importante enfatizar que para planejar e controlar a produção, é necessário, primeiramente, definir uma estratégia de produção. De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) a estratégia de produção abrange tanto o conteúdo quanto o processo. O conteúdo refere-se às decisões específicas necessárias para alcançar objetivos pré-determinados. Já o processo consiste no método adotado pela empresa para desenvolver a sua estratégia. A Figura 10 ilustra um modelo de processos da estratégia de

produção de quatro estágios.

Figura 10 – Modelo de processo da estratégia de produção de quatro estágios



Fonte: Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018, p. 167).

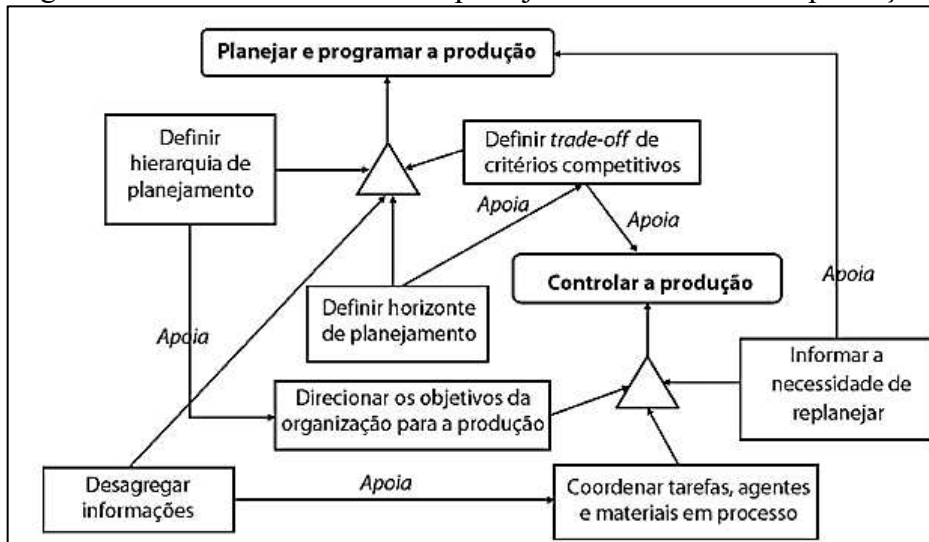
Conforme o modelo proposto por Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), o processo possui quatro etapas sucessivas (ciclo): (1) formulação; (2) implementação; (3) monitoramento; (4) controle da estratégia de uma organização. A formulação envolve esclarecer objetivos e decisões para criar estratégias abrangentes, coerentes e priorizadas. A implementação trata da operacionalização da estratégia, destacando a clareza, liderança e gestão eficaz. O monitoramento acompanha o progresso e diagnóstico do desempenho, enquanto o controle avalia os resultados para corrigir ações futuras.

Outros modelos também são observados na literatura. Destacam-se, por exemplo, os modelos apresentados por Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019), denominados modelo conceitual do PCP, apresentado na Figura 11, e modelo de processos para planejar e controlar a produção, apresentado na Figura 12. Esses modelos são complementares, uma vez que o primeiro estabelece a lógica conceitual e os princípios que orientam o PCP, enquanto o segundo explicita o desdobramento dessa lógica em processos operacionais, evidenciando a integração entre planejamento, execução e controle ao longo do sistema produtivo.

Quanto ao modelo conceitual do Planejamento e Controle da Produção apresentado na Figura 11, a dinâmica do PCP é orientada pela definição da hierarquia decisória, pelo horizonte de planejamento e pela consideração dos critérios competitivos, os quais influenciam diretamente a elaboração e a programação da produção (Guerrini; Belhot; Azzolini Júnior, 2019). O modelo apresenta ainda a necessidade de um fluxo estruturado de informações entre planejamento e controle, permitindo ajustes e replanejamentos sempre que a execução se afasta do previsto, sem a repetição das funções gerais do PCP já discutidas anteriormente. A minuciosa análise das informações durante o planejamento contribui significativamente para a

coordenação das atividades, agentes envolvidos e materiais em processo, aspecto fundamental também para o controle da produção.

Figura 11 – Modelo conceitual do planejamento e controle de produção



Fonte: Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019, p. 30).

No processo de Planejamento e Controle da Produção, abordado na Figura 12, identificam-se informações de entrada e de saída que orientam o horizonte e a hierarquia de planejamento nos níveis estratégico, tático e operacional. Conforme Slack, Chambers e Johnston (2018) e Tubino (2017), o processo tem início a partir das informações do sistema de produção, das características do produto e do processo e das prioridades competitivas, as quais subsidiam a definição do horizonte e da hierarquia de planejamento, distinguindo decisões de longo, médio e curto prazo.

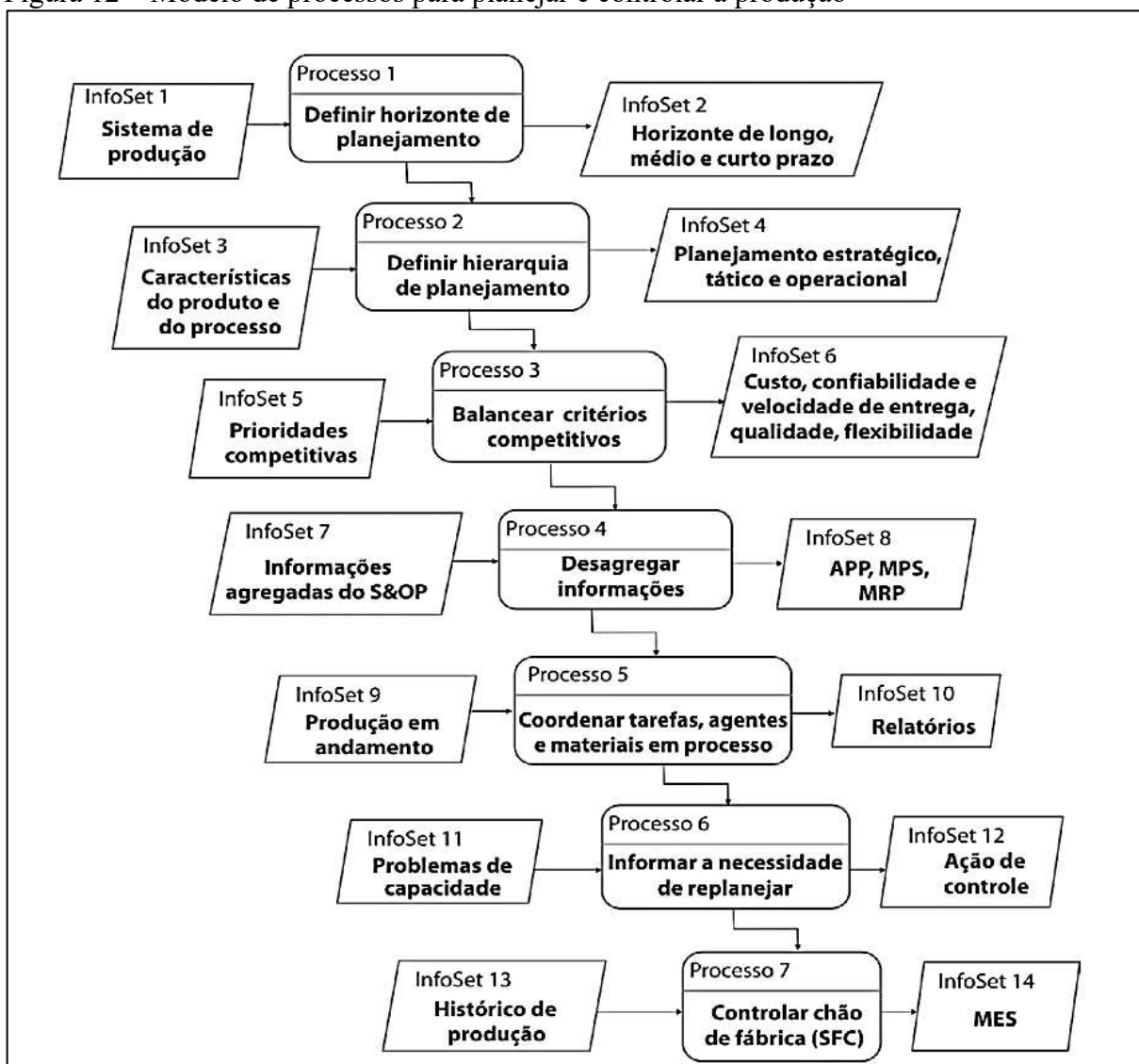
O balanceamento entre critérios competitivos, como custo, qualidade, confiabilidade, velocidade e flexibilidade, direciona o planejamento da produção e assegura o alinhamento entre a estratégia organizacional e as decisões operacionais. A partir desse direcionamento, por meio do Plano Agregado de Produção (APP), as informações são desagregadas em planos de produção específicos, como o Plano Mestre de Produção (MPS) e o Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP), permitindo maior precisão na programação das operações e na alocação dos recursos produtivos (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Durante o processo de produção, é crucial coordenar tarefas, agentes e materiais, monitorando o progresso por meio de relatórios operacionais e de sistemas de execução da manufatura (Manufacturing Execution Systems – MES). Esses instrumentos possibilitam a

identificação de desvios e de problemas de capacidade, bem como o acionamento de mecanismos de controle e replanejamento, permitindo gerenciar a produção e comunicar problemas de forma eficiente.

Dessa forma, conforme ressaltam Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019), o modelo evidencia o caráter dinâmico do PCP, no qual as informações do chão de fábrica retroalimentam continuamente o planejamento, assegurando maior coerência e melhor desempenho do sistema produtivo, conforme sintetizado na Figura 12.

Figura 12 – Modelo de processos para planejar e controlar a produção

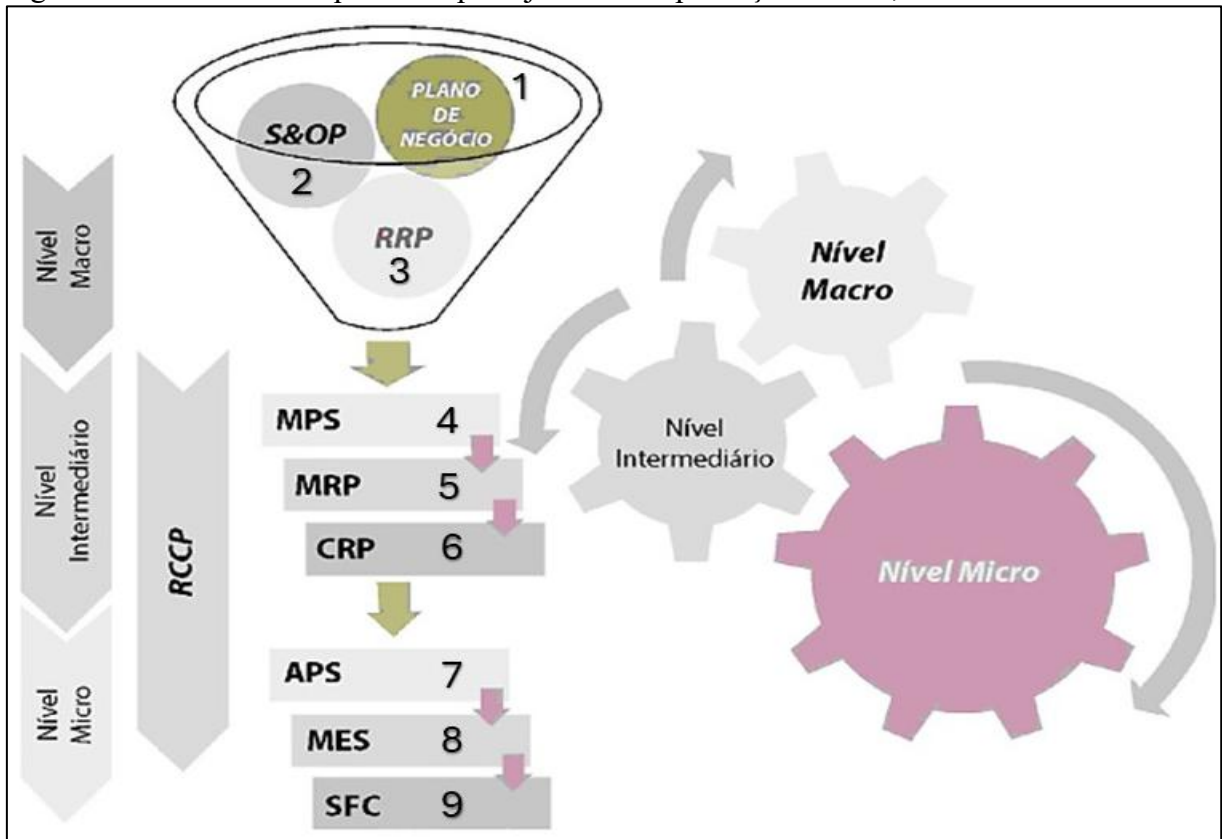


Fonte: Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019, p. 26).

Diante desses modelos, numa perspectiva mais atual, Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019, grifo nosso), apresentam uma divisão do processo de planejamento da capacidade e gestão de recursos em três níveis hierárquicos, sendo eles: **macro**, **intermediário** e **micro**,

conforme ilustrado na Figura 13, destacando a relevância crucial da integração harmônica desses níveis por meio dos processos de negócios envolvidos.

Figura 13 – Níveis hierárquicos do planejamento da produção: macro, intermediário e micro



Fonte: Adaptado de Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019).

Conforme a divisão apresentada por Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019, grifo nosso), no planejamento em nível macro, encontram-se os seguintes processos: (1) Processo de definição e ajuste das Diretrizes da empresa documentado no **Plano de Negócio**; (2) Processo de planificação das vendas e planejamento das operações – **S&OP** (*Sales and Operations Planning*); (3) Processo de planejamento da capacidade de longo prazo – **RRP** (*Resource Requirement Planning*).

No nível intermediário, é realizado o planejamento da capacidade a médio e curto prazo, conhecido como **RCCP** (*Rough Cut Capacity Planning*) que abrange até o **APS** (*Advanced Planning Scheduling*) do nível micro. Os processos que ocorrem no nível intermediário são: (4) Processo de gestão da demanda – **MPS** (*Master Production Scheduling*); (5) Processo de gestão de materiais – **MRP** (*Materials Requirement Planning*); (6) Processo de planejamento de capacidade de curto prazo – **CRP** (*Capacity Requirements Planning*) (Guerrini; Belhot; Azzolini Júnior, 2019, grifo nosso).

No nível micro, os processos relacionados são os seguintes: (7) Processo de sequenciamento e programação da produção – **APS**; (8) Processo de deliberação e controle da fábrica – **PIMs/MES** (*Manufacturing Execution Systems*); (9) Processo de apontamento das rotinas dos processos de fabricação da fábrica – **SFC** (*Shop Floor Control*) (Guerrini; Belhot; Azzolini Júnior, 2019, grifo nosso).

Importante ressaltar que a ausência ou ineficácia de um setor de controle de produção pode causar conflitos entre os departamentos de vendas e produção, devido à falta de comunicação, falta de organização e sobrecarga em um departamento em relação ao outro (Gonçalves *et al.*, 2022).

2.4.2 Evolução do PCP

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) teve seu início marcado pela Revolução Industrial, período em que se tornou possível produzir em larga escala e criar meios para o consumo em massa. A partir desse contexto, os sistemas de PCP evoluíram como resultado do desenvolvimento da Administração, especialmente a partir das contribuições de Frederick W. Taylor e Henri Fayol no início do século XX. Taylor destacou-se pelos princípios da administração científica, fundamentados na observação, medição, análise e aprimoramento dos métodos de trabalho, estabelecendo bases para a racionalização dos processos produtivos.

Posteriormente, outros estudiosos ampliaram essas contribuições, com destaque para Frank Gilbreth e Henry Gantt, que aprofundaram os estudos sobre movimentos e tempos, além de desenvolverem ferramentas voltadas ao sequenciamento e à programação da produção. Essas abordagens permitiram maior previsibilidade e controle das atividades industriais, consolidando fundamentos essenciais para a estruturação do PCP moderno (Lustosa *et al.*, 2008).

Assim como ocorre na Gestão da Qualidade, é relevante destacar os principais autores que contribuíram para a consolidação do PCP como área de conhecimento. Entre eles, destacam-se Orlicky, Goldratt, Elmaghraby, Baker, Pinedo, Silver, Buffa, Ohno, Montgomery e Burbidge. Em especial, Joseph Orlicky, Eliyahu M. Goldratt e Taiichi Ohno produziram obras que geraram impactos significativos na prática industrial, enquanto Baker, Pinedo e Silver exerceram forte influência no campo teórico e científico da área.

Segundo Fernandes *et al.* (2007), Silver, em conjunto com Buffa, Berry, Vollman e Whybark, teve papel central na consolidação do ensino do PCP, especialmente por meio do desenvolvimento de modelos analíticos e da sistematização do planejamento da produção.

Essas contribuições favoreceram a disseminação dos conceitos do PCP tanto no meio acadêmico quanto no ambiente industrial, ampliando sua aplicabilidade e relevância.

Com o término da Segunda Guerra Mundial, iniciou-se uma nova fase de evolução do PCP, fortemente influenciada pela necessidade de reconstrução industrial. Nesse contexto, Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, desenvolveu os princípios do sistema de planejamento e controle da produção conhecido como Just in Time (JIT). Esse sistema baseia-se na produção da quantidade exata no momento exato, associada ao conceito de automação com um toque humano, buscando reduzir estoques e eliminar desperdícios.

O conjunto dessas práticas deu origem ao Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System – TPS), desenvolvido entre as décadas de 1950 e 1970, que se consolidou como um modelo inovador de gestão industrial. O TPS incorporou conceitos como o Jidoka, que permite a interrupção do processo produtivo para correção de problemas, e tornou-se a base conceitual da produção enxuta (lean manufacturing), influenciando profundamente os sistemas produtivos em escala mundial (Guerrini; Belhot; Azzolini Júnior, 2019).

Com o avanço tecnológico no período pós-guerra, a crescente complexidade dos bens produzidos passou a exigir cálculos mais elaborados, inviáveis de serem realizados apenas de forma manual. Nesse cenário, destacam-se figuras pioneiras como Joseph Orlicky, em 1960, e Oliver Wight, em 1981, responsáveis pelo desenvolvimento dos sistemas Materials Requirement Planning (MRP) e Manufacturing Resources Planning (MRP II), respectivamente, que marcaram o advento dos primeiros sistemas estruturados de PCP na indústria.

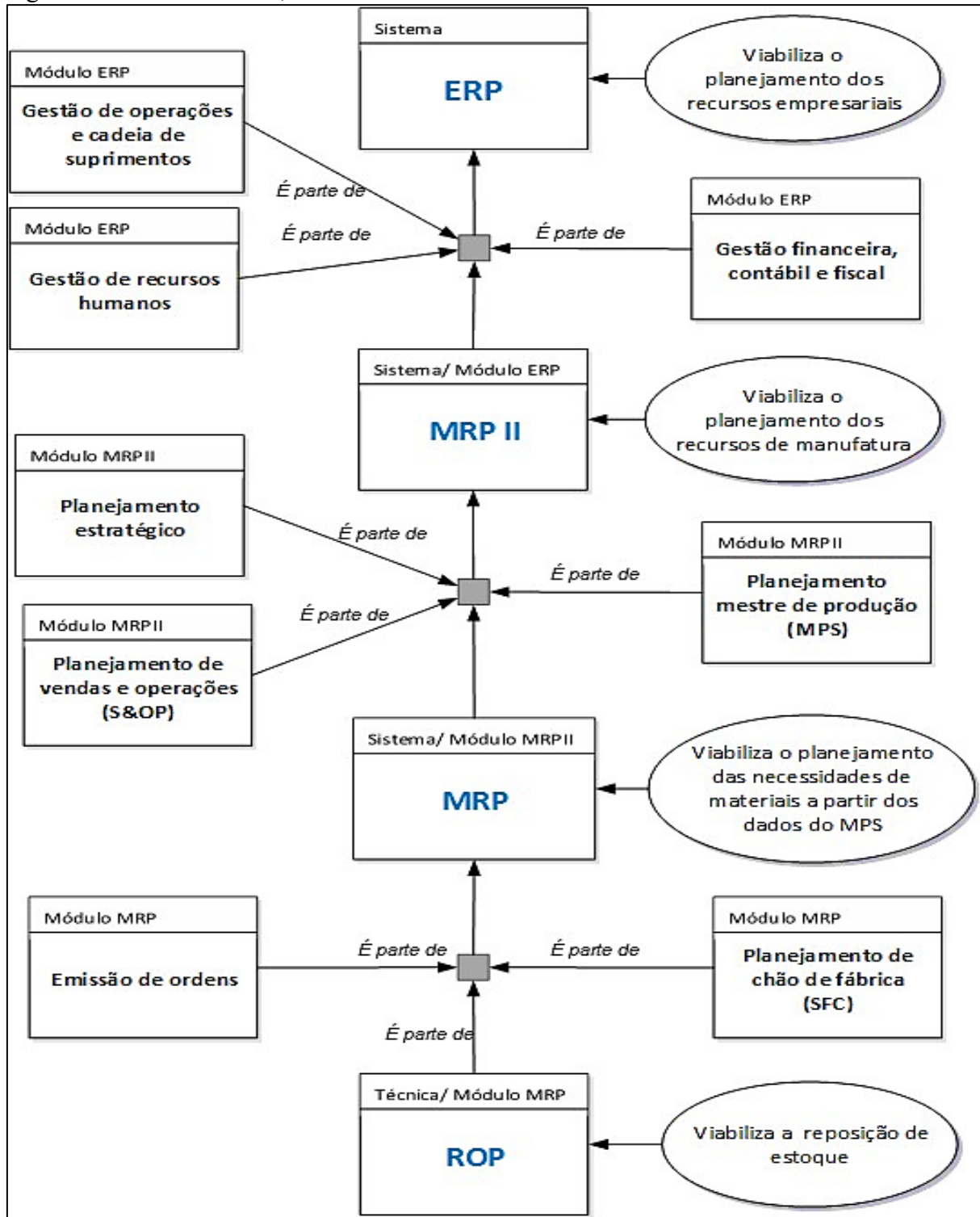
Uma característica distintiva do MRP em relação aos métodos anteriores foi a capacidade de reprogramar itens de estoque com base na estrutura do produto, permitindo maior integração entre demanda, materiais e produção. Esses sistemas tornaram-se precursores das soluções modernas de planejamento e controle da produção, amplamente difundidas no setor industrial (Guerrini; Belhot; Azzolini Júnior, 2019).

Com a intensificação do avanço tecnológico, especialmente no campo da tecnologia da informação, surgiram sistemas integrados de gestão, como o MRP voltado à gestão de estoques e compras, o MRP II voltado ao planejamento de recursos financeiros e de mão de obra, e o ERP (Enterprise Resources Planning), caracterizado pela integração dos diversos processos empresariais por meio de softwares. Esses sistemas revolucionaram a gestão da produção ao permitir o planejamento integrado e o controle sistêmico dos recursos organizacionais (Guerrini; Belhot; Azzolini Júnior, 2019; Lustosa et al., 2008).

Nesse contexto evolutivo, a Figura 14 apresenta os sistemas tradicionais de PCP, conforme a classificação proposta por Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019), evidenciando

a progressiva sofisticação das ferramentas de apoio à gestão da produção ao longo do tempo.

Figura 14 – Sistemas MRP, MRPII e ERP



Fonte: Adaptado de Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019).

Os sistemas tradicionais de PCP estão intrinsecamente ligados à evolução histórica de uma série de metodologias e tecnologias fundamentais no campo da gestão de operações.

Esta linha evolutiva começa com o **Ponto de Reencomenda ou Reabastecimento** (ROP, do inglês *Reorder Point*), avança através do **Planejamento das Necessidades Materiais** (MRP), segue para o **Planejamento dos Recursos de Manufatura** (MRP II) e culmina na implantação de sistemas de **Planejamento dos Recursos Empresariais** (ERP). Cada etapa desta evolução representa um avanço significativo na maneira como as empresas organizam, planejam e controlam seus recursos de produção, visando a otimização dos processos, a redução de desperdícios e o aumento da eficiência operacional (Guerrini; Belhot; Azzolini Júnior, 2019, grifo nosso).

Para Guerrini, Belhot e Azzolini Júnior (2019) os sistemas MRP, MRPII e ERP são ferramentas de gestão empresarial que evoluíram ao longo do tempo para atender às necessidades de planejamento e controle da produção. A seguir são apresentados a descrição de cada sistema conforme os autores.

O MRP é um sistema de planejamento e controle de produção que determina quanto e quando comprar ou produzir os itens necessários para atender à demanda. Suas principais funcionalidades incluem: a) cálculo das necessidades líquidas de materiais; b) emissão de ordens de compra e fabricação; c) acompanhamento da situação dos pedidos por meio do ROP. O ROP trata-se de uma técnica de controle de estoque que determina o nível de estoque em que um novo pedido deve ser feito para evitar a ruptura de estoque. Esse sistema é baseado na análise do consumo médio e do tempo de entrega dos produtos. Quando o estoque atinge o ponto de reabastecimento, um pedido é gerado automaticamente, garantindo que os produtos estejam sempre disponíveis para atendimento à demanda.

O MRPII é uma evolução do MRP que integra outras áreas da empresa, como finanças e recursos humanos. Ele permite o planejamento e controle de todos os recursos necessários para a fabricação, incluindo: planejamento da capacidade; programação da produção; controle de estoque; gestão financeira.

O ERP é um sistema integrado de gestão empresarial que abrange todas as áreas de uma organização como finanças, recursos humanos, produção e logística. Ele permite a integração de dados e processos, proporcionando: visão unificada da empresa; acesso a informações em tempo real; melhoria na tomada de decisões; redução de custos e aumento da eficiência.

