

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA EM  
SISTEMAS PRODUTIVOS

ANDERSON EDUARDO RAMOS SILVA BELUCCI

CÁLCULO DA CAPACIDADE DE ATENDIMENTO EM OPERAÇÕES DE GESTÃO:  
PROPOSTA DE MODELO BASEADO EM DADOS HISTÓRICOS PARA  
ATENDIMENTO DE DEMANDA FUTURA

São Paulo

Junho/2022

ANDERSON EDUARDO RAMOS SILVA BELUCCI

CÁLCULO DA CAPACIDADE DE ATENDIMENTO EM OPERAÇÕES DE GESTÃO:  
PROPOSTA DE MODELO BASEADO EM DADOS HISTÓRICOS PARA  
ATENDIMENTO DE DEMANDA FUTURA

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob a orientação do Prof. Dr. Fabrício José Piacente

São Paulo

Junho/2022

FICHA ELABORADA PELA BIBLIOTECA NELSON ALVES VIANA  
FATEC-SP / CPS CRB8-8390

B453c Belucci, Anderson Eduardo Ramos Silva  
Cálculo da capacidade de atendimento em operações de gestão:  
proposta de modelo baseado em dados históricos para atendimento  
de demanda futura / Anderson Eduardo Ramos Silva Belucci. – São  
Paulo: CPS, 2022.  
115 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício José Piacente  
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em  
Sistemas Produtivos) – Centro Estadual de Educação Tecnológica  
Paula Souza, 2022.

1. Capacidade produtiva. 2. Sistema produtivo. 3. Algoritmo. 4.  
Tecnoestética. 5. Design Science Research. I. Piacente, Fabrício  
José. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III.  
Título.

ANDERSON EDUARDO RAMOS SILVA BELUCCI

CÁLCULO DA CAPACIDADE DE ATENDIMENTO EM OPERAÇÕES DE GESTÃO:  
PROPOSTA DE MODELO BASEADO EM DADOS HISTÓRICOS PARA  
ATENDIMENTO DE DEMANDA FUTURA

---

Prof. Dr. Fabrício José Piacente  
Orientador – CEETEPS

---

Prof. Dr. Ângelo Marcos Queiroz Prates  
Examinador Externo – UFABC

---

Prof. Dr. Alexandre Formigoni  
Examinador Interno - CEETEPS

São Paulo, 20 de junho de 2022

A Tamara, minha esposa, pelo apoio incondicional, compreensão admirável e companheirismo sempre presente.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Tamara, minha companheira de todos os momentos, principalmente nos mais desafiadores durante esta jornada. Seu incentivo e confiança foram determinantes para a conclusão desse trajeto com vitória.

Agradeço aos professores do programa do CPS pela dedicação na disseminação de conhecimento. Ao meu orientador, Prof. Dr. Fabrício José Piacente, pela orientação, apoio e compartilhamento de conhecimento. Agradeço ao Prof. Dr. Alexandre Formigoni e Prof. Dr. Ângelo Marcos Queiroz Prates, pelas contribuições no aprimoramento da pesquisa realizada.

Agradeço ao Centro Paula Souza e a todos os profissionais que formam a instituição, tão importantes na minha trajetória desde as graduações.

“O progresso não pode ser gerado quando  
estamos satisfeitos com as situações  
existentes.”

Taiichi Ohno

## RESUMO

**BELUCCI, A. E. R. S. CÁLCULO DA CAPACIDADE DE ATENDIMENTO EM OPERAÇÕES DE GESTÃO: PROPOSTA DE MODELO BASEADO EM DADOS HISTÓRICOS PARA ATENDIMENTO DE DEMANDA FUTURA.** 115 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2022.