Algumas técnicas utilizadas no PCP incluem o planejamento mestre da produção, o cálculo das necessidades de materiais (MRP) e o controle da produção *Just-in-time*. O uso de *softwares* de gestão da produção tem se tornado cada vez mais comum. Dentre os desafios

destacam-se: a incerteza da demanda, a variabilidade dos processos e a cooperação entre diferentes áreas da empresa (Tubino, 2017).

Portanto, desses pressupostos teóricos, entende-se que os sistemas MRP, MRPII e ERP evoluíram para atender às necessidades de planejamento e controle da produção, viabilizando maior integração das informações organizacionais. Essa evolução possibilita a articulação entre diferentes áreas da empresa, colaborando com o aumento da eficiência operacional, da confiabilidade dos dados e da competitividade. Além disso, esses sistemas passam a oferecer suporte estruturado à tomada de decisão, criando bases consistentes para o gerenciamento de projetos, abordado na seção seguinte.

2.5 Gerenciamento de projetos

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018, p. 982) consideram o termo projeto como sendo: “um conjunto de atividades que tem ponto de partida e estado final definidos, o qual persegue uma meta definida e usa um conjunto definido de recursos”. Para esses autores, gerenciar projetos envolve definir, planejar e controlar projetos de qualquer tipo, buscando equilibrar qualidade, tempo e custo. Essa atividade abrange a administração dos ciclos de vida e objetivos de desempenho em diferentes funções dentro de uma organização.

O gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas para atingir os objetivos de um projeto. Ele envolve o planejamento, a execução e o controle de todas as fases do projeto, desde a concepção até a conclusão. Algumas áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos incluem a gestão do escopo, do tempo, dos custos, da qualidade, dos recursos humanos, das comunicações, dos riscos e das aquisições. O uso de *softwares* de gerenciamento de projetos também é comum. Os desafios incluem a complexidade dos projetos, a incerteza dos requisitos, a gestão das partes interessadas e a adaptação às mudanças (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2018).

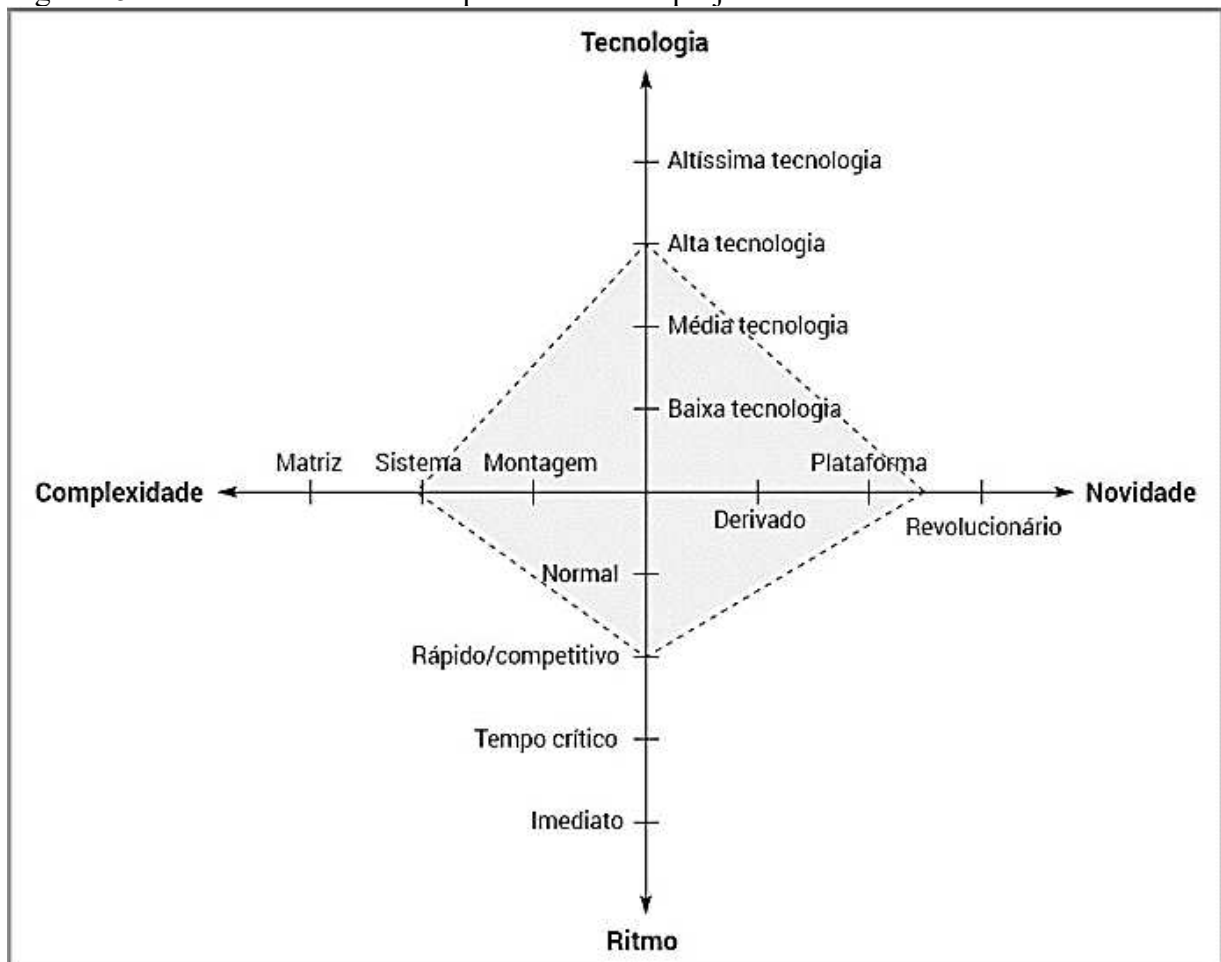
É importante adotar uma abordagem rigorosa e sistemática para o gerenciamento de projetos, independentemente do tamanho e tipo, devido à sua ampla aplicação em diversas áreas. Projetos podem variar desde pequenos empreendimentos até grandes empreendimentos com alta complexidade, demandando gestão profissional e expertise técnica (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2018).

Para diferenciar os projetos, o profissional responsável por gerenciá-los deve considerar características como “volume e variedade, sua escala, sua complexidade, o grau de

incerteza no projeto, quanta novidade está envolvida, a natureza da tecnologia (se houver) e o ritmo do projeto” (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2018, p. 931).

Dentre as abordagens alternativas para distinguir entre projetos, destaca-se a abordagem das características novidade-tecnologia-complexidade-ritmo do projeto. Essa abordagem diferencia projetos por meio do modelo de “diamante”, conforme ilustrado na Figura 15, proposto no trabalho de Aaron Shenhar e Dov Dvir em 2007 na construção do Airbus A380, aeronave *widebody* quadrimotor a jato para o transporte de passageiros, fabricada pela EADS Airbus (Shenhar; Dvir, 2007 *apud* Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2018).

Figura 15 – Modelo de “diamante” para diferenciar projetos



Fonte: Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018, p. 934).

A dimensão da **novidade** de um projeto está relacionada com o quão novo o resultado é para os clientes ou usuários, ou seja, para o mercado em questão (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2018, grifo nosso). Portanto, no Quadro 10 apresentam-se os três níveis dessa dimensão (derivado, plataforma e revolucionário) com suas respectivas definições e exemplos.

Quadro 10 – Níveis de novidade do projeto

NÍVEL DE NOVIDADE DO PROJETO	DEFINIÇÃO	EXEMPLOS
Projeto derivado	<ul style="list-style-type: none"> • Estender ou aprimorar produtos ou serviços já existentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver uma nova versão de um <i>laptop</i>; • Atualizar uma linha de produção.
Projeto de plataforma	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver e produzir novas gerações de produtos existentes ou novos tipos de serviços para mercados já existentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Montar uma nova geração de carro; • criar uma inovação na geração de sistemas móveis.
Projeto revolucionário	<ul style="list-style-type: none"> • Introduzir um novo produto, nova ideia ou novo uso de um produto, o qual os clientes nunca viram antes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Primeira máquina fotocopadora; • Primeiro iPod; • Primeiro pouso na lua.

Fonte: Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018, p. 935).

A dimensão da **tecnologia** dentro de um projeto pode variar dependendo do nível de inovação (baixa, média, alta e altíssima). Os projetos classificados como de baixa tecnologia geralmente não possuem muitas novas tecnologias e, portanto, podem ter seus designs fixados no início do projeto. Projetos de média tecnologia podem envolver a integração de uma única tecnologia nova, o que permite um congelamento inicial do design, mas podem exigir testes e correções à medida que o projeto avança. Já os projetos de alta tecnologia envolvem a integração de várias novas tecnologias, exigindo flexibilidade ao longo do tempo. Por fim, projetos de altíssima tecnologia exigem o desenvolvimento e teste de várias tecnologias novas, resultando no congelamento do design ocorrendo mais tarde no projeto (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2018, grifo nosso).

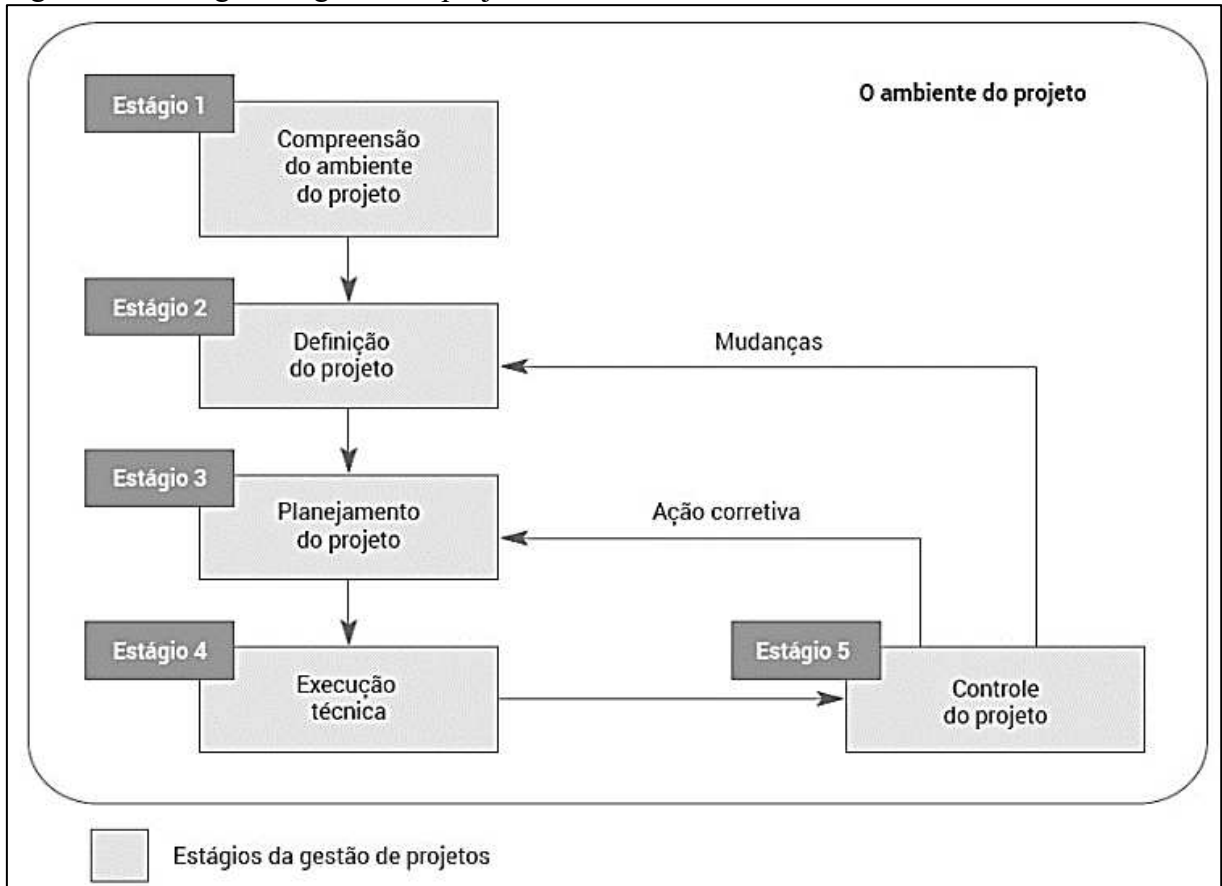
A dimensão da **complexidade** foca nos sistemas e subsistemas complexos, incluindo projetos de montagem com componentes autônomos que desempenham funções em um sistema maior. Por exemplo, desenvolvimento de um novo iPod e a criação de um novo módulo de graduação em administração de produção e processos. Enquanto a dimensão do **ritmo** em projetos se preocupa com a crítica do cronograma, pois o ritmo não se refere apenas à velocidade, podendo haver projetos urgentes que duram anos e projetos não urgentes que duram semanas. Ou seja, projetos que seguem um ritmo normal (preestabelecido), não são considerados críticos em termos de prazos (Slack; Brandon-Jones; Johnston, 2018, grifo nosso).

2.5.1 Estágios da gestão de projetos

Nessa seção, apresentam-se os estágios na elaboração de um projeto, a partir da visão de Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018). Os autores definem como sendo cinco

estágios na gestão de um projeto: entendimento do ambiente do projeto (estágio 1); definição do projeto (estágio 2); planejamento do projeto (estágio 3); execução técnica (estágio 4); e controle do projeto (estágio 5). Os estágios são mostrados graficamente na Figura 16.

Figura 16 – Estágios da gestão de projetos



Fonte: Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018, p. 935).

O estágio 1 (entendimento do ambiente do projeto) envolve fatores internos e externos que podem influenciá-lo, relacionados ao contexto e as circunstâncias onde será executado o projeto. Entende-se que essa etapa se refere ao ambiente de produção/execução.

O estágio 2 (definição do projeto) representa a fase em que o projeto é concebido e aprovado. As principais atividades desse estágio são: a) definir os objetivos; b) escopo do projeto; c) estratégia do projeto. Neste estágio, faz-se a identificação das partes interessadas e seus requisitos, avalia a viabilidade técnica e econômica e a obtenção da aprovação para prosseguir com o projeto.

O estágio 3 (planejamento do projeto) desenvolve um plano detalhado para sua execução. Esse estágio envolve as seguintes etapas: a) definir as atividades e seu sequenciamento; b) estimar os recursos necessários (equipe, orçamento, equipamentos etc.) e

prazos; c) desenvolver um cronograma realista; d) identificar e planejar como gerenciar os riscos.

O estágio 4 (execução técnica) é a fase em que o projeto é colocado em prática. Nessa etapa, as principais tarefas são: a) mobilizar a equipe e os recursos necessários; b) implementar o plano do projeto.

O estágio 5 (controle do projeto) compreende o monitoramento e controle do progresso do projeto em relação ao plano projetado, garantindo que o projeto permaneça no caminho certo. Envolve as seguintes atividades: a) monitorar o progresso e tomar ações corretivas quando necessário (identificar e resolver problemas); b) comparar o desempenho real com o planejado (medição de desempenho); c) gerenciar mudanças; d) gerenciar as partes interessadas e comunicar o *status* do projeto às partes interessadas. Os problemas ou mudanças que surgem durante a fase de controle podem necessitar de reavaliação e até resultar em ajustes na definição inicial do projeto.

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) ressaltam que os estágios representam mais do que uma mera sequência linear de etapas; eles constituem um processo complexo e interconectado, cujo desenvolvimento requer uma abordagem cuidadosa e estratégica. Esse entendimento é fundamental para a execução eficaz de projetos e iniciativas, assegurando que cada fase seja meticulosamente planejada e executada com a devida diligência.

2.6 Estruturas metálicas pré-fabricadas para a construção

O emprego de estruturas metálicas na indústria da construção civil remonta ao século XVII, marcando uma evolução significativa nos métodos construtivos. A introdução do aço como material base proporcionou a execução de projetos de construção não apenas eficazes em termos de desempenho estrutural, mas também superiores quanto à qualidade e ao padrão estético. A adoção do aço em projetos de construção está relacionada à otimização dos prazos de execução e ao incremento da produtividade no setor. Entretanto no contexto brasileiro, ainda prevaleça uma tendência marcante ao uso do concreto, motivada principalmente pela busca e redução de custos com materiais (Almeida; Auad, 2019).

As estruturas metálicas pré-fabricadas são cada vez mais populares na construção civil devido às suas vantagens, como rapidez de montagem, flexibilidade de *design*, menor geração de resíduos e sustentabilidade (Cunha; Palha, 2020; Silva; Soares, 2021). O aço é o material mais comumente utilizado nessas estruturas, pois possui alta resistência, durabilidade e facilidade de fabricação.

Segundo o estudo de Almeida e Auad (2019) o aço estrutural é o material mais utilizado nas estruturas metálicas, Entre os tipos mais citados na literatura, destacam-se o ASTM A-572 (aço de alta resistência mecânica e baixa liga) e o ASTM A-588 (aço de baixa liga, alta resistência mecânica e resistente à corrosão atmosférica).

Diferente das fábricas de produção em série, uma fábrica de estruturas metálicas apresenta um processo de fabricação relativamente simples e altamente flexível. Essa flexibilidade permite a execução simultânea de diversas operações específicas, adaptadas às exigências de cada projeto (PlanMetal, 2020).

Dentre alguns desafios relacionados à adoção de estruturas pré-fabricadas incluem: a) logística de transporte e montagem das estruturas pré-fabricadas, pois o transporte de grandes módulos pode ser complicado e caro, especialmente em áreas urbanas densas, além da montagem no local, demanda planejamento cuidadoso para garantir a segurança e a eficiência; b) maior controle de qualidade a fim de garantir a vida útil das estruturas; c) falta de integração de tecnologias no processo de construção e a capacitação adequados dos profissionais, são barreiras significativas (Ribeiro Junior *et al.*, 2020; Sabino; Loos, 2021; Sacchi; Souza, 2016).

De acordo com a classificação do tipo de PCP quanto ao ambiente de produção, visto na seção 2.2.3, os sistemas pré-fabricados de aço são normalmente classificados como ETO. Estudos (Bortolini; Formoso; Fabro *et al.*, 2020; Viana, 2019; Viana, 2015).

O sistema ETO é caracterizado pelo fato de que o início do empreendimento e, posteriormente, da produção é desencadeado pelo pedido dos clientes (Cardoso, 2021; Graziani, 2012; Lustosa *et al.*, 2008). Em ambiente ETO, há um alto grau de incerteza e complexidade, sendo essencial enfatizar o uso de sistemas de planejamento e controle que permitam a integração das diferentes fases do empreendimento: projeto, fabricação e montagem (Little *et al.*, 2000). Nesse sistema, o prazo de entrega prolongado é resultado da consideração não só do prazo de compra, mas também do prazo de projeto. Devido à falta de conhecimento por parte da empresa sobre as características específicas do produto a ser fornecido, é impraticável manter estoques de matérias-primas e componentes adquiridos antes da formação do pedido pelo cliente (Graziani, 2012; Lustosa *et al.*, 2008).

2.6.1 Processo de fabricação de estruturas metálicas

Conforme o estudo de Guarnier (2009), o processo de fabricação de estruturas metálicas é composto por diversas etapas que asseguram a qualidade e a durabilidade do produto. Esse processo ocorre, inicialmente, em ambiente fabril controlado, onde os elementos

estruturais são produzidos com elevado grau de precisão. Em seguida, realiza-se a montagem no local da obra. Essa abordagem proporciona ganhos significativos em termos de qualidade, eficiência e precisão, quando comparada aos métodos convencionais de construção (Cunha; Palha, 2020). As principais fases desse processo estão descritas no Quadro 11, conforme apresentado por Guarnier (2009).

Quadro 11 – Etapas do processo de fabricação de estruturas metálicas

ETAPAS	ATIVIDADES
1. Projeto e planejamento	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento do projeto estrutural, incluindo cálculos de cargas e dimensionamento dos elementos; • Elaboração de desenhos técnicos detalhados para cada componente da estrutura; • Planejamento da produção, definindo a sequência de fabricação e montagem.
2. Corte e conformação	<ul style="list-style-type: none"> • Recebimento e inspeção da matéria-prima (perfis, chapas, tubos, etc.); • Corte dos elementos estruturais de acordo com as dimensões especificadas no projeto; • Pode ser realizado por processos como oxicorte, plasma, serra ou guilhotina; • Conformação dos elementos, se necessário, por meio de dobramento, estampagem ou soldagem; • Essa etapa dá forma aos componentes conforme o projeto
3. Preparação de superfície	<ul style="list-style-type: none"> • Limpeza e remoção de impurezas, óleos e ferrugem de peças cortadas e conformadas; • Realizada por jateamento abrasivo, lixamento ou escovamento; • Aplicação de primer anticorrosivo para proteger a superfície metálica.
4. Montagem e soldagem	<ul style="list-style-type: none"> • Posicionamento e fixação temporária dos elementos estruturais de acordo com o projeto; • Soldagem dos componentes para unir permanentemente as peças; • Pode ser realizado por processos como MIG (<i>Metal Inert Gas</i>)/MAG (<i>Metal Active Gas</i>), eletrodo revestido ou arame tubular. (a solda MIG é mais indicada para materiais mais finos, enquanto a MAG é mais adequada para materiais mais espessos); • Inspeção visual e por ensaios não destrutivos para garantir a qualidade das soldas.
5. Pintura e acabamento	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de revestimento final, geralmente tinta epóxi ou poliuretano, para proteção contra corrosão; • Pode ser aplicado por spray ou curiosidade; • Acabamento final, incluindo corte de excessos, lixamento e polimento.
6. Transporte e montagem	<ul style="list-style-type: none"> • Embalagem e transporte da estrutura fabricada até o local da obra; • Montagem final da estrutura no local, com o auxílio de equipamentos de içamento; • Parafusos de alta resistência ou soldas são usados para conectar os elementos.

Fonte: Adaptado de Guarnier (2009).

Desse modo, entende-se que o processo de fabricação de estruturas metálicas requer planejamento, controle de qualidade e mão de obra especializada para garantir a segurança e durabilidade da construção. Cada etapa deve ser executada com precisão, seguindo rigorosamente os requisitos do projeto estrutural.

A fabricação de estruturas metálicas é um processo complexo que requer atenção detalhada em cada etapa, desde a seleção de materiais até o controle de qualidade. A implementação de boas práticas e a conformidade com normas são essenciais para garantir estruturas seguras. A sustentabilidade também deve ser considerada, especialmente no que diz respeito à reciclabilidade do aço e à eficiência dos processos utilizados (Satiro *et al.*, 2020).

2.6.2 Normas vigentes sobre atividades de fabricação de estruturas metálicas

Em relação às principais instituições responsáveis por regulamentar esse tipo de atividade estão: a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); a *American Institute of Steel Construction (AISC)*; a *American National Standards Institute (ANSI)*; a *American Society for Testing and Materials (ASTM)*; a *Society of Automotive Engineers (SAE)*; e a *Deutsch Industrie Norm (DIN)* (Santos; Pinas, 2023).

Considerando que no Brasil a ABNT é o órgão responsável por atender às exigências de projeto, cálculo e execução, é fundamental destacar as normas que regem as atividades na área de estruturas metálicas. Portanto, as Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBRs) mais relevantes estabelecidas por essa entidade profissional sobre esse tema (projeto de estrutura de aço e/ou estrutura de aço) são apresentadas no Quadro 12, sendo a NBR 8800:2024 a diretriz principal e as demais regulamentações documentos complementares.

Quadro 12 – Normas Brasileiras Regulamentadoras da ABNT sobre fabricação de estruturas metálicas

NORMA	DESCRIÇÃO
NBR 8800:2024	Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios: estabelece requisitos básicos para o projeto de estruturas de aço, incluindo aspectos de segurança e desempenho.
NBR 8681:2003	Ações e segurança nas estruturas: define os requisitos para a verificação da segurança das estruturas, considerando as ações que podem afetá-las.
NBR 6120:2019	Ações para o cálculo de estruturas de edificações: estabelece as ações mínimas a serem consideradas no projeto de estruturas de edificações, qualquer que seja sua classe e destino.
NBR 6123:2023	Forças devido aos ventos em edificações: trata das forças que o vento pode exercer sobre as edificações, essencial para o dimensionamento de estruturas.
NBR 14323:2013	Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio: estabelece os requisitos para o projeto das estruturas de aço sob condição de incêndio de edificações cobertas pelas NBR 8800 e NBR 14762, conforme os requisitos de resistência ao fogo, prescritos pela NBR 14432 ou legislação brasileira vigente.
NBR 14432:2001	Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações: estabelece critérios para a resistência ao fogo em elementos de construção, a fim de evitar colapso estrutural.
NBR 14762:2010	Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio: estabelece os requisitos básicos que devem ser obedecidos no dimensionamento, à temperatura ambiente, de perfis estruturais de aço formados a frio, constituídos por chapas ou tiras de aço-carbono ou aço de baixa liga, conectados por parafusos ou soldas e destinados a estruturas de edifícios.
NBR 16775:2020	Estruturas de aço, estruturas mistas de aço e concreto, coberturas e fechamentos de aço – Gestão dos processos de projeto, fabricação e montagem – Requisitos: Regula os processos envolvidos

	na fabricação e montagem de estruturas metálicas, garantindo a qualidade e a segurança.
NBR 16239:2013	Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações com perfis tubulares: estabelece os requisitos básicos que devem ser obedecidos no projeto à temperatura ambiente de estruturas de aço e mistas, de aço e concreto, de edificações, com perfis tubulares e ligações com parafusos ou soldas.

Fonte: Elaborada pelo autor.

3 METODOLOGIA

Esta investigação enquadra-se como um estudo de natureza aplicada, tendo como objeto de análise uma empresa metalúrgica localizada no estado do Ceará. A escolha da empresa decorreu do acompanhamento sistemático de suas atividades ao longo de aproximadamente um ano, durante o período da pandemia da Covid-19, o que possibilitou amplo acesso às informações operacionais necessárias ao desenvolvimento da pesquisa.

O conjunto analisado foi composto por seis projetos de estruturas metálicas em execução na fábrica no período compreendido entre setembro de 2021 e abril de 2022, não havendo seleção amostral, uma vez que foram considerados todos os projetos em andamento no intervalo analisado. Esses empreendimentos apresentam distintas tipologias e níveis de complexidade, representativos das atividades produtivas e da variabilidade operacional da empresa, conforme sintetizado no Quadro 13.

Quadro 13 – Caracterização dos projetos analisados no estudo de caso

Categoria do projeto	Descrição do projeto	Elementos estruturais executados	Grau de complexidade e volume de peças	Caracterização técnica
Edificação institucional	Projeto Corpo de Bombeiros	Apoios de tirantes; cantoneiras; chumbadores; chapas de espera, lisas e de ligação; colunas; conexões de suportes; contraventamentos verticais, horizontais e diagonais; diagonais simples e tubulares; escadas; esticadores; insertes; luvas de contraventamento; painéis metálicos; pendurais; pilares; suportes; talas; terças; tirantes; vigas principais, de travamento, treliçadas e tubulares	Alta complexidade e alto volume de peças fabricada	Elevada diversidade de componentes estruturais, com grande quantidade de peças e elevado nível de interferência no sequenciamento produtivo
Mobilidade urbana	Projeto Ponte	Chapas de ligação com e sem furos; chumbadores; longarinas; vigas de apoio; vigas de travamento; vigas transversinas	Alta complexidade e baixo volume de peças fabricada	Baixa diversidade de peças, porém com grandes dimensões e elevado peso unitário, exigindo cuidados específicos de fabricação e movimentação
Arena multiuso	Projeto Ginásio Poliesportivo	Chumbadores; colunas e colunetas; suportes de tirantes; talas; terças; tirantes; vigas de travamento; vigas principais; vigas arqueadas, casteladas, tipo caixa arqueadas e treliçadas; calhas e rufos	Alta complexidade e alto volume de peças fabricadas	Grande diversidade de peças estruturais, com elevado volume de fabricação e elevado nível de interferência no sequenciamento produtivo

Edificação institucional	Projeto Estação de Trem	Chumbadores; colunas e colunetas; suportes de tirantes; talas; terças; tirantes; passantes; vigas tipo caixa; vigas treliçadas; vigas com perfil coluna soldada	Alta complexidade e alto volume de peças fabricadas	Diversidade elevada de componentes metálicos, associada a alto volume produtivo com nível de interferência no sequenciamento produtivo.
Edificação educacional	Projeto Escola	Cantoneiras; chumbadores; colunas e colunetas; contraventamentos; diagonais simples; esticadores; luvas de contraventamento; pontaletes; tirantes; vigas de travamento; vigas treliçadas; calhas e rufos	Baixa complexidade e baixo volume de peças fabricada	Baixa diversidade de peças, com predominância de alguns modelos padronizados e baixo grau de variabilidade geométrica
Edificação comercial	Projeto Shopping	Cantoneiras; chumbadores; colunas e colunetas; contraventamentos; diagonais; esticadores; luvas de contraventamento; pontaletes; tirantes; vigas de travamento; vigas treliçadas; calhas e rufo	Baixa complexidade e baixo volume de peças fabricada	Baixa diversidade de peças, com predominância de alguns modelos padronizados e baixo grau de variabilidade geométrica

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

O grau de complexidade e o volume de peças adotados neste estudo, conforme sistematizado no Quadro 13, foram definidos a partir da diversidade de elementos estruturais, do número de componentes fabricados, das dimensões e dos pesos das peças, bem como do nível de padronização e de interferência no sequenciamento produtivo, em consonância com os objetivos da análise do PCP.

Essa diversidade de projetos possibilitou a análise do desempenho produtivo sob distintas condições de planejamento, volume e complexidade. Dessa forma, obteve-se uma base empírica consistente para a avaliação das práticas de PCP adotadas pela empresa ao longo do período estudado, bem como para a comparação dos resultados obtidos em diferentes contextos produtivos.

Os projetos analisados foram organizados propositalmente em ordem cronológica, do mais antigo para o mais recente, adotando-se esse critério como procedimento metodológico. Tal organização permitiu acompanhar de forma sistemática a evolução da implantação das práticas de PCP estruturado ao longo do período analisado.

3.1 Natureza e enfoque da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa de natureza exploratória-descritiva e retrospectiva, com abordagem quantitativa. Seu objetivo consiste em analisar a sistemática do processo construtivo,

bem como os fatores que influenciam seu desempenho, a partir de dados operacionais e da compreensão dos fluxos produtivos.

A pesquisa exploratória-descritiva amplia o conhecimento sobre o fenômeno estudado por meio da observação e descrição de suas características, enquanto a abordagem quantitativa permite a coleta e a análise de dados expressos numericamente, por meio de técnicas como frequências e percentuais acumulados (Fontelles *et al.*, 2009).

3.2 Técnicas de coleta de dados e instrumentos utilizados

O roteiro para a coleta de dados foi elaborado em consonância com os elementos estruturantes do PCP abordados por Corrêa e Corrêa (2012), contemplando aspectos como capacidade produtiva, arranjo físico da planta, controle de estoques e grau de automação. Esses referenciais orientaram a definição das variáveis analisadas e asseguraram a coerência entre os objetivos da pesquisa, o método adotado e o processo de análise dos dados.

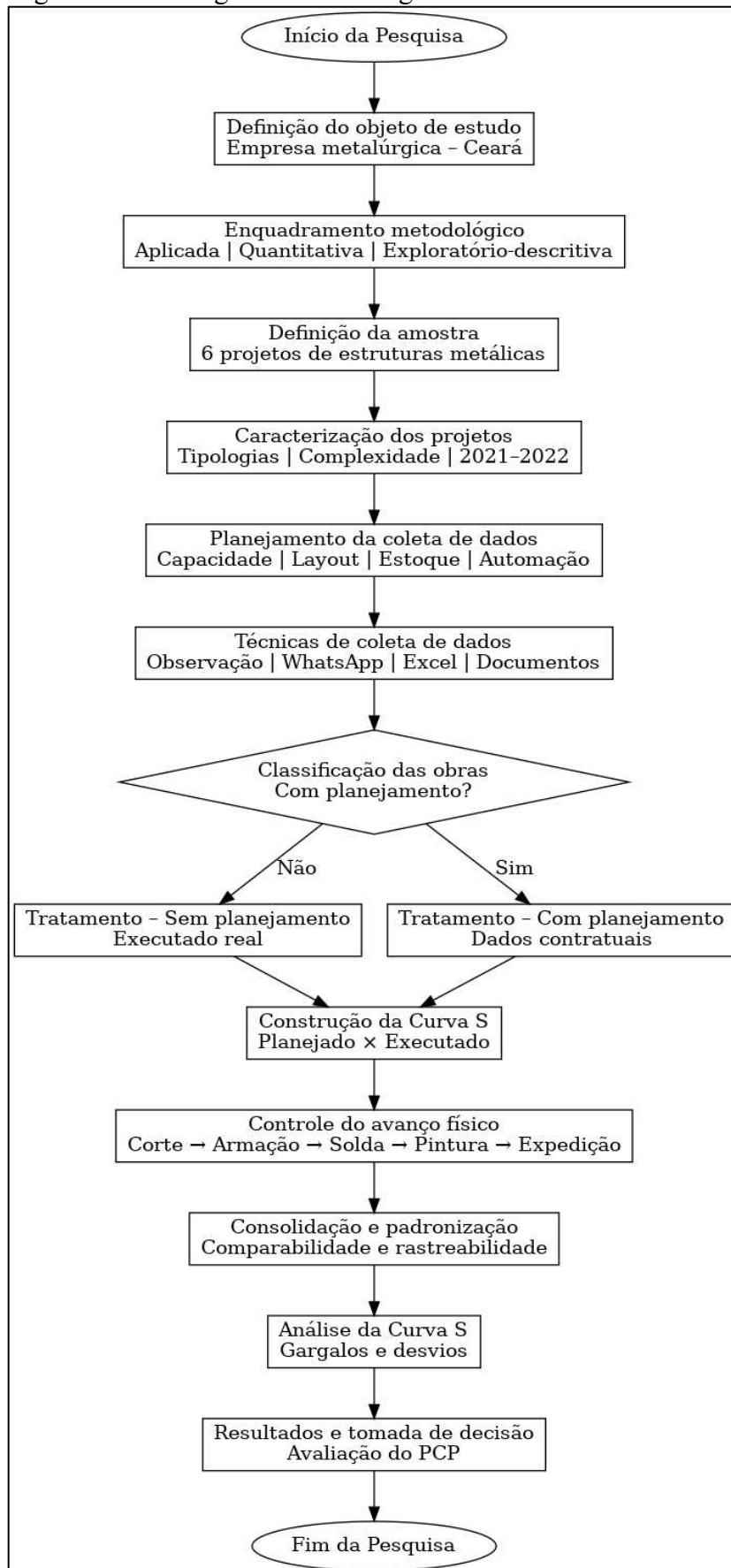
Quanto aos procedimentos técnicos, adotou-se uma abordagem observacional e documental, fundamentada na observação direta *in loco*, no acompanhamento sistemático da rotina industrial e na coleta digital de informações por meio do aplicativo WhatsApp. Essa estratégia possibilitou o registro contínuo das atividades produtivas, em consonância com a dinâmica operacional da empresa estudada.

As informações referentes às peças fabricadas foram coletadas diariamente e organizadas em planilhas eletrônicas desenvolvidas no software Microsoft Excel, considerando que cada peça possuía peso previamente definido pelo setor de projetos. O detalhamento dos registros e dos dados coletados por obra encontra-se apresentado no Apêndice C, assegurando transparência metodológica, rastreabilidade das informações e reprodutibilidade da análise.

Para fins de análise, selecionaram-se as variáveis “tempo” (em dias), “peso planejado” (em kg) e “peso acumulado (ou realizado)” (em kg), distribuídas ao longo das cinco etapas do projeto. Essas variáveis subsidiaram a elaboração dos gráficos necessários à análise, com destaque para a construção das Curvas S planejada e executada, representadas por linhas acumuladas ao longo do tempo, possibilitando o monitoramento físico-temporal da produção.

Com o propósito de organizar e explicitar a operacionalização do método adotado, o percurso metodológico foi estruturado por meio de um fluxograma. Esse recurso permite a visualização integrada das etapas da pesquisa e dos pontos de decisão metodológica, contribuindo para a clareza, a rastreabilidade e a consistência analítica do estudo, conforme ilustrado na Figura 17.

Figura 17 – Fluxograma metodológico



Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

3.3 Construção da Curva S, análise e tratamento dos dados

A Curva S foi adotada como instrumento de análise do desempenho produtivo, por meio da representação gráfica da evolução acumulada de indicadores como custo, peso produzido ou avanço físico ao longo do tempo. Essa ferramenta possibilitou a comparação entre os valores planejados e executados, bem como a identificação de desvios, atrasos e tendências de desempenho, subsidiando a tomada de decisão no âmbito da gestão da produção.

A construção da Curva S neste estudo baseou-se na coleta, organização e consolidação dos dados produtivos referentes às seis obras de estruturas metálicas analisadas. Para assegurar a comparabilidade entre projetos em diferentes estágios de execução, adotou-se uma abordagem metodológica que distinguiu obras com planejamento prévio daquelas sem planejamento formal, garantindo padronização, rastreabilidade e consistência analítica dos dados utilizados.

Nas obras que já se encontravam em andamento e não possuíam curva S de planejamento, utilizaram-se como fontes primárias os detalhamentos de projeto e os romaneios de expedição, por serem os registros disponíveis mais atualizados e capazes de representar o progresso físico real da produção. Nesses casos, a análise considerou exclusivamente os quantitativos efetivamente expedidos, uma vez que inexistia um planejamento estruturado que definisse o avanço previsto.

Para as obras com planejamento, a Curva S foi elaborada integralmente com base nos dados contratuais, capacidade produtiva da fábrica, os prazos estabelecidos com a engenharia e os marcos definidos no contrato de fornecimento, adotando-se o peso total detalhado pelo setor de projetos como parâmetro para a distribuição do avanço planejado ao longo do cronograma de fabricação e para o progresso físico real foi adotada a mesma técnica utilizada para as obras sem planejamento estruturado.

Com essa abordagem, tornou-se possível comparar, de forma metodologicamente estruturada e tecnicamente válida, o desempenho de obras com planejamento formal em relação às aquelas sem planejamento, independentemente do estágio de avanço físico. Tal procedimento fortaleceu a qualidade das interpretações e assegurou maior confiabilidade aos resultados obtidos ao longo da análise.

A determinação do avanço físico real seguiu o fluxo operacional da fábrica, refletindo o percurso das peças pelas etapas de corte, armação, soldagem, pintura e expedição. O controle da execução foi realizado por meio de marcas, que representavam conjuntos de

posições rastreadas ao longo do processo produtivo, permitindo registrar o avanço do peso total das peças em cada etapa.

Quando todas as posições associadas a uma marca eram concluídas em determinado processo, registrava-se o avanço correspondente, permitindo sua transição para a etapa subsequente. Dessa forma, cada mudança de setor refletia o avanço físico acumulado da produção, assegurando um acompanhamento preciso e coerente do progresso em cada fase produtiva.

A utilização combinada dos detalhamentos de projeto, dos romaneios de expedição e do controle progressivo por marcas possibilitou a elaboração de Curvas S planejadas e executadas tecnicamente representativas e alinhadas à dinâmica operacional da empresa. Essa abordagem permitiu identificar gargalos produtivos, oscilações no ritmo de fabricação e desvios associados a falhas de coordenação, restrições de recursos e fragilidades no planejamento.

Para fins de avaliação, os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas e representados graficamente por meio da Curva S, adotando-se como referência a curva planejada. Considerou-se desempenho satisfatório quando a curva executada se manteve próxima ou acima da planejada, e desempenho insatisfatório quando apresentou afastamentos significativos, sendo a confiabilidade assegurada pela verificação cruzada entre processos consecutivos.

De forma complementar à representação processual apresentada na Figura 17, a metodologia do estudo foi estruturada para assegurar coerência entre os objetivos da pesquisa, os procedimentos de coleta e a análise dos dados. Com o propósito de sistematizar e tornar mais clara a abordagem adotada, apresenta-se o Quadro 14, no qual são organizados os estágios, procedimentos e instrumentos utilizados, conforme defendem Gil (2017) e Corrêa e Corrêa (2012) quanto à importância da clareza, rastreabilidade e consistência metodológica.

Quadro 14 – Síntese da abordagem metodológica do estudo de caso

Etapa metodológica	Descrição	Procedimentos adotados	Instrumentos / Fontes
Definição da abordagem	Estruturação da pesquisa com foco no desempenho produtivo e no PCP	Abordagem observacional e documental aplicada a estudo de caso	Referencial teórico (PCP e Curva S)
Coleta de dados operacionais	Levantamento diário das informações do produto	Observação direta in loco e acompanhamento da rotina industrial	Observação direta; WhatsApp
Registro e organização dos dados	Consolidação das informações produtivas	Organização dos dados em planilhas eletrônicas	Microsoft Excel

Definição das variáveis de análise	Seleção das variáveis quantitativas	Tempo (dias), peso planejado (kg) e peso realizado (kg)	Dados de projeto e produção
Análise documental	Complementação e validação dos dados coletados	Análise de registros internos e romaneios de expedição	Detalhamentos de projeto; documentações técnicas
Construção da Curva S – obras sem planejamento	Representação do progresso físico real	Quantitativos expedidos	Excel; romaneios de expedição
Construção da Curva S – obras com planejamento	Elaboração da curva planejada e progresso físico real	Distribuição do peso total detalhado e quantitativos de expedição ao longo do tempo	Dados contratuais; capacidade produtiva; romaneios de expedição
Controle do avanço físico	Acompanhamento do progresso por etapa produtiva	Controle por marcas e avanço por processos (corte, armação, solda, pintura e expedição)	Registros operacionais
Análise do desempenho	Avaliação do comportamento produtivo	Comparação entre curvas planejada e executada	Curva S
Validação dos resultados	Garantia de confiabilidade e rastreabilidade	Verificação cruzada entre processos consecutivos	Dados operacionais consolidados

Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

4 ESTUDO DE CASO

A empresa objeto deste estudo corresponde a uma indústria metalúrgica localizada no estado do Ceará, com sede administrativa em Fortaleza e unidade fabril situada no município de Pacajus. A organização está instalada em uma área aproximada de 12.000 m² e conta com cerca de 300 colaboradores, distribuídos entre os setores administrativo, engenharia, projetos, comercial, fabricação, logística e montagem, atendendo tanto a obras públicas quanto privadas em diferentes segmentos da indústria.

No que se refere à sua atuação, a empresa dedica-se à fabricação de estruturas metálicas de médio e grande porte, desenvolvendo componentes estruturais e elementos complementares. Sua produção atende a diferentes tipologias de empreendimentos, com abrangência regional e interestadual, favorecida pela localização estratégica próxima a importantes eixos logísticos, operando de forma contínua no mercado nacional desde 1953.

Do ponto de vista produtivo, a organização caracteriza-se pela fabricação sob encomenda, com elevado grau de customização técnica, o que exige forte integração entre as etapas de projeto, planejamento, fabricação e expedição. Essa configuração resulta em significativa variabilidade quanto ao volume produzido, à diversidade de peças e ao nível de complexidade dos projetos executados.

Para fins metodológicos e visando à preservação da confidencialidade institucional, esses projetos são descritos apenas quanto à sua natureza, localização e características técnicas, sem identificação nominal de empresas contratantes ou executoras, destacando-se, a seguir, os projetos analisados neste estudo de caso:

- (i) uma edificação institucional localizada no município de Fortaleza-CE, vinculada a um complexo público estadual, envolvendo a execução de estruturas metálicas de fachada e cobertura;
- (ii) uma obra de infraestrutura no município de Porto Alegre-RS, relacionada a uma ponte urbana, com fabricação de elementos estruturais de grande porte e elevado peso unitário;
- (iii) uma arena multiuso na região metropolitana de Belém-PA, contemplando a execução de coberturas e arquibancadas de um ginásio poliesportivo;
- (iv) um empreendimento de transporte ferroviário no município de São Paulo-SP, correspondente a uma estação de trem, com fabricação de estruturas metálicas para passarelas e coberturas;
- (v) uma edificação educacional localizada no município de Barcarena-PA,

- caracterizada por soluções estruturais mais padronizadas;
- (vi) uma edificação comercial no município de Sobral-CE, referente à ampliação de um shopping, envolvendo estruturas de cobertura e marquises metálicas.

A diversidade tipológica e operacional desses projetos possibilitou analisar o desempenho produtivo da empresa sob diferentes condições de planejamento, volume e complexidade, refletindo a variabilidade inerente ao seu ambiente produtivo. Essa caracterização fundamenta a análise comparativa realizada ao longo do estudo, especialmente no que se refere à aplicação das curvas S e à avaliação das práticas de PCP adotadas, conforme sintetizado no Quadro 13 e discutido nos capítulos subsequentes.

4.1 Diário de campo do pesquisador

Durante visitas técnicas à sede da empresa e em diálogo com o diretor executivo, constatou-se que o ambiente produtivo se enquadra no modelo ETO, com produção puxada. Nesse modelo, a fabricação das peças é iniciada somente após a confirmação do pedido do cliente, incluindo a aprovação do projeto e do orçamento, culminando na entrega das estruturas metálicas no local de montagem definido pelo contratante.

No setor fabril, a partir das observações in loco e das entrevistas com técnicos de produção, verificou-se que a organização adota predominantemente o sistema de produção por projeto, adequado à natureza customizada das demandas atendidas. Esse sistema está alinhado às características do modelo ETO, no qual cada empreendimento apresenta requisitos técnicos específicos e baixo nível de padronização entre projetos.

Entretanto, identificou-se que o setor de armação complementa esse modelo por meio do sistema de produção em lote, ao agrupar peças de uma mesma marca em gabaritos metálicos. Essa estratégia visa ampliar a escala produtiva em etapas específicas do processo, conciliando a customização do produto com ganhos pontuais de eficiência operacional.

Quanto ao processo operacional, constatou-se que a empresa realiza a produção de bens de forma discreta e sob encomenda. Todavia, a natureza do produto aproxima-se de uma prestação de serviço, uma vez que o valor agregado está concentrado principalmente na engenharia de projeto, na customização técnica e na adequação às normas aplicáveis, mais do que na fabricação da estrutura metálica em si.

No que se refere à gestão da produção, verificou-se que a empresa não utiliza sistemas informatizados integrados, como ERP, MRPII, MRP ou ROP, para o gerenciamento das operações. O planejamento, as compras e o controle de estoques são realizados de forma

manual ou parcialmente informatizada, com o apoio de planilhas eletrônicas e comunicação direta entre os setores envolvidos.

Como consequência desse modelo de gestão, identificou-se que a falta de materiais é frequentemente percebida apenas na etapa de corte, elevando o risco de ruptura de estoque e o aumento do lead time de entrega. Além disso, o ponto de reposição não é formalizado, baseando-se em verificações empíricas, o que compromete a continuidade do fluxo produtivo e a previsibilidade das operações.

A ausência de um sistema MRP implica que os cálculos de necessidade de materiais são feitos sem considerar, de forma automatizada, os níveis de estoque, os tempos de reposição e os planos de produção futuros. Da mesma forma, a inexistência de um MRPII, o qual incluiria a programação de recursos produtivos (máquinas, mão de obra e capacidade instalada), torna a programação da produção mais suscetível a imprevistos e conflitos de prioridade.

Segundo Slack e Brandon-Jones (2019), a adoção de sistemas como ERP e MRP contribui significativamente para a padronização dos processos, a previsibilidade da produção e a redução de custos operacionais. Dessa forma, a ausência desses sistemas representa uma limitação ao crescimento sustentável da organização, bem como à sua capacidade de resposta frente às variações de demanda.

Com base nas observações diretas do processo produtivo, identificaram-se gargalos operacionais que comprometem a eficiência, a qualidade e o desempenho organizacional, revelando falhas estruturais no sistema produtivo, com impacto direto em custos, prazos e padronização técnica. As principais não conformidades observadas foram:

- Ausência de planejamento operacional estruturado nas atividades de fabricação, ocasionando retrabalhos, desperdício de tempo e queda de produtividade, em decorrência da falta de métodos formais de programação e sequenciamento das atividades.
- Deficiência na comunicação entre os setores fabril e administrativo, gerando atrasos na troca de informações técnicas e operacionais, impactando negativamente a agilidade na tomada de decisão e o cumprimento dos prazos estabelecidos com os clientes.
- Frequentes alterações na programação de peças em fabricação, resultando em atrasos na execução das obras, desalinhamento entre os setores de projeto e produção, além da necessidade de improvisações em campo.

- Desorganização no controle de estoques de matéria-prima e peças em processo, dificultando a rastreabilidade, aumentando o risco de reutilização de chapas e a necessidade de aquisições redundantes. Essa condição reforça a ausência de sistemas formais de controle, como o ROP e políticas de inventário em cada setor de operação, com informações da localização das chapas, posições e marcas respectivamente. A sugestão é melhorar o layout e a comunicação entre os setores.
- Terceirização mal estruturada das atividades, com alocação de tarefas a prestadores de serviço sem critérios técnicos claros, ausência de contratos com cláusulas de desempenho.
- Observam-se variações significativas na padronização dos serviços, as quais resultam em inconsistências na qualidade final dos produtos. Embora a empresa possua Procedimentos Operacionais Padronizados (POPs), verifica-se que estes não são aplicados de forma sistemática no processo produtivo, tampouco há a existência de um programa formal de treinamento que assegure sua correta implementação, evidenciando fragilidades no sistema de controle da qualidade.
- Falta de capacitação técnica continuada para soldadores, sem oferta de treinamentos periódicos ou avaliação de desempenho. Como aponta Guerrini (2012), essa lacuna é crítica em sistemas de produção por projeto e por lote, os quais demandam especialização e padronização.
- Inexistência de controle de produção em tempo real, com ausência de indicadores de desempenho ou sistemas informatizados que permitam o acompanhamento contínuo da execução. A falta de visibilidade sobre o progresso da produção compromete a gestão proativa e a identificação de desvios operacionais.
- Ausência de plano de manutenção preventiva dos equipamentos, levando a paradas não programadas e falhas técnicas evitáveis, com impacto direto na capacidade produtiva e na confiabilidade das entregas.
- Falta de documentação formal sobre problemas operacionais que impactam nos processos, como relatórios de não conformidade, o que impede a rastreabilidade dos problemas em cada processo da fábrica e a consolidação de uma cultura de melhoria contínua, baseada em dados históricos e evidências operacionais.

- Ausência de um plano sistemático de inspeção e controle de qualidade, sem aplicação de ferramentas de Controle Estatístico de Processo (CEP) ou checklists operacionais, contrariando os princípios de gestão da qualidade preconizados pelo autor Juran.

A efetividade da gestão da produção está associada ao alinhamento entre planejamento, controle e execução das atividades operacionais. As evidências observadas indicam a necessidade de maior digitalização e integração dos sistemas de gestão, especialmente em ambientes de produção sob encomenda, conforme Corrêa e Corrêa (2016). Esse contexto revela oportunidades para a adoção de boas práticas de engenharia, gestão da qualidade e operacional, visando maior eficiência, padronização e sustentabilidade produtiva.

4.1.1 Organograma da sede da empresa de estruturas metálicas

Durante a vivência na empresa, foi possível analisar a configuração da estrutura administrativa e produtiva, identificando os níveis de autoridade, as linhas de subordinação e a organização analítica dos processos. A partir dessa análise, constatou-se a necessidade de elaborar um organograma que, mais do que uma representação gráfica, atue como instrumento gerencial capaz de refletir o funcionamento real da organização, contribuindo para a comunicação interna, a definição de responsabilidades e o suporte ao processo decisório.

Dessa forma, foram elaborados organogramas que representam a estrutura organizacional da empresa e os processos vinculados aos projetos, apresentados nos Apêndices A e B. Esses organogramas abrangem as perspectivas da “Empresa” e do “Projeto”, permitindo uma visão integrada das relações hierárquicas e operacionais existentes no contexto organizacional analisado.

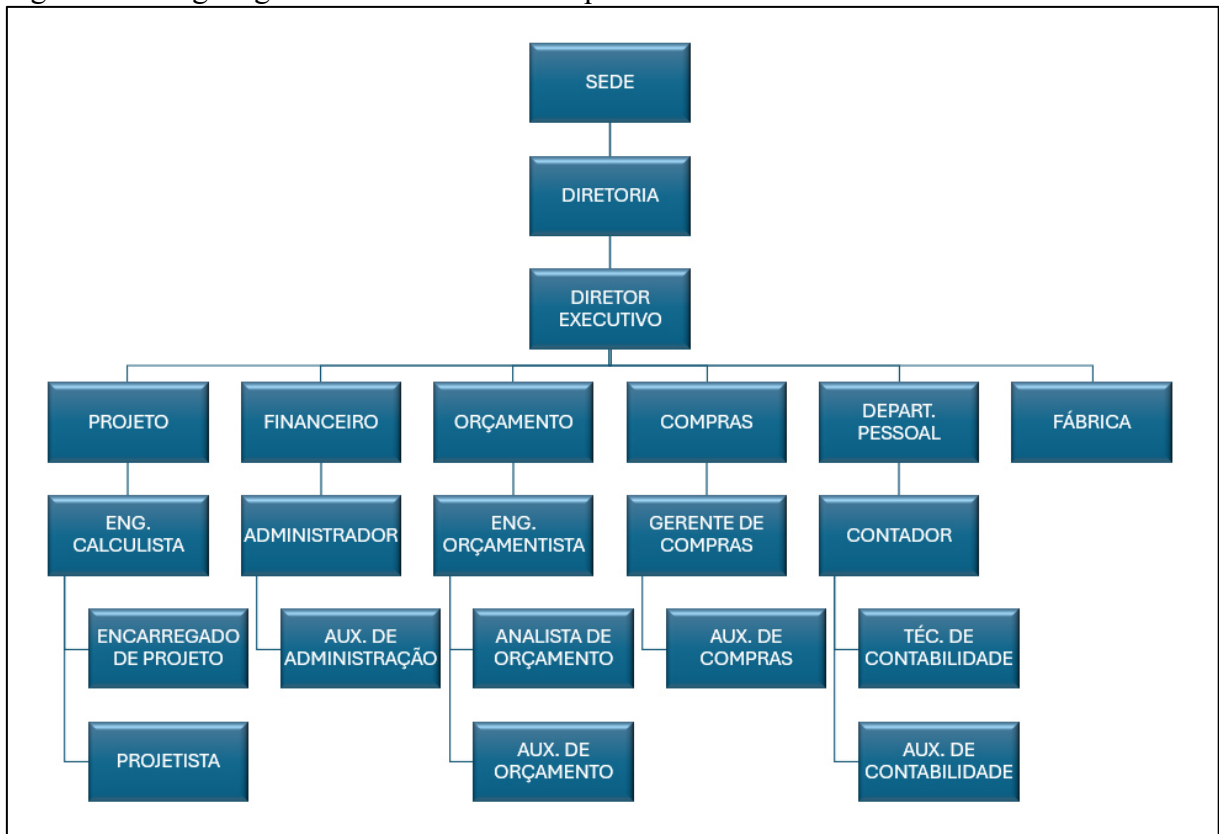
Com o objetivo de tornar mais clara a compreensão da estrutura organizacional e dos processos relacionados aos projetos, os organogramas apresentados foram estruturados de forma segmentada em cinco partes. Essa segmentação contempla a estrutura hierárquica da sede, a estrutura hierárquica da fábrica, o processo documental, o processo de fabricação e o processo de qualidade.

A opção pela segmentação justifica-se pela elevada complexidade do organograma completo, cuja apresentação em um único esquema poderia comprometer a legibilidade e dificultar a interpretação. Assim, a abordagem adotada permite destacar de maneira didática os diferentes níveis hierárquicos e setores funcionais da organização, favorecendo uma análise

mais precisa das responsabilidades, das relações de subordinação e dos fluxos processuais, conforme ilustrado nas Figuras 18 a 22.

O organograma da estrutura hierárquica da sede da empresa observado na Figura 18 é composto por diferentes departamentos e diversos profissionais. Na parte superior, a Sede da empresa é representada pela Diretoria na pessoa do Diretor Executivo. Logo abaixo, subordinados à Diretoria, estão os departamentos de Projeto, Financeiro, Orçamento, Compras, Departamento Pessoal e o setor de Fábrica, os quais são geridos por engenheiro calculista, administrador, engenheiro orçamentista, gerente de compras, contador, além de suas respectivas equipes auxiliares.

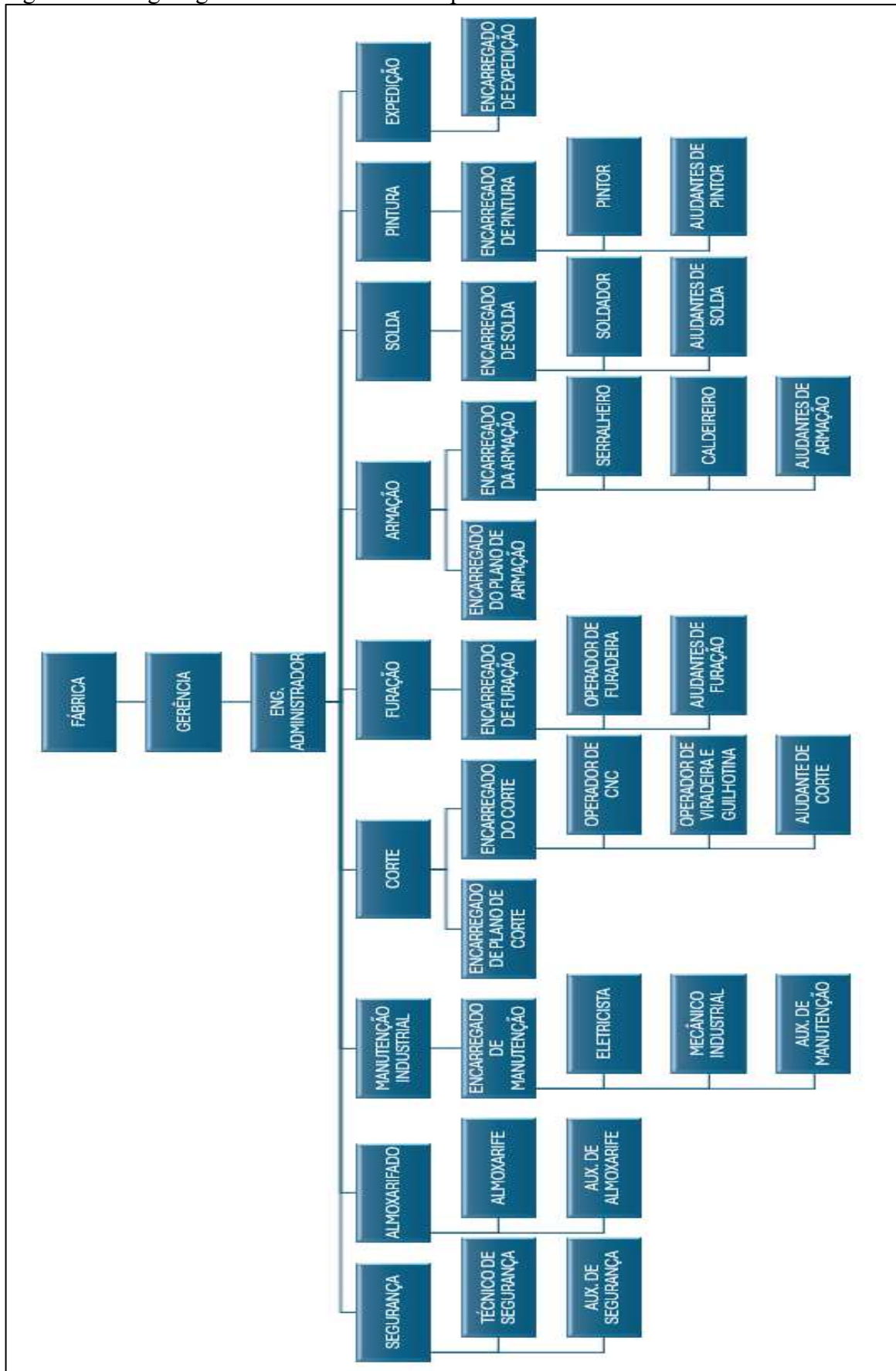
Figura 18 – Organograma da estrutura hierárquica da sede



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

O organograma da Fábrica é mostrado na Figura 19, o qual incorpora as seguintes posições: a gerência e a engenharia administrativa e se desdobra nos setores operacionais de corte, furação, armação, solda, pintura e expedição, cada um com seus respectivos encarregados e equipes de execução. O organograma inclui ainda áreas de apoio, como manutenção industrial, almoxarifado e segurança, evidenciando a integração entre os processos produtivos e as funções de suporte, evidenciando responsabilidades e linhas de subordinação no fluxo produtivo.

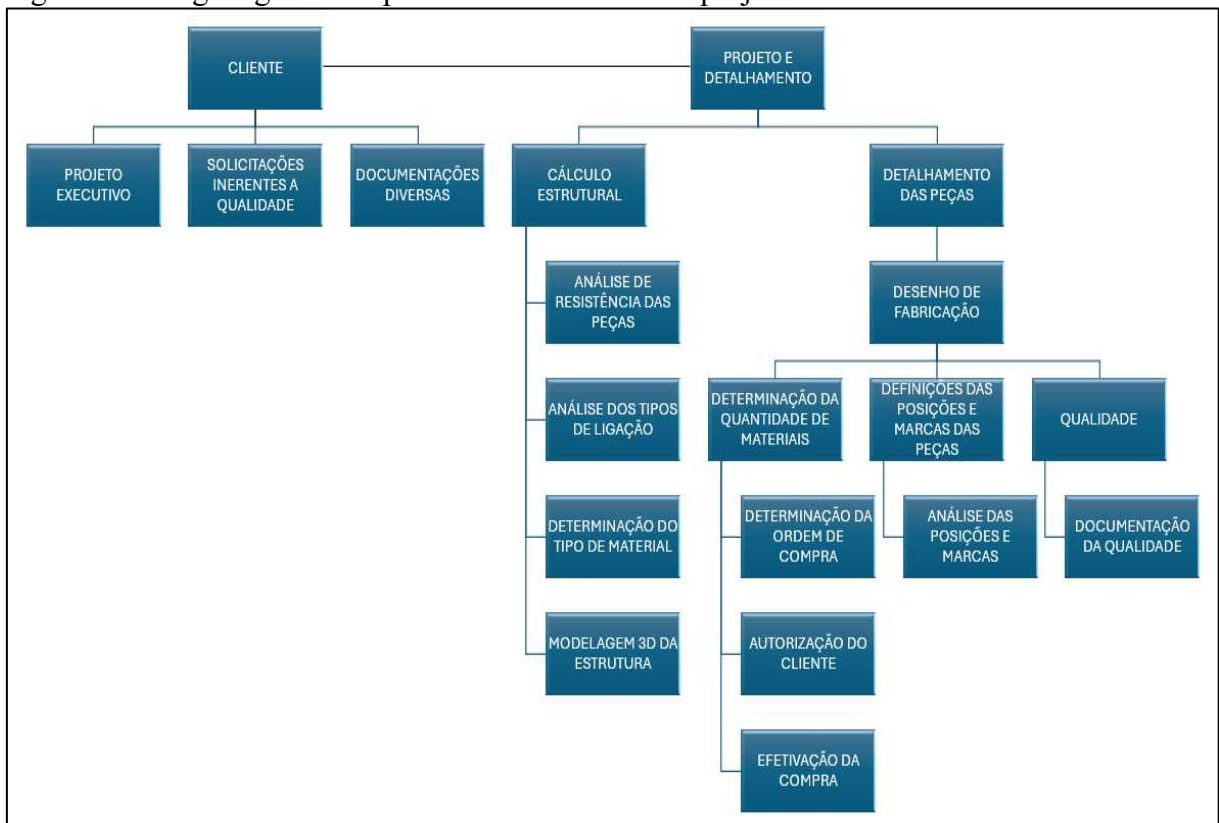
Figura 19 – Organograma da estrutura hierárquica da fábrica



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

O organograma do processo documental é seguido das seguintes etapas: o cliente passa o projeto executivo para a empresa e fornece todas as solicitações inerentes a qualidade e documentações necessárias para a fabricação de suas peças. No setor de projeto é realizado o cálculo estrutural onde é verificado a análise de resistência da peça, análise dos tipos de ligação, determinação dos tipos de materiais e a modelagem 3D da estrutura metálica. Concomitante a isto é feito o detalhamento das peças e criado o desenho de fabricação. A partir deste se obtém a determinação da quantidade de materiais, definições das posições e marcas das peças e ainda as informações referentes a qualidade. Com a determinação da quantidade de material e a informação do tipo de material é gerada a ordem de compra, o qual deve ser autorizada pelo cliente para efetivação da compra, enquanto isso, a partir das definições das posições e marcas são analisadas as mesmas. Já para a qualidade é definido em quais peças serão necessárias a documentação da qualidade e as exigências do cliente, conforme ilustrado na Figura 20.

Figura 20 – Organograma do processo documental do projeto

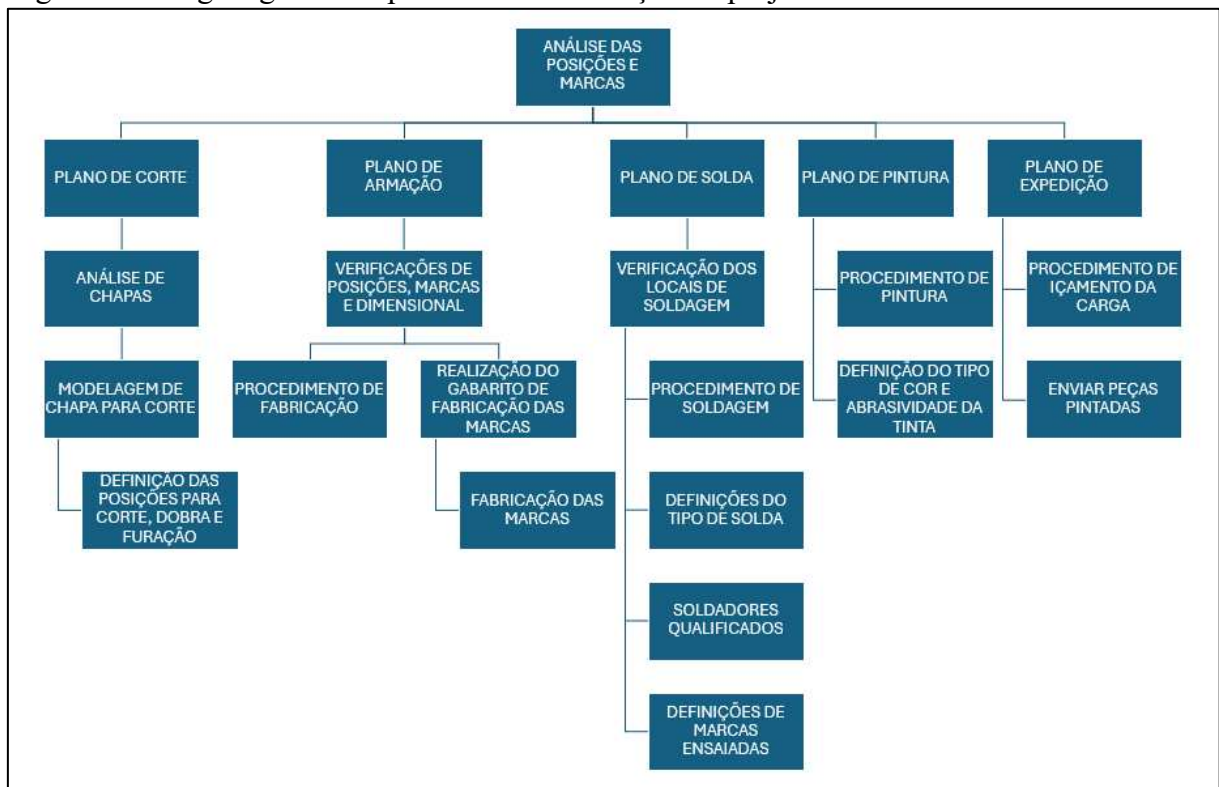


Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

O organograma do processo de fabricação é estruturado a partir da análise das posições e marcas necessárias à elaboração dos planos de corte, armação, solda, pintura e expedição, os quais orientam o planejamento e a execução da fabricação da estrutura metálica.

O processo tem início com o plano de corte, etapa em que se realiza a análise das chapas disponíveis em estoque, que são modeladas em programa computacional específico. A partir dessa modelagem, definem-se as posições destinadas às operações de corte, dobra e furação, assegurando o correto aproveitamento do material. Na sequência, o plano de armação contempla a verificação dos conjuntos de posições, marcas e dimensões, estabelecendo, conforme a quantidade de marcas a serem fabricadas, se estas seguirão diretamente para o processo produtivo ou se será necessária a confecção de gabaritos para posterior fabricação em escala. O plano de solda é elaborado com base na identificação dos pontos de soldagem, na definição dos procedimentos e tipos de solda, na designação dos soldadores qualificados e na determinação das marcas que serão submetidas a ensaios. No plano de pintura, definem-se o procedimento adotado, o tipo de revestimento, a cor especificada e o grau de abrasividade da tinta. Por fim, o plano de expedição estabelece os procedimentos de içamento de cargas e o envio das peças para montagem no local indicado pelo cliente, conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21 – Organograma do processo de fabricação do projeto

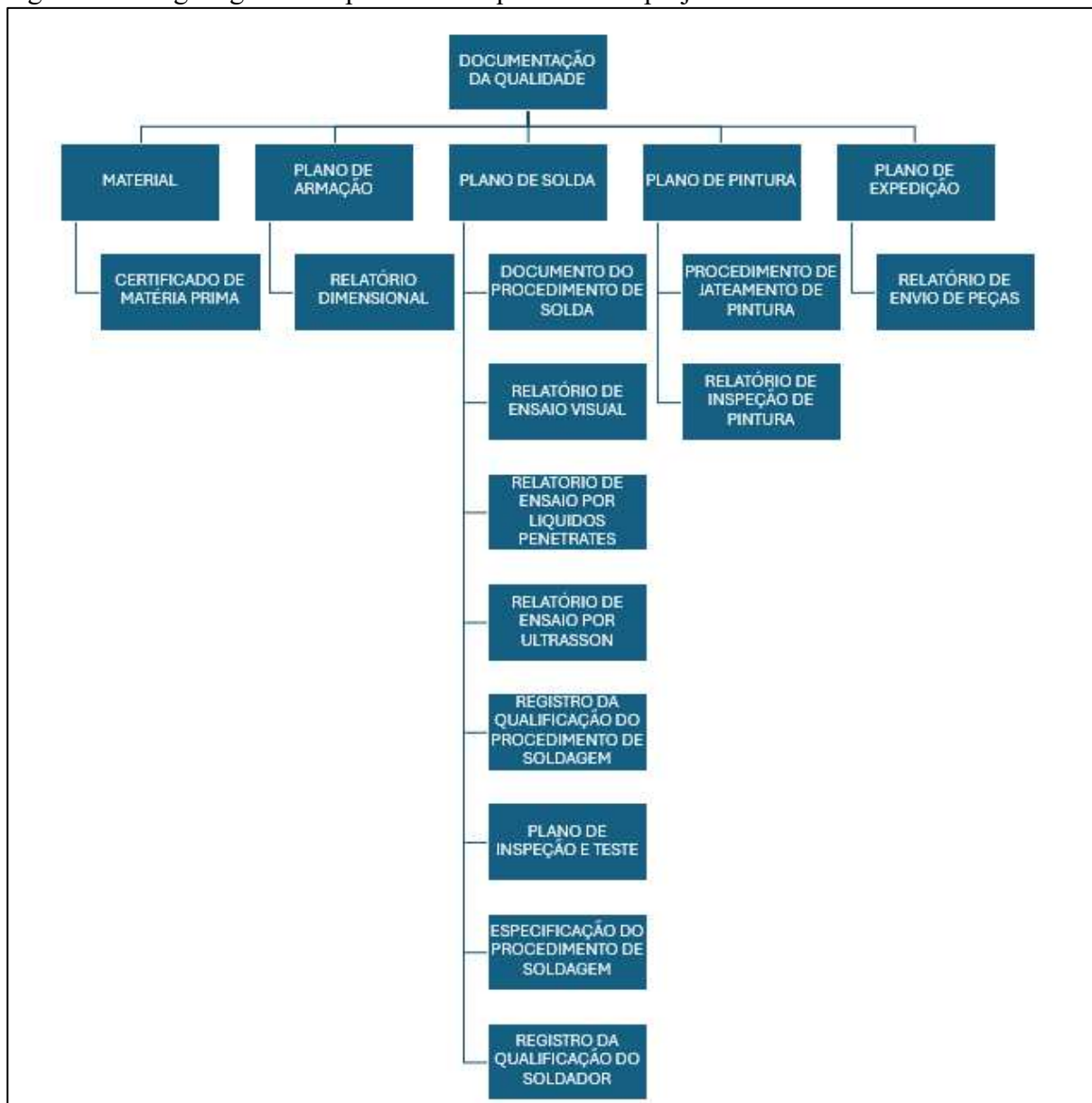


Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

O organograma do processo de qualidade é estruturado a partir das definições estabelecidas no projeto de detalhamento da estrutura, considerando as documentações da qualidade requeridas para as marcas projetadas. Para os materiais, exige-se o certificado da

matéria-prima. No plano de armação, o relatório de verificação dimensional das peças. No plano de solda, são exigidos o procedimento de soldagem, os registros de ensaio visual, ensaio por líquidos penetrantes e ensaio por ultrassom, bem como o registro de qualificação do procedimento de soldagem, o plano de inspeção e testes, o registro de qualificação dos soldadores e a especificação do procedimento de soldagem aplicável a cada marca definida em projeto. O plano de pintura contempla o procedimento de jateamento de pintura e o relatório de inspeção. Finalmente, o plano de expedição compreende o relatório de envio das peças, conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22 – Organograma do processo de qualidade do projeto

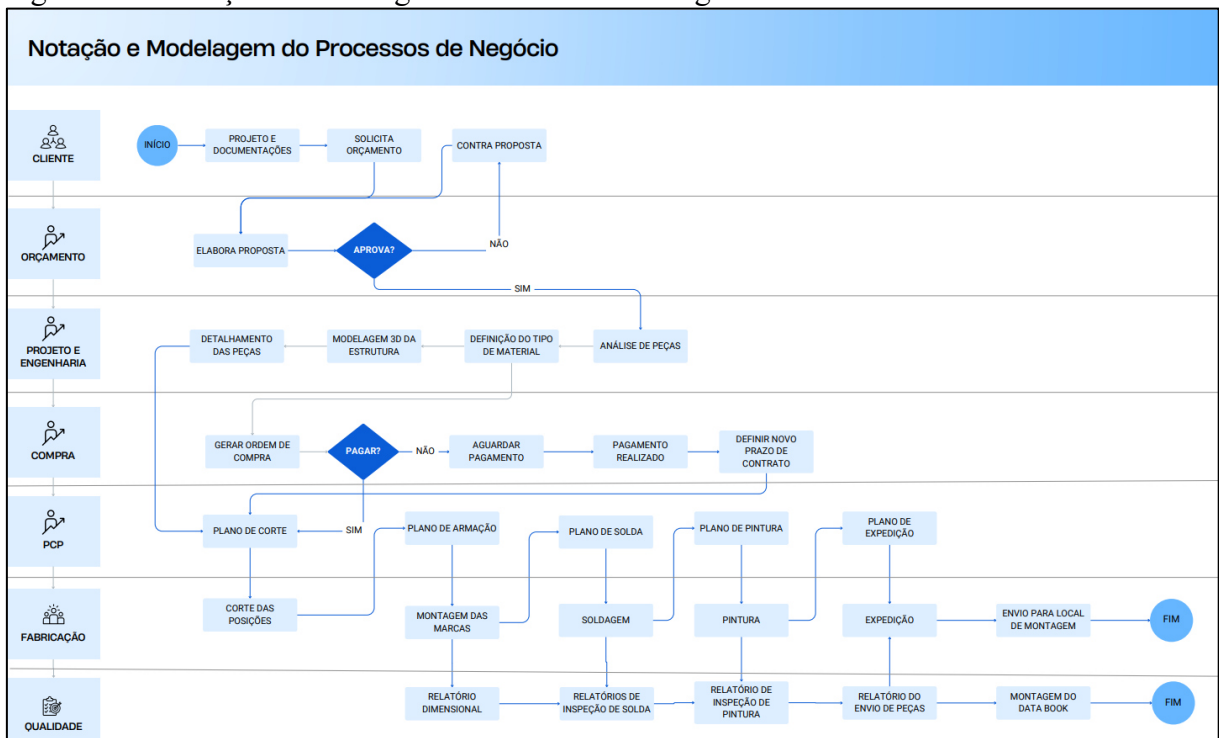


Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Os organogramas criados neste capítulo demonstram que o processo produtivo da empresa é estruturado de forma sistêmica, envolvendo a integração entre as etapas de fabricação, controle da qualidade e gestão das atividades operacionais. Consta-se que a distribuição das funções e responsabilidades não está relacionada à quantidade de tarefas, mas à especificação técnica e a análise crítica das atividades, o que justifica a exigência de qualificação e certificação dos profissionais envolvidos em cada fase do processo. Ademais, os organogramas enfatizam a importância da documentação, inspeção e rastreabilidade como elementos fundamentais para assegurar a conformidade técnica, a segurança estrutural e o atendimento aos requisitos normativos. Dessa forma, esses instrumentos configuram-se como suporte essencial ao PCP, contribuindo para a organização da sequência produtiva, o controle das operações e a melhoria do desempenho global da empresa.

Além disso, destaca-se que o modelo de organograma associado à Notação e Modelagem de Processos de Negócio, ao mapear o processo produtivo conforme a lógica do processo de negócio, constitui um instrumento fundamental para que as organizações compreendam sua estrutura produtiva de forma integrada. Essa abordagem possibilita o alinhamento entre os objetivos estratégicos e as práticas operacionais, conforme ilustrado na Figura 23.

Figura 23 – Notação e Modelagem do Processo de Negócio



Fonte: Elaborada pelo autor (2026).

Dessa forma, o modelo de processo apresentado na Figura 23 configura-se como um instrumento fundamental de suporte ao PCP, ao permitir a visualização integrada do fluxo produtivo, o controle das operações e o alinhamento entre os objetivos estratégicos da organização e as práticas operacionais, contribuindo para a melhoria do desempenho global da empresa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta, discute e consolida os resultados obtidos a partir da aplicação da Curva S nos projetos analisados, adotando uma abordagem analítica e comparativa do desempenho produtivo. A interpretação dos dados concentra-se no comportamento do avanço planejado e do avanço executado nas etapas de corte, armação, solda, pintura e expedição, conforme os dados apresentados nas tabelas do Apêndice C e nas representações gráficas.

A análise das Curvas S permite identificar não apenas os desvios entre o avanço planejado e o executado, mas também padrões recorrentes de desempenho associados à tipologia dos projetos, ao nível de complexidade técnica e ao volume de peças fabricadas. Sob essa perspectiva, os resultados são discutidos à luz dos princípios do PCP, evidenciando que a ausência de integração entre planejamento, execução e controle compromete diretamente a regularidade do ritmo produtivo.

De forma complementar, a comparação entre projetos com e sem planejamento estruturado demonstra que a definição clara de metas, a adequada alocação de recursos, a integração entre setores e o monitoramento sistemático das atividades são fatores determinantes para a estabilidade do fluxo operacional. Esses elementos contribuem para a redução de desvios, o aumento da previsibilidade e a melhoria do desempenho produtivo, reforçando o papel do PCP como instrumento essencial de coordenação em ambientes de produção sob encomenda.

Assim, o capítulo vai além da descrição gráfica dos dados, buscando explicar as causas dos comportamentos observados, relacionando-os às características operacionais da empresa, às práticas de gestão adotadas e às condições específicas de cada projeto analisado.

5.1 Projetos não planejados

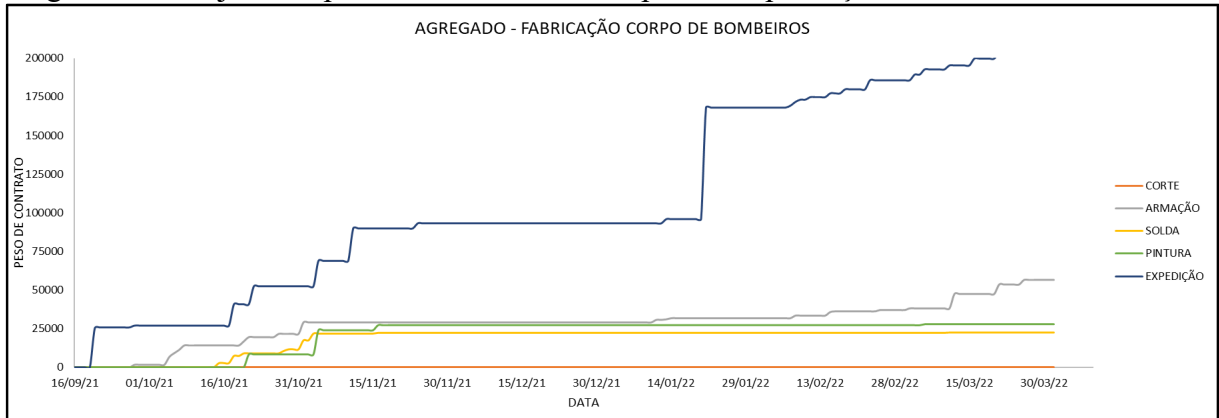
A Tabela 1 apresenta os indicadores quantitativos do Projeto Corpo de Bombeiros, incluindo o peso contratado, o peso detalhado e a expedição acumulada real. Observa-se que o peso detalhado excede a referência contratual (208.820,68 kg em relação a 168.241,84 kg), porém a expedição acumulada real supera inclusive o peso detalhado. Esse comportamento indica a ocorrência de retrabalhos, reincidência de peças e possíveis reenvio, evidenciando inconsistências no processo produtivo e falhas de controle durante as etapas de fabricação e expedição.

Tabela 1 – Projeto Corpo de Bombeiros: Resumo comparativo de controle até a data 30/03/2022

Projeto Corpo de Bombeiros	Peso em kg
Referência do Peso de Contrato	168241,84
Peso Detalhado de Projeto	208820,68
Expedição Acumulada Real	209697,04

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 24 – Projeto Corpo de Bombeiros: desempenho de produção



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A análise do gráfico da Figura 24 mostra que a empresa adotou a expedição como principal indicador de desempenho, sem verificar sua correspondência com o avanço real das etapas produtivas. Conforme Lustosa *et al.* (2008), esse comportamento caracteriza uma “expedição artificial”, na qual as saídas registradas não representam fielmente o progresso fabril. Essa prática revela falhas de integração entre o PCP, o almoxarifado e a produção, agravadas pela ausência de comunicação interna, evidenciada pelo intervalo de cerca de dois meses sem registro de envio de peças, indicando desalinhamento entre fabricação, apontamento e expedição.

O Projeto Ponte apresenta um descompasso expressivo entre o peso total detalhado e o volume efetivamente expedido, conforme indicado na Tabela 2. Embora o detalhamento de projeto em fábrica tenha 286.572,40 kg, a expedição acumulada real atingiu apenas 121.360,00 kg, o que representa um desempenho inferior a 50% do que já está detalhado em projeto. Esse baixo índice de conversão entre projeto e expedição indica que uma parcela expressiva das peças, apesar de definidas e liberadas para fabricação, demonstra dificuldade no avanço das etapas subsequentes ao detalhamento de projeto, sugerindo a existência de restrições operacionais e gargalos nas etapas de fabricação e expedição. Tal cenário compromete a dinâmica produtiva e impacta diretamente a execução global do projeto. Assim, reforçam a necessidade de maior integração entre projeto, produção e expedição, bem como da adoção de

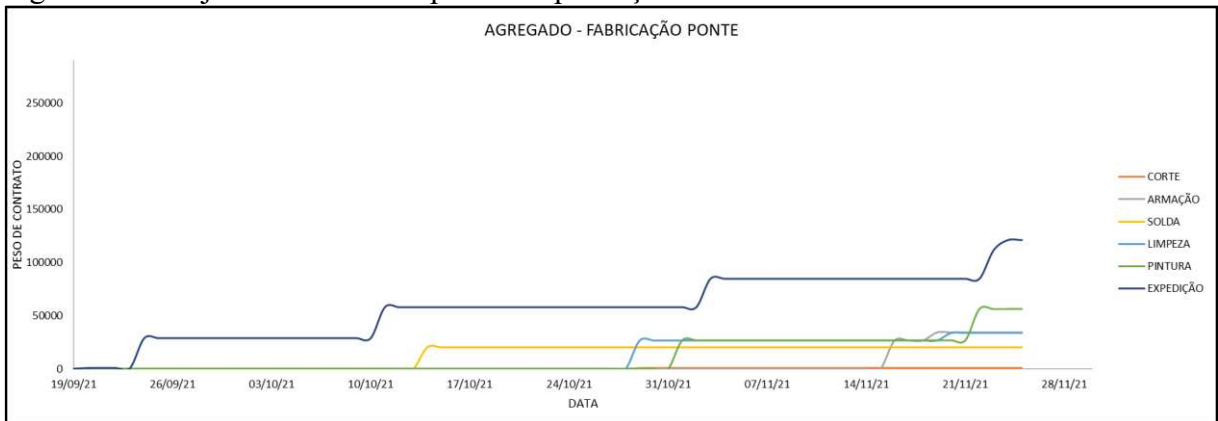
práticas estruturadas de PCP capazes de alinhar o avanço físico real ao planejamento técnico previamente estabelecido.

Tabela 2 – Projeto Ponte: Resumo comparativo de controle até a data 27/11/2022

Projeto Ponte	Peso em kg
Referência do Peso de Contrato	271546,49
Peso Detalhado de Projeto	286572,40
Expedição Acumulada Real	121360,00

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 25 – Projeto Ponte: desempenho de produção



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A análise da Curva S da Figura 25 evidencia longos períodos de estagnação produtiva, intercalados por aumentos pontuais na expedição, indicando a inexistência de um fluxo contínuo e coordenado entre os setores da fábrica. Esse comportamento confirma que a empresa não possui uma rotina estruturada de planejamento. Essa dinâmica reforça que a expedição foi utilizada como indicador final isolado, desvinculando o acompanhamento contínuo das etapas produtivas intermediárias. Tal comportamento é compatível com a falta de práticas de reduzir o *lead time* e aplicação do nivelamento da capacidade produtiva, princípios essenciais do PCP conforme Corrêa e Corrêa (2020). Como resultado, o processo produtivo torna-se intermitente, pouco previsível e incapaz de garantir o cumprimento consistente dos prazos contratuais.

5.2 Projetos planejados

O Projeto Ginásio Poliesportivo apresentou fragilidades relevantes na relação entre

planejamento, detalhamento e execução, evidenciando limitações na capacidade de sustentação do fluxo produtivo ao longo do período analisado. A baixa disponibilidade de desenhos técnicos comprometeu a previsibilidade da fabricação, restringindo o avanço das etapas produtivas subsequentes e afetando o atendimento ao cronograma estabelecido.

Apesar dessas limitações, a expedição acumulada real apresentou comportamento mais coerente quando comparada aos projetos do Corpo de Bombeiros e da Ponte. A menor diferença entre o volume detalhado e a produção efetivamente realizada indica uma leve melhoria no desempenho fabril e maior aderência entre planejamento e execução, sugerindo avanço na coordenação entre detalhamento, fabricação e expedição. Esse cenário reflete um fluxo produtivo menos crítico do que o observado nos projetos não planejados, ainda que distante de uma condição ideal.

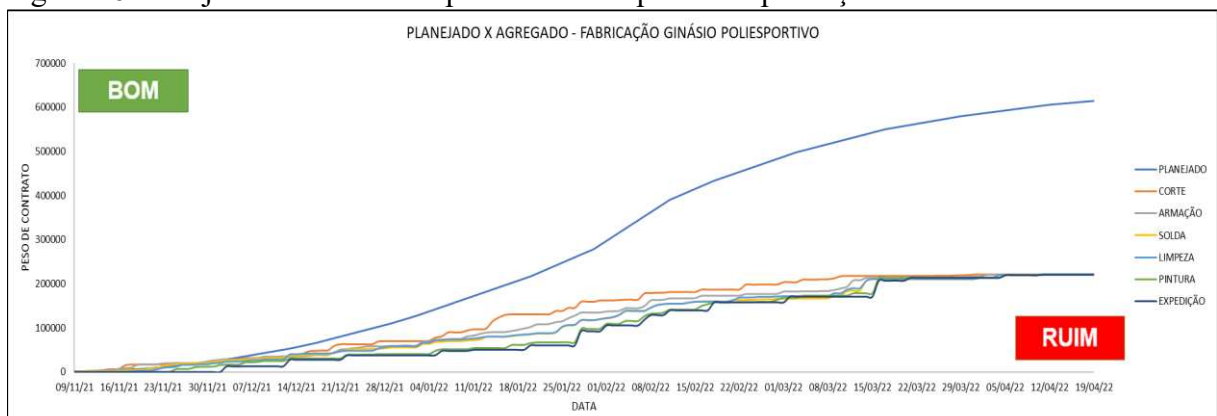
Essas constatações são corroboradas pelos dados apresentados na Tabela 3, que evidenciam discrepâncias significativas entre o peso contratado (619.561,66 kg), a expedição prevista em cronograma (592.893,84 kg) e o peso detalhado (270.532,70 kg), indicando que menos da metade da estrutura contratada havia sido finalizada em desenho no período analisado. Esses valores confirmam que o ritmo de detalhamento, aliado à capacidade produtiva e à limitada integração entre as etapas do processo, permaneceu como fator restritivo ao pleno atendimento do cronograma.

Tabela 3 – Projeto Ginásio Poliesportivo: Resumo comparativo de controle na data 11/04/2022

Projeto Ginásio Poliesportivo	Peso em kg
Referência do Peso de Contrato	619561,66
Expedição Acumulada de Cronograma	592893,84
Peso Detalhado de Projeto	270532,70
Expedição Acumulada Real	220338,05

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 26 – Projeto Ginásio Poliesportivo: desempenho de produção



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

O gráfico apresentado na Figura 26 demonstra uma forte descontinuidade entre o avanço planejado e o executado no processo de fabricação, comprometendo o fluxo produtivo e revelando discrepâncias entre o peso detalhado e o peso efetivamente planejado. Esse comportamento indica replanejamento reativo, atraso na liberação dos desenhos técnicos e ausência de mecanismos formais de antecipação ou de planejamento por lotes, resultando em baixa previsibilidade operacional e dificuldades no balanceamento de recursos. A comparação com os dados tabulares reforça que o setor de projetos não libera os detalhamentos de forma contínua, o que se manifesta pelo avanço praticamente horizontal da etapa de corte, levando a uma fabricação condicionada à liberação pontual dos desenhos. Tal dinâmica pode ser associada à complexidade técnica das peças, típica de projetos de grande porte e elevado grau de customização, que demandam maior nível de detalhamento e comprometem o sequenciamento adequado das atividades produtivas. Dessa forma, os resultados confirmam que projetos complexos apresentam maior sensibilidade a falhas de planejamento, refletindo-se em maior variabilidade do desempenho produtivo.

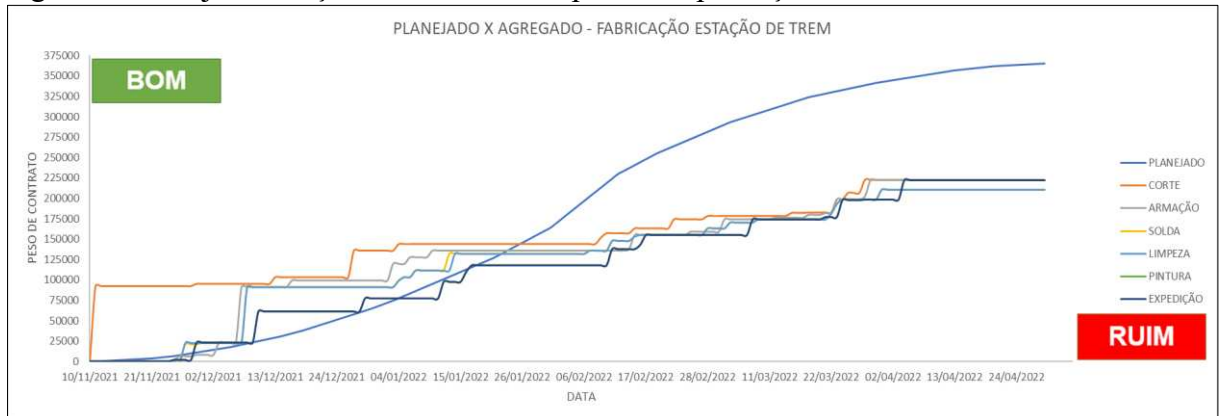
A Tabela 4 mostra que o Projeto Estação de Trem apresentou forte descompasso entre planejamento, detalhamento e execução: embora o peso contratado fosse de 365.393,95 kg e o cronograma previsse 347.124,25 kg de expedição (cerca de 95% da meta), apenas 250.765,70 kg haviam sido detalhados, o que corresponde a 68% do contratado. Esse atraso no detalhamento limitou diretamente a produção, resultando em uma expedição real de 222.304,70 kg, inferior ao previsto e ao próprio volume detalhado disponível. Ainda assim, quando comparado ao Projeto Ginásio Poliesportivo, observa-se desempenho relativamente melhor, já que o *gap* entre detalhamento e expedição é menor, indicando maior aproveitamento da capacidade fabril e melhor conversão do que foi detalhado em produção. Apesar dessa evolução, o projeto ainda evidencia fragilidades estruturais relacionadas à lentidão na emissão de desenhos técnicos e à falta de sincronização entre as etapas, fatores que continuam comprometendo o atendimento pleno do planejamento. Esse comportamento reforça a necessidade de maior integração entre os setores de projeto, PCP e produção, a fim de reduzir perdas de capacidade e melhorar a previsibilidade do desempenho físico ao longo do projeto.

Tabela 4 – Projeto Estação de Trem: Resumo comparativo de controle na data 05/04/2022

Projeto Estação de Trem	Peso em kg
Referência do Peso de Contrato	365393,95
Expedição Acumulada de Cronograma	347124,25
Peso Detalhado de Projeto	250765,7
Expedição Acumulada Real	222304,7

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 27 – Projeto Estação de Trem: desempenho de produção



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

O gráfico da Figura 27 demonstra que a fabricação do Projeto Estação de Trem começou com ritmo acelerado, apresentando desempenho superior ao planejado nas diferentes etapas do processo produtivo. Contudo, a partir da fase intermediária, observa-se uma redução progressiva da produtividade, com desaceleração do avanço nas etapas finais e perda de aderência ao cronograma estabelecido. Esse comportamento resulta em um afastamento entre o desempenho executado e o planejado ao final do período analisado, evidenciando limitações na manutenção da continuidade operacional e na consolidação das atividades ao longo do tempo.

Também se verificou que o volume de detalhamento permanece insuficiente para atender às demandas operacionais, comprometendo o alinhamento com o cronograma e limitando diretamente o avanço das etapas subsequentes. Embora a distância entre as curvas de detalhamento e expedição pareça menor que em outros projetos, essa aproximação não decorre de maior eficiência fabril, mas da baixa quantidade de desenhos liberados, a qual impede a fábrica de utilizar plenamente sua capacidade instalada.

Além disso, o comportamento observado nos gráficos sem planejamento, nos quais a limitação do desempenho produtivo estava concentrada predominantemente na operação fabril, os resultados apresentados nos projetos planejados até o momento indicam uma mudança no fator restritivo do sistema de produção, pois as etapas de armação, solda, pintura e expedição apresentam maior coerência e estabilidade, dando indícios de que a capacidade produtiva da fábrica deixou de ser o principal gargalo. Nessa circunstância, aparece um novo fator crítico, o qual se relaciona ao fluxo de informação e à disponibilização dos desenhos técnicos, podendo ser verificado na análise comparativa das tabelas e gráficos apresentados até este momento.

A Tabela 5 apresenta o resumo de controle do Projeto Escola, no qual se observa um descompasso significativo entre o peso contratado (43033,42 kg), o peso detalhado (26595,30 kg) e a expedição acumulada real (23061,70 kg). A diferença entre o contratado e o

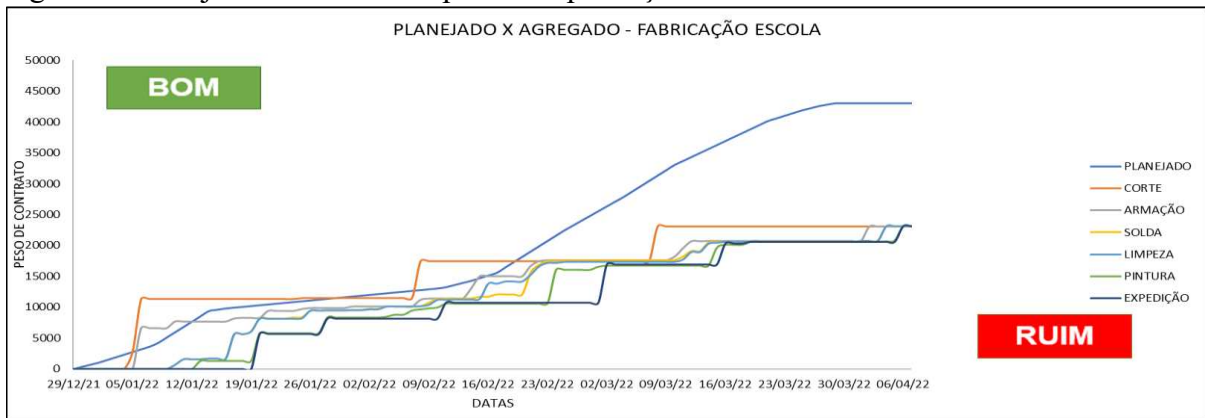
detalhado é de 16438,12 kg, evidenciando que apenas cerca de 61% da estrutura prevista havia sido concluída em projeto até a data analisada. Esse atraso no detalhamento compromete diretamente o ritmo produtivo, já que a expedição real permanece limitada ao que foi liberado pela engenharia, ficando bem abaixo do valor planejado em cronograma (43.033,42 kg).

Tabela 5 – Projeto Escola: Resumo comparativo de controle na data 06/04/2022

Projeto Escola	Peso em kg
Referência do Peso de Contrato	43033,42
Expedição Acumulada de Cronograma	43033,42
Peso Detalhado de Projeto	26595,30
Expedição Acumulada Real	23061,70

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 28 – Projeto Escola: desempenho de produção



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A análise do gráfico do Projeto Escola, apresentada na Figura 28, evidencia um comportamento produtivo irregular, marcado por longos períodos de estagnação nas etapas iniciais de corte, fundamentais para o encadeamento das demais operações fabris. Observa-se que, após avanços pontuais, essas etapas permanecem por intervalos prolongados sem evolução significativa, caracterizando interrupções recorrentes no fluxo produtivo e comprometendo a continuidade do processo de fabricação.

O prolongado período sem avanço no corte revela uma limitação crítica associada à indisponibilidade de desenhos técnicos liberados para produção. Considerando que o corte constitui a primeira operação do processo fabril, sua paralisação inviabiliza o início das etapas subsequentes, impactando diretamente a armação, a solda, a pintura e, por consequência, a expedição. Esse comportamento indica que a principal restrição do sistema não está relacionada à capacidade operacional da fábrica, mas ao fluxo de informações proveniente do setor de engenharia.

De forma semelhante, a etapa de armação apresenta evolução descontínua, com avanços concentrados em momentos específicos e extensos períodos de inatividade. Essa característica reforça a dependência direta dessa etapa em relação à liberação prévia de desenhos detalhados e materiais cortados. A ausência de um fluxo contínuo de projetos liberados impede o nivelamento da produção, gerando ociosidade dos recursos produtivos, mesmo diante da existência de capacidade instalada disponível.

Nesse contexto, o comportamento observado confirma que a ausência de integração efetiva entre os setores de engenharia e produção compromete a previsibilidade, o ritmo e a continuidade do processo fabril. A superação dessa limitação requer o fortalecimento do planejamento do detalhamento técnico, com liberação antecipada e escalonada dos desenhos, de modo a sustentar o fluxo produtivo, reduzir períodos de ociosidade e possibilitar o uso mais eficiente da capacidade produtiva instalada.

Ainda no Projeto Escola, verifica-se que a baixa complexidade técnica das peças não se configurou como fator determinante para o desempenho insatisfatório do detalhamento de projeto. Mesmo tratando-se de componentes com menor grau de customização e elevada repetitividade, o detalhamento não acompanhou o ritmo da produção nem o planejamento da capacidade fabril, evidenciando que as restrições observadas estão mais associadas a limitações organizacionais e estruturais do setor de engenharia. Assim, o projeto reforça a necessidade de ampliação da equipe de engenharia, visando mitigar gargalos, acelerar as liberações de projeto e aprimorar o alinhamento entre planejamento e execução, conforme indicado na Tabela 5 e na Figura 28.

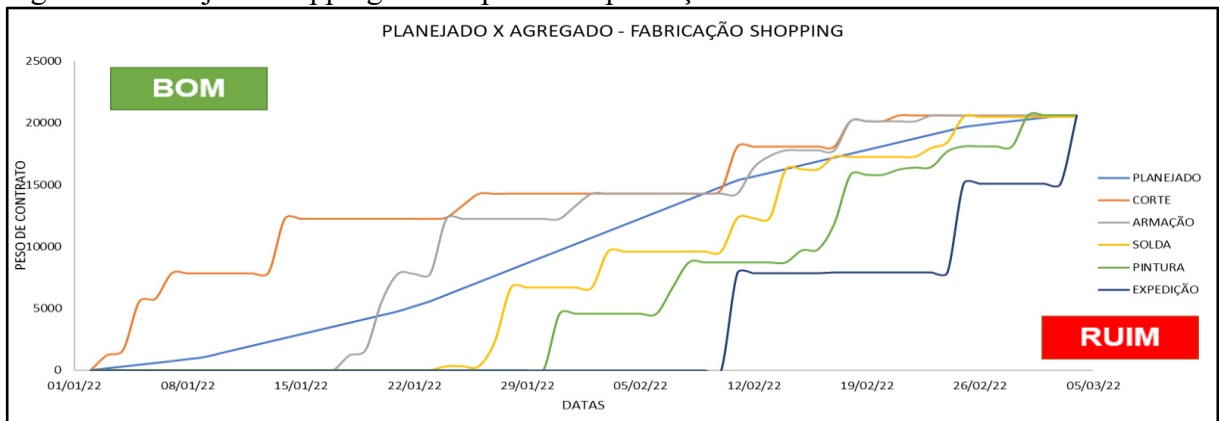
Em contraste, o Projeto Shopping demonstra correspondência entre o peso contratado, o peso detalhado, a expedição prevista e a expedição acumulada realizada (20.611,58 kg), confirmando a adequada estruturação das informações técnico-quantitativas e o alinhamento entre planejamento e execução das atividades produtivas. Os resultados apresentados na Tabela 6 evidenciam a estabilidade dos dados e permitem sua utilização como referência comparativa em relação aos demais projetos analisados, nos quais a ausência de detalhamento concluído comprometeu a equivalência entre o planejado e o realizado.

Tabela 6 – Projeto Shopping: Resumo comparativo de controle até a data 04/03/2022

Projeto Shopping	Peso em kg
Referência do Peso de contrato	20611,58
Expedição acumulada de cronograma	20611,58
Peso Detalhado de Projeto	20611,58
Expedição Acumulada Real	20611,58

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Figura 29 – Projeto Shopping: desempenho de produção



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A Figura 29 revela que, apesar das oscilações pontuais na produção sobretudo nas etapas de solda, pintura e expedição, essas etapas apresentaram, em determinados períodos, desempenho inferior ao ritmo planejado, sem comprometer o elevado desempenho produtivo final do projeto. Conforme demonstrado no gráfico, a queda de desempenho nesses setores, motivou a adoção de ações corretivas pela equipe, tais como a realocação de recursos, a reorganização das frentes de trabalho e o ajuste de prioridades, o que possibilitou a retomada do ritmo de fabricação. Essas medidas permitiram a recuperação gradual das etapas impactadas, equalizando o avanço físico e garantindo que o projeto atingisse integralmente a meta prevista. Tal comportamento demonstra o efeito positivo do planejamento das atividades, da coordenação entre setores e da capacidade de resposta rápida às variações produtivas, assegurando a conclusão do projeto dentro do prazo estabelecido.

De modo geral, a tipologia estrutural e o grau de complexidade das peças são apontados na literatura como fatores que influenciam o desempenho produtivo, especialmente em ambientes ETO. Contudo, a análise dos projetos avaliados neste estudo, a partir das Curvas S, não permitiu consolidar impactos significativos dessas variáveis sobre o comportamento produtivo na maioria dos casos analisados.

Já análise consolidada dos seis projetos evidencia que a implementação progressiva das práticas de PCP promoveu uma evolução significativa no desempenho produtivo da empresa, especialmente nos quatro projetos finais, nos quais se observa maior estabilidade do fluxo e melhor aderência ao planejamento. Em contraste, os projetos iniciais do Corpo de Bombeiros e Ponte, demonstram que a ausência de um planejamento estruturado resultou em instabilidade operacional, baixa previsibilidade e queda de eficiência, com impactos diretos sobre o ritmo produtivo e o controle das operações fabris.

À medida que as práticas de PCP foram sendo aprimoradas ao longo do período analisado, a restrição do sistema deixou de estar concentrada na fabricação e passou a se manifestar predominantemente no setor de detalhamento técnico, indicando amadurecimento do controle operacional. Esse avanço torna-se evidente no Projeto Shopping, iniciado em janeiro de 2022, no qual foi possível alinhar planejamento, produção e expedição, resultando em entrega dentro do prazo programado. Dessa forma, os resultados confirmam que um PCP bem estabelecido contribui diretamente para o aumento da produtividade, o sequenciamento adequado das atividades e a sincronização entre as etapas do processo produtivo.

Observa-se também que o avanço físico está diretamente condicionado à disponibilidade e à qualidade do detalhamento, confirmando que o planejamento só se torna plenamente eficaz quando existe integração com o setor de engenharia. De forma semelhante, as análises gráficas e tabulares evidenciam a importância do controle diário da produção, o qual possibilita intervenções rápidas, ajustes de rota e redução dos desvios entre o planejado e o realizado. Em síntese, o estudo indica que o uso sistemático das ferramentas de PCP reduz atrasos, retrabalhos e perdas por ociosidade, fortalecendo a competitividade da empresa no setor de estruturas metálicas.

Resultados semelhantes são apresentados por Oliveira e Nascimento (2019), os quais identificam como principais gargalos produtivos aqueles relacionados ao setor operacional, ao controle do processo e à ausência de padronização, corroborando as conclusões deste estudo. Considerando a relevância crescente das estruturas metálicas na construção civil (Almeida; Auad, 2019; Gomes; Odaguiri; Oliveira, 2018), diversos autores reforçam que o PCP tem papel fundamental para a manutenção da competitividade e para o cumprimento de metas e objetivos organizacionais (Montor; Bertaci, 2020; Pasquini, 2016).

Nesse sentido, Pasquini (2016) destaca que todas as áreas de uma empresa devem adotar práticas de PCP, abrangendo setores como desenvolvimento, compras, logística e manutenção, com o objetivo de atender adequadamente tanto clientes internos quanto externos. Apesar da disponibilidade de ferramentas que otimizam processos, muitas empresas ainda desconhecem ou não utilizam tais recursos. O PCP, quando bem implementado, tem papel central na gestão de estoques, programação, logística, produção e entrega, sendo que falhas nesse departamento podem causar impactos significativos no desempenho global da empresa.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho analisou o PCP aplicado à fabricação de estruturas metálicas pré-fabricadas, tendo como referência os seis projetos estudados ao longo do Capítulo 5. A pesquisa atingiu plenamente o objetivo geral ao demonstrar como o PCP influencia o desempenho produtivo em ambientes ETO, caracterizados por alta variabilidade e forte dependência do fluxo de informações, conforme exposto nos Capítulos 1 e 4.

Os objetivos específicos também foram alcançados. A empresa foi caracterizada quanto ao seu funcionamento e à sua estrutura; o processo produtivo foi mapeado por meio dos organogramas e a notação de modelagem de processos de negócios, mostrando a integração entre os setores e os fluxos de atividades como suporte para implementação do PCP; o desempenho foi mensurado por meio das Curvas S; e os principais fatores que comprometeram o ritmo de produção foram identificados, com destaque para os atrasos na liberação do detalhamento, a comunicação limitada entre setores e a ausência de treinamento para a aplicação dos POPs e dos manuais existentes, conforme apresentado nos Capítulos 3 e 5. A análise comparativa dos seis projetos evidenciou que a falta de planejamento estruturado nos projetos iniciais gerou instabilidade operacional, enquanto os projetos finais apresentaram maior aderência ao planejado, confirmando a eficácia gradual das práticas de PCP discutidas no Capítulo 2. Adicionalmente, foi alcançado o objetivo de mapear o processo produtivo por meio de organogramas e da Notação e Modelagem de Processos de Negócio, cuja aplicação e análise encontram-se detalhadas no Capítulo 4, possibilitando a compreensão integrada da estrutura organizacional, do fluxo das atividades e do suporte dessas ferramentas ao Planejamento e Controle da Produção.

Os resultados obtidos reforçam que a integração entre engenharia, planejamento e fábrica é determinante para o desempenho produtivo, uma vez que o avanço físico depende simultaneamente da capacidade produtiva, da qualidade das informações técnicas e da agilidade na sua disponibilização, não sendo possível atribuir, de forma predominante, os desvios observados à tipologia estrutural ou à complexidade das peças, mas sim à ausência de integração entre as etapas de planejamento e execução. Verificou-se que a estabilidade operacional somente é alcançada quando há sincronização entre detalhamento, programação e execução, confirmando que o PCP funciona como elemento estruturante para aumentar a previsibilidade, reduzir retrabalhos, otimizar o uso da capacidade instalada e fortalecer a competitividade da empresa no setor de estruturas metálicas.

Espera-se que este estudo contribua de maneira significativa para o avanço da pesquisa aplicada à construção civil, especialmente no campo das estruturas metálicas, cuja participação no mercado cresce de forma consistente. Os resultados apresentados podem servir de referência para gestores, engenheiros e planejadores, auxiliando-os na identificação de gargalos, na definição de prioridades e na implementação de práticas de planejamento mais robustas e integradas. A análise dos seis projetos estudados demonstra, de forma clara, que a maturidade do PCP influencia diretamente o cumprimento de prazos, a eficiência produtiva e a confiabilidade das entregas, aspectos fundamentais para obras metálicas que sustentam o desempenho global de empreendimentos de engenharia.

Desse modo, considera-se que o presente trabalho oferece subsídios relevantes para o aprimoramento das práticas de gestão da produção em empresas do setor metalmeccânico, estimulando a inovação, a padronização e a melhoria contínua. Espera-se, ainda, que a pesquisa motive novos estudos voltados à otimização do fluxo de informações, ao desenvolvimento de técnicas de controle e ao aperfeiçoamento da integração entre os setores envolvidos, contribuindo para o fortalecimento da engenharia civil e para a elevação do nível de competitividade das empresas brasileiras no segmento de estruturas metálicas.

6.1 Trabalhos futuros

Diante das limitações identificadas e considerando o reduzido período disponível para a coleta e análise dos dados apresentados no Capítulo 5, recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem a investigação sobre:

- a) os efeitos do treinamento sistemático na correta aplicação dos POPs e manuais operacionais;
- b) modelos de integração entre engenharia e o chão de fábrica, especialmente quanto ao potencial de redução do *lead time* do detalhamento;
- c) a incorporação de métricas adicionais de desempenho produtivo, como tempo de ciclo de serviço, taxa de utilização de peças metálicas com características semelhantes e eficiência por setores;
- d) comparar os resultados com outras empresas do setor, de modo a ampliar a representatividade e a robustez dos achados observados.

Tais investigações podem ampliar a compreensão do desempenho produtivo no setor metalmeccânico e fortalecer iniciativas de aprimoramento contínuo do PCP, contribuindo para a gestão mais eficiente, integrada e alinhada às demandas da engenharia civil moderna.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. V. S.; AUAD., S. F. D. K. A importância da estrutura metálica na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 11, p. 23862–23869, nov. 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/4424>. Acesso em: 10 set. 2024.
- BALLOU, R. **Logistics: Supply chain management**. 2004.
- BIZZO NETTO, I. C.; CORREA, F. H. A. M.; SOUZA, A. B.; TAMMELA, I.; CARDOSO, R. Gestão de sistemas de produção e operações no SIMPEP: um estudo bibliométrico sobre a produção científica publicada no período de 2017 a 2021. **Revista Foco**, [S. l.], v. 16, n. 02, p. e1095, fev. 2023. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/1095>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- BORTOLINI, R.; FORMOSO, C. T.; VIANA, D. D. Site logistics planning and control for engineer-to-order prefabricated building systems using BIM 4D modeling. **Automation in Construction**, v. 98, p. 248- 264, fev. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580518301195>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- BRUM, E.; SILVA, M. G.; OLIVEIRA, R. P. Análise do MES como apoio à gestão da produção em um fabricante brasileiro da indústria farmacêutica. **Dirección y Organización**, n. 80, p. 88-99, jun. 2023. Disponível em: <https://revistadyo.es/DyO/index.php/dyo/article/view/645>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- CAIRES, C. R.; SOUZA, L. A.; OLIVEIRA, A. R.; BONINI, L. M.; SANTIS, S. H. Gestão da produção industrial na moda: desafios para a sustentabilidade. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 1301–1314, 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/8709>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- CARDOSO, W. **Planejamento e Controle da Produção (PCP): a teoria na prática**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2021. 245 p.
- CASTRO, A. B.; BRITO, L. M.; NODARI, C. H.; SILVA, P. M.; MONTENEGRO, C. B. Gestão do Conhecimento: Um Mapeamento das Principais Publicações Sobre o Assunto para o Levantamento de Temáticas Emergentes. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**. v. 14, n. 3, p. 86-86, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.15675/gepros.v14i3.2607>. Acesso em: 22 jul. 2024.
- CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Operations Management**. McGraw-Hill 2016.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CUNHA, J. C. B.; PALHA, R. P. Lean aplicado em uma linha de produção de estruturas pré-fabricadas de concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, nov. 2020. p. 1–8. Disponível

em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1062>. Acesso em: 18 jul. 2024.

DUTRA, F. A. F.; ERDMANN, R. H. Análise do planejamento e controle da produção sob a ótica da Teoria da Complexidade. **Production**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 407–419, maio 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132007000200015>. Acesso em: 22 jul. 2024.

FERNANDES, F. C. F.; AZEKA, F.; BARRETO, M. C. M.; GODINHO FILHO, M. Identificação dos principais autores em planejamento e controle da produção por meio de um survey mundial com pesquisadores da área. **Gestão & Produção**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 83–95, jan. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2007000100008>. Acesso em: 22 jul. 2024.

FONTELLES, M. J.; SIMÕES, M. G.; FARIAS, S. H.; FONTELLES, R.G. S. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista paraense de medicina**, [online], v. 23, n. 3, p. 1-8, 2009. Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=588477&indexSearch=ID>. Acesso em: 10 jul. 2024.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOMES, B. F.; ODAGUIRI, G. O.; OLIVEIRA, V. T. Estudo da utilização de estruturas metálicas na construção civil. **Episteme Transversalis**, [S.l.], v. 9, n. 1, maio 2018. Disponível em: <http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/883>. Acesso em: 10 jul. 2024.

GONÇALVES, G. L. B.; GENUINO, R. F.; RODRIGUES, R. A.; BONINI, L. M. M. Controle da produção aplicada em empresa do segmento de metais sanitários: estudo de caso. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 8, n. 5, p. 1481–1498, maio 2022. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/5565>. Acesso em: 23 ago. 2024.

GRAZIANI, Á. P. **Planejamento, programação e controle da produção**: livro didático. Palhoça: UnisulVirtual, 2012. 318 p.

GUARNIER, C. R. F. **Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas**. 2009. 399 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil, área de concentração: Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/items/bf7fc8aa-9045-428a-ad6e-fcdc38826633>. Acesso em: 23 ago. 2024.

GUERRINI, F. M.; BELHOT, R. V.; AZZOLINI JÚNIOR, W. **Planejamento e Controle da Produção**: modelagem e implementação. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2019.

HAACK, D. M., FERREIRA, K. R., GONÇALVES, L. B., AZEREDO, M. F., DA COSTA, S. R., SANTOS, E. P., PRELL, B. P.; NUNES, L. B. (2023). Gestão da produção brasileira de café: uma questão de segurança alimentar em um cenário marcado pelas alterações do clima. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**.

HAYES, R. H.; PISANO, G. P.; UPTON, D. M.; WHEELWRIGHT, S. C. **Operations, strategy, and technology: pursuing the competitive edge**. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2018.
HEINEN, G. **Gestão do desempenho produtivo**. São Paulo: Blucher, 2013.

HEINEN, M. H. **Proposta de arranjo físico baseado nos conceitos da produção enxuta para uma fábrica de estruturas metálicas**. 2013. 97 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/12877>. Acesso em: 18 ago. 2024.

HEIZER, J.; MUNSON, C.; RENDER, B. **Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management (Global Edition)**. 14. ed. Pearson Education, 2022.

HURTADO, S.R.; CARPES, C. E.; INOMATA, D. O.; VARVAKIS, G. J. (2012). Aproximações entre Gestão do Conhecimento e Processos de Negócios: uma revisão de literatura a partir do mapeamento dos artigos mais citados no ISI Web of Science. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 57, 2012. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/gepros/article/view/636>. Acesso em: 15 set. 2024.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9001:2015/Amd 1:2024** – Quality management systems — Requirements. Geneva: ISO, 2024.

JURAN, J. M., GODFREY, A. B. **Juran's Quality Handbook**. McGraw-Hill, 1999.

LIMA, A. J.; NOGUEIRA, R. J. Gestão da produção e fluxo de valor: revisão sistemática dos benefícios do lean manufacturing para a indústria de cerâmica vermelha. **Revista foco**, v. 17, n. 1, p. e4247-e4247, jan. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v17n1-151>. Acesso em: 18 jul. 2024.

LIMA, R. D. A importância da gestão da produção na fabricação e montagem industrial. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano. 8, ed. 4, v. 6, p. 99-111, abr. 2023. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/gestao-da-producao>. Acesso em: 18 jul. 2024.

LITTLE, D. *et al.* Integrated planning and scheduling in the engineer-to-order sector. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 13, p. 545–554, jan. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09511920050195977>. Acesso em: 18 jul. 2024.

LUSTOSA, L. J.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O. L. G.; OLIVEIRA, R. J. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 4ª reimpressão. 365 p.

MORETE, G. P.; SOUZA, K. S. S. .; CASTRO, L. G.; CARDOSO, W. Proposta de implementação do PCP com foco no sistema MRP em uma empresa de fabricação têxtil. **Revista Produção Online**, [S. l.], v. 23, n. 4, p. 5112, abr. 2024. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/5112>. Acesso em: 20 jul. 2024.

NASCIMENTO, M. G. F.; NASCIMENTO, J. F. Indicadores de Desempenho e ferramentas da Qualidade em uma empresa fabricante de estruturas metálicas. **Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC**, [S. l.], Foz do Iguaçu, PR, Brasil, nov. 2015. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4054>. Acesso em: 10 set. 2024.

OLIVEIRA, E. F.; NASCIMENTO, D. C. O. Mapeamento de Processos em uma Empresa do Ramo Metalomecânico: Um Estudo de Caso. **Revista Vértices**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 514–529, dez. 2019. Disponível em:

<https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/14104>. Acesso em: 10 set. 2024.

ONU. *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Nações Unidas, 2015.

PASQUINI, N. C. Planejamento e controle da produção (PCP): estado da arte. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 17.-17, maio 2016. Disponível em: <https://fatec.edu.br/revista/index.php/RTecFatecAM/article/view/55>. Acesso em: 23 ago. 2024.

PLANMETAL. *Manual de Execução de Estruturas Metálicas*. 1. ed. São Paulo: **Planmetal**, 2020. 62 p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. 7. ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2021.

RIBEIRO JUNIOR, J. A.; OLIVEIRA, T. M. C.; ALBUQUERQUE, P. R. N. S.; JACINTO, M. A. S.; PRAZERES, M. S.; SILVA, B. C.; ARRAIZ, C. G.; FILHO, M. H. C. C. Building information modeling: desafios da implantação no mercado de estruturas pré-fabricadas.

Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 28791–28801, maio 2020.

Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/10255>. Acesso em: 13 sep. 2024.

SABINO, H. R. T.; LOOS, M. J. Estudo dos processos de fabricação de estruturas metálicas para linha de transmissão. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, [S. l.], v. 16, n. 1, mar. 2021. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/gepros/article/view/2353>. Acesso em: 18 jul. 2024.

SACCHI, C. C.; SOUZA, A. S. C. Manifestações patológicas e controle de qualidade na montagem e fabricação de estruturas metálicas. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 13, n. 1, ago. 2016. Disponível em:

<https://revistas.ufg.br/reec/article/view/41214>. Acesso em: 16 jul. 2024.

SANTOS, J. C. G.; PINAS, D. C. Construções em estrutura metálica. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 1-9, jul. 2023. Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/1169>. Acesso em: 10 set. 2024.

SCHAURICH, G. F. S.; IAROSINSKI NETO, A. Diagnóstico das práticas de planejamento, controle e acompanhamento da produção em canteiros de obras de Curitiba. **Revista de Engenharia Civil IMED**, Passo Fundo, v. 9, n. 1, p. 36-55, jun. 2023. ISSN 2358-6508. Disponível em: <https://doi.org/10.18256/2358-6508.2022.v9i1.4385>. Acesso em: 13 set. 2024.

SILVA, P. V.; ALMEIDA, R. R., BEZERRA, M. R. C. S.; FIGUEIREDO, F. D.; BRITO, D.R.

Planejamento e controle da produção (PCP) de uma pequena empresa de confecção e manutenção de instrumentos musicais de corda. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, [S. l.], v. 3, n. 5, p. e351420-e351420, maio 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i5.1420>. Acesso em: 13 set. 2024.

SILVA, W. F.; SOARES, M. A. Pesos relativos entre indicadores de sustentabilidade e custos de construção de estruturas pré-fabricadas em plantas industriais. **Conjecturas**, [S. l.], v. 21, n. 4, p. 302-327, 2021. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/88918809/148.pdf>. Acesso em: 13 set. 2024.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A. **Operations management**. Harlow, England; New York: Pearson Education, 2019. 9ª ed. ISBN 9781292253985 (epub). 776 p.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Tradução Daniel Vieira. 8ª ed. São Paulo: GEN / Grupo Editorial Nacional S. A. Publicado pelo Selo Editora Atlas, 2018. ISBN 978-85-97-01537-9.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Operations Management**. Pearson Education, 2010.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

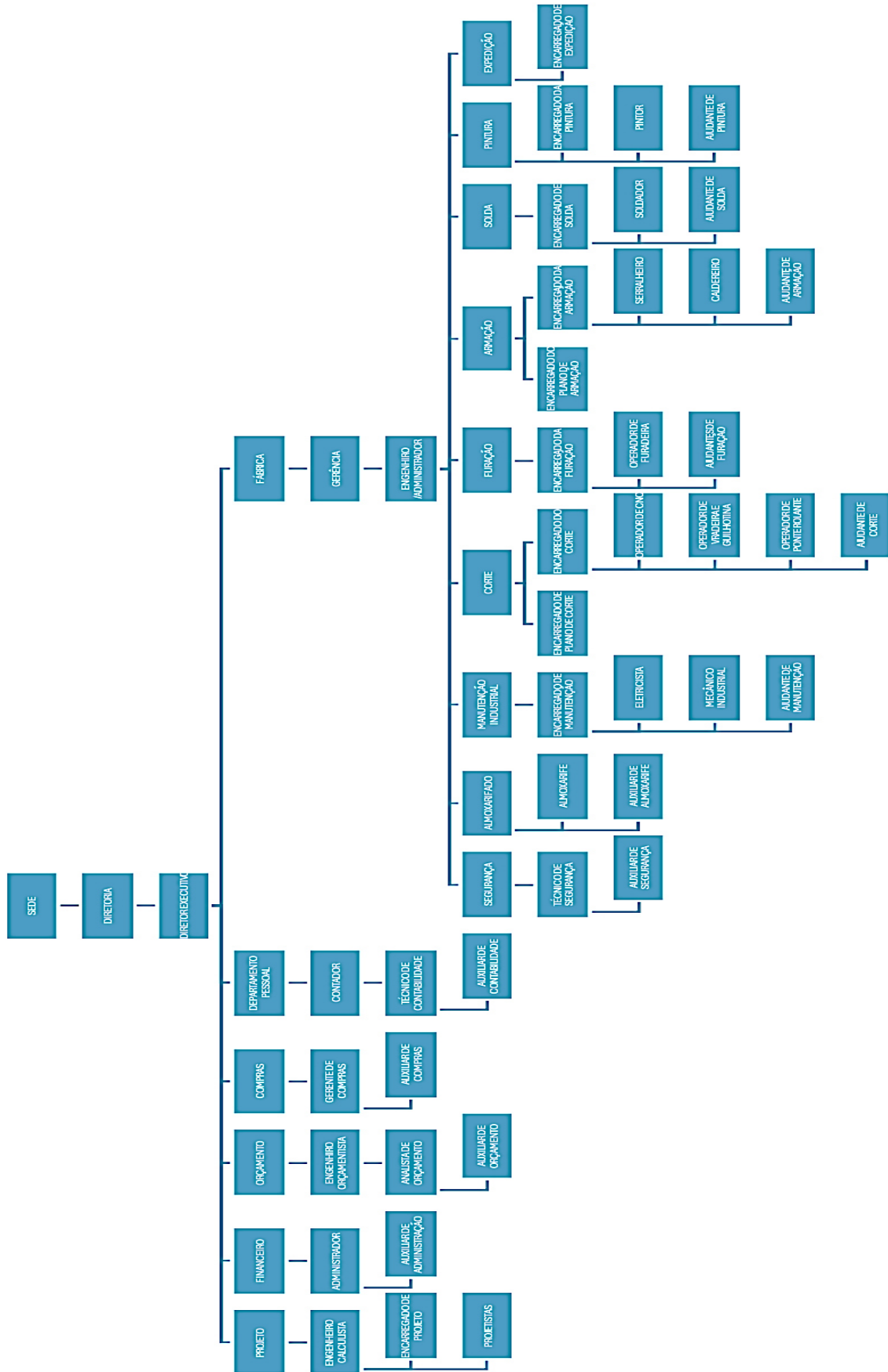
VIANA, D. D. **Integrated production planning and control model for engineer-to-order prefabricated building systems**. Porto Alegre, 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

WANDIGA, K.; KILIKA, J.; JAMES, R. **Operations strategy and operational competencies in organizational performance: a rapid review**. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, v. 97, p. 179–187, 2024.

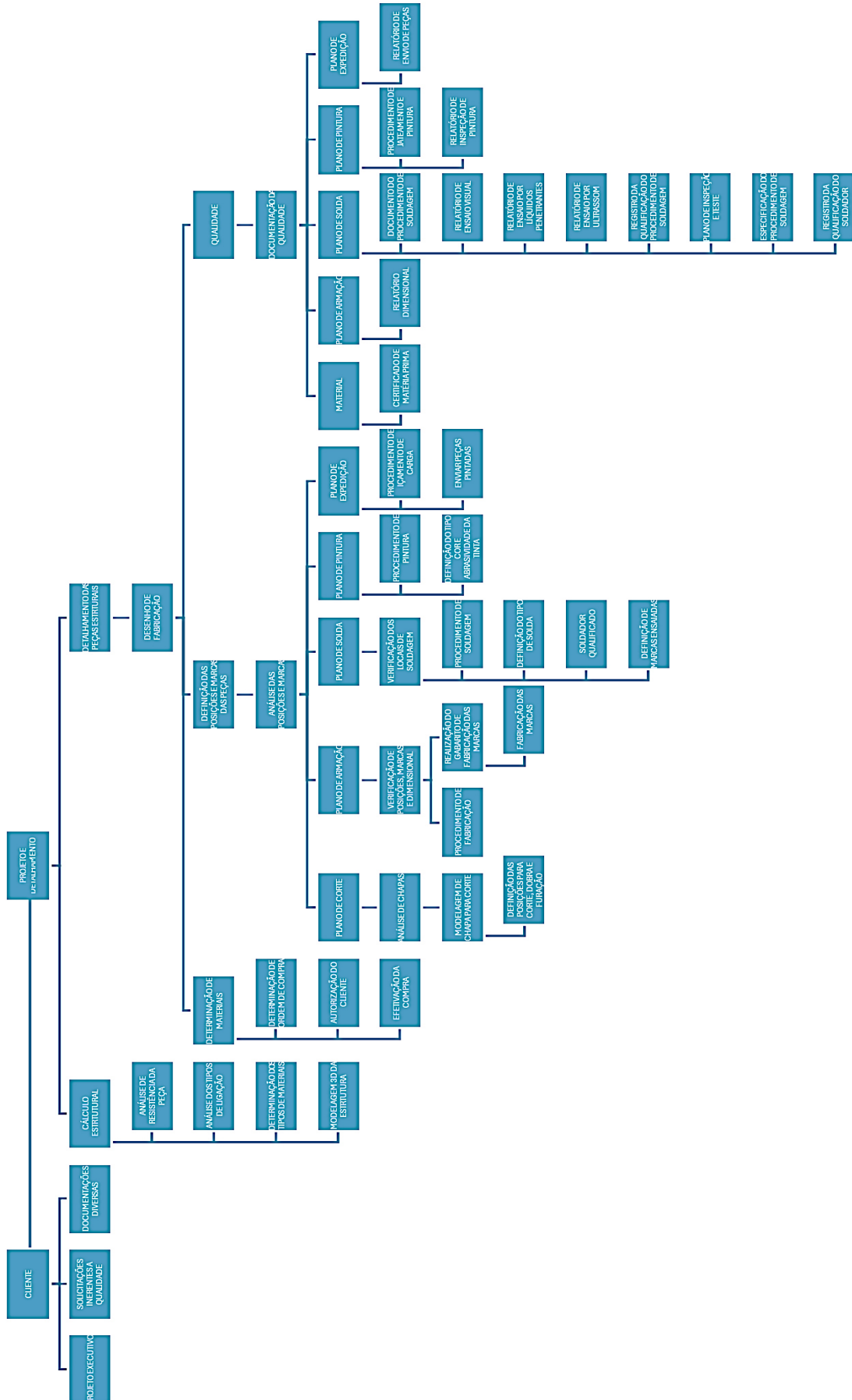
WILD, R. **Operations Management: a policy framework**. Oxford, England: Pergamon Press, 1980. 217 p.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005. 212 p.

APÊNDICE A – ORGANOGRAMA DA ESTRUTURA HIERÁRQUICA DA EMPRESA



APÊNDICE B – ORGANOGRAMA DO PROJETO



APÊNDICE C – TABELA DOS DADOS DOS GRÁFICO

Tabela 7 – Dados do Projeto Corpo de Bombeiro

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
13/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25384,80
21/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25882,50
22/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25882,50
23/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25882,50
24/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25882,50
25/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25882,50
26/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25882,50
27/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25882,50
28/09/2021	0,00	0,00	1652,40	0,00	0,00	27080,20
29/09/2021	0,00	0,00	1652,40	0,00	0,00	27080,20
30/09/2021	0,00	0,00	1652,40	0,00	0,00	27080,20
01/10/2021	0,00	0,00	1652,40	0,00	0,00	27080,20
02/10/2021	0,00	0,00	1652,40	0,00	0,00	27080,20
03/10/2021	0,00	0,00	1652,40	0,00	0,00	27080,20
04/10/2021	0,00	0,00	1652,40	0,00	0,00	27080,20
05/10/2021	0,00	0,00	6729,50	0,00	0,00	27080,20
06/10/2021	0,00	0,00	9185,10	0,00	0,00	27080,20
07/10/2021	0,00	0,00	11334,70	0,00	0,00	27080,20
08/10/2021	0,00	0,00	14123,70	158,90	0,00	27080,20
09/10/2021	0,00	0,00	14123,70	158,90	0,00	27080,20
10/10/2021	0,00	0,00	14123,70	158,90	0,00	27080,20
11/10/2021	0,00	0,00	14123,70	158,90	0,00	27080,20
12/10/2021	0,00	0,00	14123,70	158,90	0,00	27080,20
13/10/2021	0,00	0,00	14123,70	158,90	0,00	27080,20
14/10/2021	0,00	0,00	14123,70	158,90	0,00	27080,20
15/10/2021	0,00	0,00	14123,70	2766,80	0,00	27080,20
16/10/2021	0,00	0,00	14123,70	2766,80	0,00	27080,20
17/10/2021	0,00	0,00	14123,70	2766,80	0,00	27080,20
18/10/2021	0,00	0,00	14123,70	6881,70	0,00	40829,10
19/10/2021	0,00	0,00	14123,70	6881,70	0,00	40829,10
20/10/2021	0,00	0,00	16787,80	8203,80	0,00	40829,10
21/10/2021	0,00	0,00	19106,10	8203,80	8271,60	40829,10
22/10/2021	0,00	0,00	19106,10	8203,80	8271,60	52091,80
23/10/2021	0,00	0,00	19106,10	8203,80	8271,60	52091,80

Tabela 7 – Dados do Projeto Corpo de Bombeiro

(Continua)						
DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
24/10/2021	0,00	0,00	19106,10	8203,80	8271,60	52091,80
25/10/2021	0,00	0,00	19106,10	8203,80	8271,60	52091,80
26/10/2021	0,00	0,00	19106,10	8203,80	8271,60	52091,80
27/10/2021	0,00	0,00	21184,80	8203,80	8271,60	52091,80
28/10/2021	0,00	0,00	21184,80	9748,70	8271,60	52091,80
29/10/2021	0,00	0,00	21184,80	10808,40	8271,60	52091,80
30/10/2021	0,00	0,00	21184,80	10808,40	8271,60	52091,80
31/10/2021	0,00	0,00	21184,80	10808,40	8271,60	52091,80
01/11/2021	0,00	0,00	27342,80	16606,60	8271,60	52091,80
02/11/2021	0,00	0,00	27342,80	16606,60	8271,60	52091,80
03/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	8271,60	52091,80
04/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	67334,80
05/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	67334,80
06/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	67334,80
07/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	67334,80
08/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	67334,80
09/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	67334,80
10/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	67334,80
11/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	87664,20
12/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	87664,20
13/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	87664,20
14/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	87664,20
15/11/2021	0,00	0,00	27342,80	20992,20	21994,80	87664,20
16/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	87664,20
17/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	87664,20
18/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	87664,20
19/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	87664,20
20/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	87664,20
21/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	87664,20
22/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	87664,20
23/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	87664,20
24/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
25/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
26/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
27/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
28/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
29/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
30/11/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
01/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
02/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
03/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
04/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
05/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50

Tabela 7 – Dados do Projeto Corpo de Bombeiro

(Continua)						
DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
06/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
07/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
08/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
09/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
10/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
11/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
12/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
13/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
14/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
15/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
16/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
17/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
18/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
19/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
20/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
21/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
22/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
23/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
24/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
25/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
26/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
27/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
28/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
29/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
30/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
31/12/2021	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
01/01/2022	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
02/01/2022	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
03/01/2022	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
04/01/2022	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
05/01/2022	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
06/01/2022	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
07/01/2022	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
08/01/2022	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
09/01/2022	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25276,40	90920,50
10/01/2022	0,00	0,00	27342,80	21465,20	25284,00	90920,50
11/01/2022	0,00	0,00	28672,70	21465,20	25284,00	90920,50
12/01/2022	0,00	0,00	28672,70	21465,20	25284,00	90920,50
13/01/2022	0,00	0,00	29014,10	21465,20	25284,00	92792,30
14/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	92792,30
15/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	92792,30
16/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	92792,30
17/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	92792,30

Tabela 7 – Dados do Projeto Corpo de Bombeiro

(Continua)						
DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
18/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	92792,30
19/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	92792,30
20/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	92792,30
21/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
22/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
23/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
24/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
25/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
26/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
27/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
28/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
29/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
30/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
31/01/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
01/02/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
02/02/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
03/02/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
04/02/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
05/02/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
06/02/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	164997,20
07/02/2022	0,00	0,00	29757,10	21465,20	25284,00	166254,50
08/02/2022	0,00	0,00	31367,60	21465,20	25284,00	168158,30
09/02/2022	0,00	0,00	31367,60	21465,20	25284,00	169624,20
10/02/2022	0,00	0,00	31367,60	21465,20	25284,00	169624,20
11/02/2022	0,00	0,00	31367,60	21465,20	25284,00	171249,50
12/02/2022	0,00	0,00	31367,60	21465,20	25284,00	171249,50
13/02/2022	0,00	0,00	31367,60	21465,20	25284,00	171249,50
14/02/2022	0,00	0,00	31367,60	21465,20	25284,00	171249,50
15/02/2022	0,00	0,00	33632,20	21465,20	25284,00	173700,84
16/02/2022	0,00	0,00	34101,40	21465,20	25284,00	173700,84
17/02/2022	0,00	0,00	34101,40	21465,20	25284,00	173700,84
18/02/2022	0,00	0,00	34101,40	21465,20	25284,00	175328,24
19/02/2022	0,00	0,00	34101,40	21465,20	25284,00	175328,24
20/02/2022	0,00	0,00	34101,40	21465,20	25284,00	175328,24
21/02/2022	0,00	0,00	34101,40	21465,20	25284,00	175328,24
22/02/2022	0,00	0,00	34101,40	21465,20	25284,00	175328,24
23/02/2022	0,00	0,00	34101,40	21465,20	25284,00	180916,84
24/02/2022	0,00	0,00	34101,40	21465,20	25284,00	180916,84
25/02/2022	0,00	0,00	34942,20	21465,20	25284,00	180916,84
26/02/2022	0,00	0,00	34942,20	21465,20	25284,00	180916,84
27/02/2022	0,00	0,00	34942,20	21465,20	25284,00	180916,84
28/02/2022	0,00	0,00	34942,20	21465,20	25284,00	180916,84
01/03/2022	0,00	0,00	34942,20	21465,20	25284,00	180916,84

Tabela 8 – Dados do Projeto Ponte

(Continua)

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
10/10/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28906,00
11/10/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58106,00
12/10/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58106,00
13/10/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58106,00
14/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
15/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
16/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
17/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
18/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
19/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
20/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
21/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
22/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
23/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
24/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
25/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
26/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
27/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
28/10/2021	0,00	0,00	0,00	20107,80	0,00	58106,00
29/10/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	0,00	58106,00
30/10/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	0,00	58106,00
31/10/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	0,00	58106,00
01/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	58106,00
02/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	58106,00
03/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
04/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
05/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
06/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
07/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
08/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
09/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
10/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
11/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
12/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
13/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
14/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
15/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
16/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
17/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
18/11/2021	0,00	895,20	0,00	20107,80	26810,40	84916,40
19/11/2021	0,00	895,20	7642,00	20107,80	26810,40	84916,40
20/11/2021	0,00	895,20	7642,00	20107,80	26810,40	84916,40
21/11/2021	0,00	895,20	7642,00	20107,80	26810,40	84916,40
22/11/2021	0,00	895,20	7642,00	20107,80	56178,40	84916,40

Tabela 8 – Dados do Projeto Ponte

						(Conclusão)
DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
23/11/2021	0,00	895,20	7642,00	20107,80	56178,40	111726,80
24/11/2021	0,00	895,20	7642,00	20107,80	56178,40	121360,00
25/11/2021	0,00	895,20	7642,00	20107,80	56178,40	121360,00
26/11/2021	0,00	895,20	7642,00	20107,80	56178,40	121360,00
27/11/2021	0,00	895,20	7642,00	20107,80	56178,40	121360,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 9 – Dados do Projeto Ginásio Poliesportivo

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
09/11/2021	0,00	0,00	312,00	2205,60	0,00	0,00
10/11/2021	620,18	0,00	312,00	2205,60	0,00	0,00
11/11/2021	1240,36	3093,20	312,00	2205,60	0,00	0,00
12/11/2021	1860,55	3093,20	312,00	2205,60	0,00	0,00
13/11/2021	2480,73	3093,20	3518,40	2205,60	0,00	0,00
14/11/2021	3100,91	6045,20	3518,40	2205,60	0,00	0,00
15/11/2021	3721,09	6748,00	3629,60	2205,60	0,00	0,00
16/11/2021	4341,27	7326,40	6889,20	3274,40	0,00	0,00
17/11/2021	4961,45	15581,20	8361,80	4225,10	0,00	0,00
18/11/2021	5581,64	17266,90	9109,40	4470,30	0,00	0,00
19/11/2021	6201,82	17266,90	16317,60	5462,10	0,00	0,00
20/11/2021	6822,00	17266,90	16554,00	5462,10	0,00	0,00
21/11/2021	8062,36	17266,90	16554,00	8414,10	0,00	0,00
22/11/2021	9302,73	17266,90	16790,40	8662,10	513,00	0,00
23/11/2021	10543,09	17887,30	18962,50	14340,10	513,00	0,00
24/11/2021	11783,45	17887,30	18962,50	15871,90	513,00	0,00
25/11/2021	13644,00	19489,30	19806,50	17664,10	6780,00	0,00
26/11/2021	15504,55	19489,30	19806,50	19442,50	7529,40	0,00
27/11/2021	17365,09	19489,30	19806,50	19442,50	7529,40	0,00
28/11/2021	19225,64	19489,30	19806,50	19442,50	11175,00	0,00
29/11/2021	21086,18	19489,30	20360,00	20840,00	12303,60	0,00
30/11/2021	22946,73	22527,30	23398,00	20840,00	12303,60	0,00
01/12/2021	24807,27	22527,30	25879,60	23625,40	12857,10	0,00
02/12/2021	26667,82	22527,30	27485,60	24237,00	16340,90	0,00
03/12/2021	28528,36	26646,40	27758,10	27275,00	17130,80	12894,20
04/12/2021	30388,91	26646,40	27758,10	27275,00	17130,80	12894,20
05/12/2021	32869,64	29732,80	27890,10	27275,00	17130,80	12894,20
06/12/2021	35350,36	31536,80	29694,10	28269,40	22410,80	13284,80
07/12/2021	37831,09	31829,60	31464,10	30345,90	22410,80	13284,80
08/12/2021	40311,82	31829,60	31464,10	30345,90	23405,20	13284,80
09/12/2021	42792,55	31829,60	34418,50	32247,90	25481,70	13284,80
10/12/2021	45273,27	33954,80	34418,50	32247,90	25481,70	13284,80
11/12/2021	47754,00	33954,80	34418,50	32247,90	25481,70	13284,80

Tabela 9 – Dados do Projeto Ginásio Poliesportivo

(Continua)

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
12/12/2021	50234,73	33954,80	34908,70	32247,90	25481,70	13284,80
13/12/2021	52715,46	35575,80	34908,70	36931,50	31073,30	27930,00
14/12/2021	55816,37	35575,80	35105,90	37128,70	31073,30	27930,00
15/12/2021	58917,27	41173,80	35105,90	38649,90	31073,30	27930,00
16/12/2021	62018,18	47056,20	36168,50	38649,90	31073,30	27930,00
17/12/2021	65119,09	48144,70	37809,30	40001,60	31073,30	27930,00
18/12/2021	68840,18	49175,50	37809,30	40001,60	31073,30	27930,00
19/12/2021	72561,28	49175,50	37809,30	40001,60	31073,30	27930,00
20/12/2021	76282,37	59316,50	43909,50	43163,70	31073,30	27930,00
21/12/2021	80003,46	63172,70	50311,70	46927,50	31073,30	27930,00
22/12/2021	83724,55	63172,70	51228,90	49524,20	38931,50	37723,20
23/12/2021	87445,64	63172,70	53493,90	52406,70	39863,90	37723,20
24/12/2021	91166,73	63172,70	54853,10	52406,70	39863,90	37723,20
25/12/2021	94887,82	63172,70	57571,50	52406,70	39863,90	37723,20
26/12/2021	98608,91	63172,70	57571,50	52406,70	39863,90	37723,20
27/12/2021	102330,00	69595,40	57571,50	52725,50	40953,10	37723,20
28/12/2021	106051,09	69931,40	57571,50	54024,30	40953,10	37723,20
29/12/2021	109772,19	69931,40	58825,10	55885,50	40953,10	37723,20
30/12/2021	114113,46	69931,40	58825,10	56071,50	40953,10	37723,20
31/12/2021	118454,73	69931,40	59365,10	56071,50	40953,10	37723,20
01/01/2022	122796,00	69931,40	59365,10	56071,50	40953,10	37723,20
02/01/2022	127137,28	69931,40	59365,10	56071,50	40953,10	37723,20
03/01/2022	132098,73	70156,20	68729,30	63793,10	40953,10	37723,20
04/01/2022	137060,19	71049,20	68933,30	64175,30	40953,10	37723,20
05/01/2022	142021,64	77919,80	72381,10	68347,30	48558,90	38301,80
06/01/2022	146983,10	80890,00	73036,30	68723,50	51856,00	47877,40
07/01/2022	151944,55	89773,60	73916,30	70065,60	51856,00	47877,40
08/01/2022	156906,01	89953,60	74687,60	70095,40	51856,00	47877,40
09/01/2022	161867,46	89953,60	74687,60	70095,40	51856,00	47877,40
10/01/2022	166828,91	94081,60	80277,00	71737,60	51896,60	47877,40
11/01/2022	171790,37	96948,20	81951,80	72226,20	54394,70	50395,80
12/01/2022	176751,82	96948,20	85863,00	73893,20	54394,70	50395,80
13/01/2022	181713,28	98695,80	88919,00	79726,60	54394,70	50395,80
14/01/2022	186674,73	114736,30	90168,50	79985,40	54470,80	50395,80
15/01/2022	191636,19	123516,70	90168,50	79985,40	54470,80	50395,80
16/01/2022	196597,64	129222,70	90168,50	79985,40	54470,80	50395,80
17/01/2022	201559,10	130593,90	92416,70	81853,40	61385,20	50395,80
18/01/2022	206520,55	130593,90	95017,10	83496,60	61673,20	50395,80
19/01/2022	211482,01	130593,90	98393,40	84621,00	61811,70	50458,20
20/01/2022	216443,46	130593,90	101613,80	85440,30	65697,90	60370,60
21/01/2022	222645,28	130766,70	107577,40	87480,60	67096,50	60370,60
22/01/2022	228847,10	130766,70	107577,40	87480,60	67096,50	60370,60
23/01/2022	235048,92	130766,70	108743,30	87480,60	67096,50	60370,60
24/01/2022	241250,74	138122,70	112662,70	90044,20	67267,70	60370,60

Tabela 9 – Dados do Projeto Ginásio Poliesportivo

(Continua)

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
25/01/2022	247452,55	138167,50	114565,50	102203,80	67529,90	60370,60
26/01/2022	253654,37	145212,50	121767,90	106138,10	67529,90	60370,60
27/01/2022	259856,19	145212,50	127437,50	106683,10	67703,50	60370,60
28/01/2022	266058,01	158874,60	134309,50	117396,00	97605,70	92223,30
29/01/2022	272259,83	158874,60	134309,50	117396,00	97605,70	92223,30
30/01/2022	278461,65	158874,60	134309,50	117396,00	97605,70	92223,30
31/01/2022	287764,37	161968,50	134472,70	119721,90	98109,70	92223,30
01/02/2022	297067,10	161968,50	137049,50	121869,30	109101,60	105407,30
02/02/2022	306369,83	161968,50	137395,10	124090,40	109101,60	105407,30
03/02/2022	315672,56	162850,30	138227,10	129229,00	109101,60	105407,30
04/02/2022	324975,28	163666,30	144195,10	138314,80	115603,10	105407,30
05/02/2022	334278,01	163666,30	144195,10	138339,60	115603,10	105407,30
06/02/2022	343580,74	163666,30	144195,10	138339,60	115603,10	105407,30
07/02/2022	352883,47	177848,70	149340,20	138606,60	126604,30	118478,60
08/02/2022	362186,19	178514,50	161981,60	146038,50	132014,50	128828,90
09/02/2022	371488,92	179223,50	162690,60	151731,70	132511,30	128828,90
10/02/2022	380791,65	179406,50	163566,60	154043,60	134465,90	128828,90
11/02/2022	390094,38	180927,50	166525,10	154980,90	141177,90	139451,70
12/02/2022	396296,20	180927,50	166525,10	154980,90	141177,90	139451,70
13/02/2022	402498,01	180927,50	166525,10	154980,90	141177,90	139451,70
14/02/2022	408699,83	180927,50	166525,10	157561,80	141177,90	139451,70
15/02/2022	414901,65	180927,50	167248,70	159384,30	141373,50	139451,70
16/02/2022	421103,47	186339,50	172660,70	159663,90	149304,60	139451,70
17/02/2022	427305,29	186339,50	172660,70	159663,90	153605,00	139500,50
18/02/2022	433507,11	186339,50	172660,70	159663,90	157125,00	157591,20
19/02/2022	438468,56	186339,50	172660,70	159663,90	157125,00	157591,20
20/02/2022	443430,02	186339,50	172660,70	159663,90	157125,00	157591,20
21/02/2022	448391,47	186555,50	172876,70	163060,40	157317,30	157591,20
22/02/2022	453352,93	186555,50	172876,70	163301,60	157681,60	157591,20
23/02/2022	458314,38	197553,40	176410,30	163434,40	157681,60	157591,20
24/02/2022	463275,83	197553,40	176410,30	163808,40	157681,60	157591,20
25/02/2022	468237,29	197841,40	176609,50	165158,20	158803,00	157591,20
26/02/2022	473198,74	197841,40	176609,50	165158,20	158803,00	157591,20
27/02/2022	478160,20	197841,40	176609,50	165158,20	158803,00	157591,20
28/02/2022	483121,65	197901,20	176957,30	165944,70	164026,10	157591,20
01/03/2022	488083,11	203190,20	182246,30	166506,30	168047,00	157591,20
02/03/2022	493044,56	203190,20	182246,30	166506,30	168167,00	170530,30
03/03/2022	498006,02	203190,20	182246,30	166742,80	168167,00	170530,30
04/03/2022	501727,11	208936,40	182580,50	166742,80	172738,50	170530,30
05/03/2022	505448,20	208936,40	182580,50	166742,80	172738,50	170530,30
06/03/2022	509169,29	208936,40	182580,50	166742,80	172738,50	170530,30
07/03/2022	512890,38	209757,20	183401,30	167138,80	172738,50	170530,30
08/03/2022	516611,47	209757,20	183401,30	167333,20	172738,50	170530,30
09/03/2022	520332,56	212035,00	185679,10	173160,40	172738,50	170530,30

Tabela 9 – Dados do Projeto Ginásio Poliesportivo

							(Conclusão)
DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO	
10/03/2022	524053,65	216740,30	189515,00	174241,70	172738,50	170530,30	
11/03/2022	527774,75	217201,10	193161,40	183660,30	172738,50	170530,30	
12/03/2022	531495,84	217201,10	207758,20	184690,60	178150,50	170530,30	
13/03/2022	535216,93	217201,10	207758,20	184690,60	178150,50	170530,30	
14/03/2022	538938,02	217201,10	213170,20	206441,20	178150,50	170530,30	
15/03/2022	542659,11	217201,10	213170,20	211012,70	178463,10	170530,30	
16/03/2022	546380,20	217201,10	213170,20	211012,70	213170,20	206226,00	
17/03/2022	550101,29	217201,10	213170,20	211012,70	213170,20	206226,00	
18/03/2022	552582,02	217201,10	213170,20	211012,70	213170,20	206502,60	
19/03/2022	555062,75	217201,10	213170,20	211012,70	213170,20	206502,60	
20/03/2022	557543,47	217201,10	213170,20	211012,70	213170,20	206502,60	
21/03/2022	560024,20	217201,10	213170,20	211012,70	213170,20	213170,20	
22/03/2022	562504,93	217201,10	213170,20	211012,70	213170,20	213170,20	
23/03/2022	564985,66	217201,10	213170,20	211012,70	213170,20	213170,20	
24/03/2022	567466,38	217201,10	213170,20	211012,70	213170,20	213170,20	
25/03/2022	569947,11	217565,30	213534,40	211012,70	213170,20	213170,20	
26/03/2022	572427,84	217565,30	213534,40	211012,70	213170,20	213170,20	
27/03/2022	574908,57	217565,30	213534,40	211012,70	213170,20	213170,20	
28/03/2022	577389,29	218294,30	214263,40	211012,70	213170,20	213170,20	
29/03/2022	579870,02	218658,50	214627,60	211012,70	213170,20	213170,20	
30/03/2022	581730,57	219022,70	214991,80	211012,70	213170,20	213170,20	
31/03/2022	583591,11	220338,05	216307,15	211012,70	213170,20	213170,20	
01/04/2022	585451,66	220338,05	216307,15	213757,75	213170,20	213170,20	
02/04/2022	587312,20	220338,05	220338,05	213757,75	213170,20	213170,20	
03/04/2022	589172,75	220338,05	220338,05	213757,75	213170,20	213170,20	
04/04/2022	591033,29	220338,05	220338,05	220338,05	213170,20	213170,20	
05/04/2022	592893,84	220338,05	220338,05	220338,05	218881,25	218881,25	
06/04/2022	594754,38	220338,05	220338,05	220338,05	218881,25	218881,25	
07/04/2022	596614,93	220338,05	220338,05	220338,05	218881,25	218881,25	
08/04/2022	598475,48	220338,05	220338,05	220338,05	218881,25	218881,25	
09/04/2022	600336,02	220338,05	220338,05	220338,05	218881,25	218881,25	
10/04/2022	602196,57	220338,05	220338,05	220338,05	218881,25	218881,25	
11/04/2022	604057,11	220338,05	220338,05	220338,05	220338,05	220338,05	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 10 – Dados do Projeto Estação de trem

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
10/11/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11/11/2021	365,39	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
12/11/2021	730,79	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
13/11/2021	1096,18	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
14/11/2021	1461,58	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 10 – Dados do Projeto Estação de trem

(Continua)

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
15/11/2021	1826,97	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
16/11/2021	2192,36	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
17/11/2021	2557,76	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
18/11/2021	2923,15	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
19/11/2021	3288,55	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
20/11/2021	3653,94	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
21/11/2021	4019,33	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
22/11/2021	4750,12	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
23/11/2021	5480,91	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
24/11/2021	6211,70	92496,78	0,00	0,00	0,00	0,00
25/11/2021	6942,49	92496,78	2136,24	763,30	1616,40	0,00
26/11/2021	8038,67	92496,78	6408,72	763,30	1616,40	0,00
27/11/2021	9134,85	92496,78	6408,72	20842,56	1616,40	0,00
28/11/2021	10231,03	92496,78	6408,72	20842,56	1616,40	0,00
29/11/2021	11327,21	95181,30	8025,12	20842,56	22978,80	0,00
30/11/2021	12423,39	95181,30	8025,12	22978,80	22978,80	0,00
01/12/2021	13519,58	95181,30	8025,12	22978,80	22978,80	0,00
02/12/2021	14615,76	95181,30	8025,12	22978,80	22978,80	0,00
03/12/2021	15711,94	95181,30	22978,80	22978,80	22978,80	0,00
04/12/2021	16808,12	95181,30	22978,80	22978,80	22978,80	0,00
05/12/2021	17904,30	95181,30	22978,80	22978,80	22978,80	0,00
06/12/2021	19365,88	95181,30	22978,80	22978,80	22978,80	0,00
07/12/2021	20827,46	95181,30	91170,05	22978,80	22978,80	22978,80
08/12/2021	22289,03	95181,30	91170,05	91170,05	22978,80	22978,80
09/12/2021	23750,61	95181,30	91170,05	91170,05	22978,80	22978,80
10/12/2021	25212,18	95181,30	91170,05	91170,05	61085,68	61085,68
11/12/2021	26673,76	95181,30	91170,05	91170,05	61085,68	61085,68
12/12/2021	28135,33	95181,30	91170,05	91170,05	61085,68	61085,68
13/12/2021	29596,91	103329,30	91170,05	91170,05	61085,68	61085,68
14/12/2021	31058,49	103329,30	91170,05	91170,05	61085,68	61085,68
15/12/2021	32885,46	103329,30	91170,05	91170,05	61085,68	61085,68
16/12/2021	34712,43	103329,30	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
17/12/2021	36539,40	103329,30	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
18/12/2021	38366,36	103329,30	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
19/12/2021	40558,73	103329,30	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
20/12/2021	42751,09	103329,30	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
21/12/2021	44943,46	103329,30	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
22/12/2021	47135,82	103329,30	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
23/12/2021	49328,18	103329,30	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
24/12/2021	51520,55	103329,30	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
25/12/2021	53712,91	103329,30	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
26/12/2021	55905,27	103329,30	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
27/12/2021	58097,64	135786,40	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68
28/12/2021	60290,00	135786,40	99318,05	91170,05	61085,68	61085,68

Tabela 10 – Dados do Projeto Estação de trem

(Continua)

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
29/12/2021	62482,37	135786,40	99318,05	91170,05	77130,68	77130,68
30/12/2021	64674,73	135786,40	99318,05	91170,05	77130,68	77130,68
31/12/2021	67232,49	135786,40	99318,05	91170,05	77130,68	77130,68
01/01/2022	69790,24	135786,40	99318,05	91170,05	77130,68	77130,68
02/01/2022	72348,00	135786,40	99318,05	91170,05	77130,68	77130,68
03/01/2022	74905,76	135786,40	119687,35	91170,05	77130,68	77130,68
04/01/2022	77828,91	143853,64	119687,35	99318,05	77130,68	77130,68
05/01/2022	80752,06	143853,64	119687,35	103392,15	77130,68	77130,68
06/01/2022	83675,21	143853,64	127701,55	103392,15	77130,68	77130,68
07/01/2022	86598,37	143853,64	127701,55	111540,15	77130,68	77130,68
08/01/2022	89521,52	143853,64	127701,55	111540,15	77130,68	77130,68
09/01/2022	92444,67	143853,64	127701,55	111540,15	77130,68	77130,68
10/01/2022	95367,82	143853,64	135837,25	111540,15	77130,68	77130,68
11/01/2022	98290,97	143853,64	135837,25	111540,15	77130,68	77130,68
12/01/2022	101214,12	143853,64	135837,25	111540,15	97500,78	97500,78
13/01/2022	104137,28	143853,64	135837,25	131880,25	97500,78	97500,78
14/01/2022	107060,43	143853,64	135837,25	131880,25	97500,78	97500,78
15/01/2022	109983,58	143853,64	135837,25	131880,25	97500,78	97500,78
16/01/2022	112906,73	143853,64	135837,25	131880,25	109721,58	97500,78
17/01/2022	115829,88	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
18/01/2022	118753,03	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
19/01/2022	121676,19	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
20/01/2022	124599,34	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
21/01/2022	127522,49	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
22/01/2022	131176,43	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
23/01/2022	134830,37	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
24/01/2022	138484,31	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
25/01/2022	142138,25	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
26/01/2022	145792,19	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
27/01/2022	149446,13	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
28/01/2022	153100,07	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
29/01/2022	156754,00	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
30/01/2022	160407,94	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
31/01/2022	164061,88	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
01/02/2022	169542,79	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
02/02/2022	175023,70	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
03/02/2022	180504,61	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
04/02/2022	185985,52	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
05/02/2022	191466,43	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
06/02/2022	196947,34	143853,64	135837,25	131880,25	117840,88	117840,88
07/02/2022	202428,25	143853,64	135837,25	135837,25	117840,88	117840,88
08/02/2022	207909,16	143853,64	135837,25	135837,25	117840,88	117840,88
09/02/2022	213390,07	151813,34	135837,25	135837,25	117840,88	117840,88
10/02/2022	218870,98	157097,04	135837,25	135837,25	117840,88	117840,88

Tabela 10 – Dados do Projeto Estação de trem

(Continua)

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
11/02/2022	224351,89	157097,04	135837,25	147775,65	137747,53	137747,53
12/02/2022	229832,79	157097,04	135837,25	147775,65	137747,53	137747,53
13/02/2022	233486,73	157097,04	135837,25	147775,65	137747,53	137747,53
14/02/2022	237140,67	157097,04	137839,55	147775,65	137747,53	137747,53
15/02/2022	240794,61	163078,04	155061,65	153059,35	137747,53	137747,53
16/02/2022	244448,55	163078,04	155061,65	155061,65	143031,23	137747,53
17/02/2022	248102,49	163078,04	155061,65	155061,65	155061,65	155061,65
18/02/2022	251756,43	163078,04	155061,65	155061,65	155061,65	155061,65
19/02/2022	255410,37	163078,04	155061,65	155061,65	155061,65	155061,65
20/02/2022	258333,52	163078,04	155061,65	155061,65	155061,65	155061,65
21/02/2022	261256,67	163078,04	155061,65	155061,65	155061,65	155061,65
22/02/2022	264179,83	174178,86	155061,65	155061,65	155061,65	155061,65
23/02/2022	267102,98	174178,86	155061,65	155061,65	155061,65	155061,65
24/02/2022	270026,13	174178,86	155061,65	155061,65	155061,65	155061,65
25/02/2022	272949,28	174178,86	159081,79	155061,65	155061,65	155061,65
26/02/2022	275872,43	174178,86	159081,79	155061,65	155061,65	155061,65
27/02/2022	278795,58	174178,86	159081,79	155061,65	155061,65	155061,65
28/02/2022	281718,74	178202,90	159081,79	163101,93	155061,65	155061,65
01/03/2022	284641,89	178202,90	159081,79	163101,93	155061,65	155061,65
02/03/2022	287565,04	178202,90	159081,79	163101,93	155061,65	155061,65
03/03/2022	290488,19	178202,90	174191,65	163101,93	155061,65	155061,65
04/03/2022	293411,34	178202,90	174191,65	170167,61	155061,65	155061,65
05/03/2022	295603,71	178202,90	174191,65	170167,61	155061,65	155061,65
06/03/2022	297796,07	178202,90	174191,65	170167,61	155061,65	155061,65
07/03/2022	299988,43	178202,90	174191,65	170167,61	155061,65	155061,65
08/03/2022	302180,80	178202,90	174191,65	170167,61	174191,65	174191,65
09/03/2022	304373,16	178202,90	174191,65	174191,65	174191,65	174191,65
10/03/2022	306565,52	178202,90	174191,65	174191,65	174191,65	174191,65
11/03/2022	308757,89	178202,90	174191,65	174191,65	174191,65	174191,65
12/03/2022	310950,25	178202,90	176197,28	174191,65	174191,65	174191,65
13/03/2022	313142,62	178202,90	176197,28	174191,65	174191,65	174191,65
14/03/2022	315334,98	178531,40	176197,28	174191,65	174191,65	174191,65
15/03/2022	317527,34	182033,50	176197,28	174191,65	174191,65	174191,65
16/03/2022	319719,71	182033,50	176197,28	174191,65	174191,65	174191,65
17/03/2022	321912,07	182033,50	176197,28	174191,65	174191,65	174191,65
18/03/2022	324104,43	182353,20	179708,18	174191,65	174191,65	174191,65
19/03/2022	325566,01	182353,20	179708,18	174191,65	174191,65	174191,65
20/03/2022	327027,59	182353,20	179708,18	174191,65	174191,65	174191,65
21/03/2022	328489,16	182672,90	182033,50	174191,65	177068,95	177068,95
22/03/2022	329950,74	182672,90	182033,50	181080,20	177068,95	177068,95
23/03/2022	331412,31	198555,30	198555,30	192992,00	177068,95	177068,95
24/03/2022	332873,89	198555,30	198555,30	198555,30	197921,70	177068,95
25/03/2022	334335,46	206459,80	198555,30	198555,30	197921,70	177068,95
26/03/2022	335797,04	206459,80	198555,30	198555,30	197921,70	177068,95

Tabela 10 – Dados do Projeto Estação de trem

						(Conclusão)
DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
27/03/2022	337258,62	206459,80	198555,30	198555,30	197921,70	177068,95
28/03/2022	338720,19	222304,70	202499,30	198555,30	198555,30	198555,30
29/03/2022	340181,77	222304,70	222304,70	198555,30	198555,30	198555,30
30/03/2022	341643,34	222304,70	222304,70	198555,30	198555,30	198555,30
31/03/2022	342739,53	222304,70	222304,70	210456,20	198555,30	198555,30
01/04/2022	343835,71	222304,70	222304,70	210456,20	198555,30	198555,30
02/04/2022	344931,89	222304,70	222304,70	210456,20	198555,30	198555,30
03/04/2022	346028,07	222304,70	222304,70	210456,20	198555,30	198555,30
04/04/2022	347124,25	222304,70	222304,70	210456,20	222304,70	222304,70
05/04/2022	348220,43	222304,70	222304,70	210456,20	222304,70	222304,70

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11 – Dados do Projeto Escola

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
29/12/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30/12/2021	344,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31/12/2021	688,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/01/2022	1032,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02/01/2022	1463,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/01/2022	1893,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04/01/2022	2323,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05/01/2022	2754,14	2848,60	64,70	0,00	0,00	0,00
06/01/2022	3184,47	11307,10	6602,10	0,00	0,00	0,00
07/01/2022	3614,81	11307,10	6602,10	0,00	0,00	0,00
08/01/2022	4217,28	11307,10	6602,10	0,00	0,00	0,00
09/01/2022	5077,94	11307,10	6602,10	0,00	0,00	0,00
10/01/2022	5938,61	11307,10	7672,20	672,00	0,00	0,00
11/01/2022	6799,28	11307,10	7672,20	1576,30	0,00	0,00
12/01/2022	7659,95	11307,10	7672,20	1585,80	0,00	0,00
13/01/2022	8520,62	11307,10	7672,20	1585,80	1298,80	0,00
14/01/2022	9381,29	11307,10	7672,20	1687,20	1298,80	0,00
15/01/2022	9596,45	11307,10	7672,20	1687,20	1298,80	0,00
16/01/2022	9811,62	11307,10	7672,20	1687,20	1298,80	0,00
17/01/2022	9940,72	11307,10	8166,80	5624,70	1308,30	0,00
18/01/2022	10069,82	11307,10	8271,00	5624,70	1310,10	0,00
19/01/2022	10198,92	11307,10	8271,00	6084,60	1310,10	0,00
20/01/2022	10328,02	11307,10	8271,00	8162,50	5759,90	5678,10
21/01/2022	10457,12	11307,10	9388,60	8162,50	5759,90	5678,10
22/01/2022	10586,22	11307,10	9388,60	8162,50	5759,90	5678,10
23/01/2022	10715,32	11307,10	9388,60	8162,50	5759,90	5678,10
24/01/2022	10844,42	11307,10	9388,60	8330,10	5759,90	5678,10
25/01/2022	10973,52	11462,30	9697,40	8369,60	5759,90	5678,10

Tabela 11 – Dados do Projeto Escola

(Continua)

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
26/01/2022	11102,62	11462,30	9865,00	9432,80	5759,90	5678,10
27/01/2022	11231,72	11462,30	9865,00	9432,80	5825,60	5678,10
28/01/2022	11360,82	11462,30	9865,00	9476,60	8327,30	8145,90
29/01/2022	11489,92	11462,30	9865,00	9476,60	8327,30	8145,90
30/01/2022	11619,02	11462,30	9865,00	9476,60	8327,30	8145,90
31/01/2022	11748,12	11462,30	10117,80	9561,80	8327,30	8145,90
01/02/2022	11877,22	11462,30	10117,80	9561,80	8327,30	8145,90
02/02/2022	12006,32	11462,30	10117,80	9711,40	8327,30	8145,90
03/02/2022	12135,42	11462,30	10117,80	9711,40	8327,30	8145,90
04/02/2022	12264,52	11462,30	10117,80	10117,80	8468,90	8145,90
05/02/2022	12393,62	11462,30	10117,80	10117,80	8781,30	8145,90
06/02/2022	12522,73	11462,30	10117,80	10117,80	8781,30	8145,90
07/02/2022	12651,83	11462,30	10117,80	10117,80	9449,30	8145,90
08/02/2022	12780,93	17413,00	11182,90	10155,00	9643,30	8145,90
09/02/2022	12910,03	17423,80	11392,90	10716,10	9810,90	8145,90
10/02/2022	13039,13	17423,80	11392,90	11342,50	9942,60	8145,90
11/02/2022	13254,29	17423,80	11392,90	11342,50	10568,10	10705,30
12/02/2022	13598,56	17423,80	11392,90	11392,90	10568,10	10705,30
13/02/2022	13942,83	17423,80	11392,90	11392,90	10568,10	10705,30
14/02/2022	14287,10	17423,80	13084,40	11392,90	10568,10	10705,30
15/02/2022	14717,43	17423,80	14990,70	11692,30	10568,10	10705,30
16/02/2022	15147,76	17423,80	14990,70	11692,30	10568,10	10705,30
17/02/2022	15578,10	17423,80	14990,70	12052,90	10568,10	10705,30
18/02/2022	16438,77	17423,80	14990,70	12052,90	10568,10	10705,30
19/02/2022	17299,43	17423,80	14990,70	12052,90	10568,10	10705,30
20/02/2022	18160,10	17423,80	14990,70	12052,90	10568,10	10705,30
21/02/2022	19020,77	17423,80	16651,30	15570,30	10568,10	10705,30
22/02/2022	19881,44	17423,80	17410,60	16842,40	10568,10	10705,30
23/02/2022	20742,11	17423,80	17577,40	17404,20	10645,70	10705,30
24/02/2022	21602,78	17423,80	17577,40	17404,20	16021,60	10705,30
25/02/2022	22463,45	17423,80	17577,40	17577,40	16021,60	10705,30
26/02/2022	23238,05	17423,80	17577,40	17577,40	16021,60	10705,30
27/02/2022	24012,65	17423,80	17577,40	17577,40	16021,60	10705,30
28/02/2022	24787,25	17423,80	17577,40	17577,40	16021,60	10705,30
01/03/2022	25561,85	17423,80	17577,40	17577,40	16529,40	10705,30
02/03/2022	26336,45	17423,80	17577,40	17577,40	16702,60	16889,80
03/03/2022	27111,05	17423,80	17577,40	17577,40	16702,60	16889,80
04/03/2022	27885,66	17423,80	17577,40	17577,40	16702,60	16889,80
05/03/2022	28746,32	17423,80	17577,40	17577,40	16702,60	16889,80
06/03/2022	29606,99	17423,80	17577,40	17577,40	16702,60	16889,80
07/03/2022	30467,66	17423,80	17577,40	17577,40	16702,60	16889,80
08/03/2022	31328,33	23035,10	17577,40	17577,40	16702,60	16889,80
09/03/2022	32189,00	23035,10	17577,40	17577,40	16702,60	16889,80
10/03/2022	33049,67	23035,10	18153,60	17577,40	16702,60	16889,80

Tabela 11 – Dados do Projeto Escola

							(Conclusão)
DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO	
11/03/2022	33695,17	23035,10	19533,20	18186,00	16702,60	16889,80	
12/03/2022	34340,67	23035,10	20650,20	19071,90	16702,60	16889,80	
13/03/2022	34986,17	23035,10	20650,20	19071,90	16702,60	16889,80	
14/03/2022	35631,67	23035,10	20689,80	20401,40	16702,60	16889,80	
15/03/2022	36277,17	23035,10	20689,80	20556,20	19604,00	16889,80	
16/03/2022	36922,67	23035,10	20689,80	20556,20	20076,20	20263,40	
17/03/2022	37568,18	23035,10	20689,80	20556,20	20076,20	20263,40	
18/03/2022	38213,68	23035,10	20689,80	20556,20	20076,20	20263,40	
19/03/2022	38859,18	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
20/03/2022	39504,68	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
21/03/2022	40150,18	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
22/03/2022	40580,52	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
23/03/2022	41010,85	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
24/03/2022	41441,18	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
25/03/2022	41871,52	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
26/03/2022	42215,79	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
27/03/2022	42560,05	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
28/03/2022	42818,25	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
29/03/2022	43033,42	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
30/03/2022	43033,42	23035,10	20689,80	20556,20	20556,20	20556,20	
31/03/2022	43033,42	23035,10	20689,80	20560,20	20556,20	20556,20	
01/04/2022	43033,42	23035,10	20689,80	20689,80	20556,20	20556,20	
02/04/2022	43033,42	23035,10	23020,90	20689,80	20556,20	20556,20	
03/04/2022	43033,42	23035,10	23020,90	20755,60	20556,20	20556,20	
04/04/2022	43033,42	23035,10	23020,90	23061,70	20625,40	20556,20	
05/04/2022	43033,42	23035,10	23020,90	23061,70	20787,00	20556,20	
06/04/2022	43033,42	23061,70	23061,70	23061,70	23061,70	23061,70	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 12 – Dados do Projeto Shopping

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
02/01/2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03/01/2022	144,28	1203,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04/01/2022	288,56	1625,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05/01/2022	432,84	5552,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06/01/2022	577,12	5776,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07/01/2022	721,41	7829,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08/01/2022	886,30	7829,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09/01/2022	1051,19	7829,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10/01/2022	1360,36	7829,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11/01/2022	1669,54	7829,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12/01/2022	1978,71	7829,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 12 – Dados do Projeto Shopping

(Continua)

DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
13/01/2022	2287,89	7893,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14/01/2022	2597,06	12250,98	0,00	0,00	0,00	0,00
15/01/2022	2906,23	12250,98	0,00	0,00	0,00	0,00
16/01/2022	3215,41	12250,98	0,00	0,00	0,00	0,00
17/01/2022	3524,58	12250,98	0,00	0,00	0,00	0,00
18/01/2022	3833,75	12250,98	1203,00	0,00	0,00	0,00
19/01/2022	4142,93	12250,98	1625,00	0,00	0,00	0,00
20/01/2022	4452,10	12250,98	5564,00	0,00	0,00	0,00
21/01/2022	4761,27	12250,98	7797,00	0,00	0,00	0,00
22/01/2022	5173,51	12250,98	7797,00	0,00	0,00	0,00
23/01/2022	5585,74	12250,98	7797,00	0,00	0,00	0,00
24/01/2022	6101,03	12358,98	12250,98	308,00	0,00	0,00
25/01/2022	6616,32	13314,98	12250,98	308,00	0,00	0,00
26/01/2022	7131,61	14270,98	12250,98	308,00	0,00	0,00
27/01/2022	7646,90	14270,98	12250,98	2329,00	0,00	0,00
28/01/2022	8162,19	14287,98	12250,98	6686,98	0,00	0,00
29/01/2022	8677,48	14287,98	12250,98	6686,98	0,00	0,00
30/01/2022	9192,76	14287,98	12250,98	6686,98	0,00	0,00
31/01/2022	9708,05	14287,98	12250,98	6686,98	4569,98	0,00
01/02/2022	10223,34	14287,98	13314,98	6686,98	4569,98	0,00
02/02/2022	10738,63	14287,98	14287,98	6686,98	4569,98	0,00
03/02/2022	11253,92	14287,98	14287,98	9596,98	4569,98	0,00
04/02/2022	11769,21	14287,98	14287,98	9596,98	4569,98	0,00
05/02/2022	12284,50	14287,98	14287,98	9596,98	4569,98	0,00
06/02/2022	12799,79	14287,98	14287,98	9596,98	4569,98	0,00
07/02/2022	13315,08	14287,98	14287,98	9596,98	6698,98	0,00
08/02/2022	13830,37	14287,98	14287,98	9596,98	8718,98	0,00
09/02/2022	14345,66	14287,98	14287,98	9596,98	8718,98	0,00
10/02/2022	14860,95	14615,58	14287,98	9596,98	8718,98	0,00
11/02/2022	15376,24	18087,58	14287,98	12303,98	8718,98	7874,41
12/02/2022	15685,41	18087,58	16368,98	12303,98	8718,98	7874,41
13/02/2022	15994,59	18095,58	17328,98	12303,98	8718,98	7874,41
14/02/2022	16303,76	18095,58	17789,98	16248,98	8718,98	7874,41
15/02/2022	16612,93	18095,58	17789,98	16260,98	9699,98	7874,41
16/02/2022	16922,11	18095,58	17789,98	16260,98	9786,36	7874,41
17/02/2022	17231,28	18095,58	17789,98	17264,98	11849,36	7943,78
18/02/2022	17540,45	20152,58	20141,58	17264,98	15794,36	7943,78
19/02/2022	17849,63	20152,58	20141,58	17264,98	15794,36	7943,78
20/02/2022	18158,80	20152,58	20141,58	17264,98	15794,36	7943,78
21/02/2022	18467,98	20611,58	20141,58	17264,98	16228,36	7943,78
22/02/2022	18777,15	20611,58	20141,58	17276,98	16380,98	7943,78
23/02/2022	19086,32	20611,58	20611,58	17987,58	16424,98	7943,78
24/02/2022	19395,50	20611,58	20611,58	18457,58	17690,58	7943,78
25/02/2022	19704,67	20611,58	20611,58	20503,58	18095,58	15114,58

Tabela 12 – Dados do Projeto Shopping

						(Conclusão)
DATA	PLANEJADO	CORTE	ARMAÇÃO	SOLDA	PINTURA	EXPEDIÇÃO
26/02/2022	19869,56	20611,58	20611,58	20503,58	18095,58	15114,58
27/02/2022	20034,46	20611,58	20611,58	20503,58	18095,58	15114,58
28/02/2022	20178,74	20611,58	20611,58	20503,58	18096,58	15114,58
01/03/2022	20323,02	20611,58	20611,58	20503,58	20611,58	15114,58
02/03/2022	20467,30	20611,58	20611,58	20503,58	20611,58	15114,58
03/03/2022	20611,58	20611,58	20611,58	20503,58	20611,58	15114,58
04/03/2022	20611,58	20611,58	20611,58	20503,58	20611,58	20611,58