A competitividade global exige o desenvolvimento de melhores práticas para a gestão e controle de recursos para a sustentabilidade organizacional. Ponderando sobre a importância do setor de serviços no PIB brasileiro e a existência de práticas industriais de controle e planejamento de capacidade, o presente trabalho tem como principal objetivo propor um modelo de cálculo de capacidade produtiva baseado em histórico de atendimento de demanda para o cálculo da necessidade futura de recursos em áreas de gestão de processos. Para tanto, foram realizados dois estudos bibliométricos e análise comparativa para compreensão da relevância das abordagens, processo de *benchmarking* para identificação e adaptação dos conceitos industriais de planejamento de capacidade de atendimento e o método *Design Science Research* para o desenvolvimento, demonstração e avaliação do artefato, com aplicação em um caso real. Foram realizados sete testes entre julho e dezembro de 2021 por meio de algoritmo aplicado no *software Microsoft Excel* e suplemento solver. Na fase de avaliação, foi utilizado indicador de percepção de ociosidade fundamentado na escala Likert e indicador de atrasos para mensuração de sobrecarga de capacidade, ambos com forte coeficiente de correlação de Pearson com a ocupação de capacidade da operação. Como resultado, foi possível reduzir a referência de tempo médio das atividades em 6,8%, o que refletiu na redução de 16,9 FTEs em seis meses e, consequentemente, no custo evitado de R\$ 372.627,62. Portanto, a presente pesquisa contribui com a sociedade ao apresentar um artefato com possibilidade de replicação e adaptação em cenários similares.

**Palavras-chave:** Capacidade Produtiva. Sistema Produtivo. Algoritmo. Design Science Research.



## **ABSTRACT**

**BELUCCI, A. E. R. S. CÁLCULO DA CAPACIDADE DE ATENDIMENTO EM OPERAÇÕES DE GESTÃO: PROPOSTA DE MODELO BASEADO EM DADOS HISTÓRICOS PARA ATENDIMENTO DE DEMANDA FUTURA.** 115 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2022.

Global competitiveness requires the development of best practices for the management and control of resources for organizational sustainability. Considering the importance of the service sector in the Brazilian GDP and the existence of industrial practices of control and capacity planning, the main objective of the present work is to propose a model for calculating production capacity based on a history of demand fulfillment for the calculation of the future need for resources in process management areas. To this end, two bibliometric studies and a comparative analysis were carried out to understand the relevance of the approaches, a benchmarking process to identify and adapt the industrial concepts of service capacity planning and the Design Science Research method for the development, demonstration and evaluation of the artifact, with application in a real case. Seven tests were carried out between July and December 2021 using an algorithm applied in Microsoft Excel software and solver supplement. In the evaluation phase, an indicator of perception of idleness based on the Likert scale and an indicator of delays were used to measure capacity overload, both with a strong Pearson correlation coefficient with the operation's capacity occupation. As a result, it was possible to reduce the average time of activities by 6.8%, which reflected in the reduction of 16.9 FTEs in six months and, consequently, in the avoided cost of R\$ 372,627.62. Therefore, the present research contributes to society by presenting an artifact with the possibility of replication and adaptation in similar scenarios.

**Keywords:** Productive Capacity. Productive System. Algorithm. Design Science Research.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Adaptação de práticas e conceitos do PCP industrial.....	46
Quadro 2: Influência das variáveis de complexidade no TMA .....	52
Quadro 3: Matriz modelo de atividades, tamanhos e esforço.....	52
Quadro 4: Regras de decisão de alocação de FTEs para o mês seguinte .....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de atividades por nível de esforço .....	43
Tabela 2: Representatividade das atividades por volume.....	43
Tabela 3: Percentual de incremento de tempo empregado por atividade .....	44
Tabela 4: Percentual de incremento de tempo empregado por especialidade .....	51
Tabela 5: Estudo bibliométrico 1 – Veículos de divulgação com maior volume de publicações .....	64
Tabela 6: Estudo bibliométrico 2 – Veículos de divulgação com mais de uma publicação.....	68
Tabela 7: Evolução do padrão de TMA.....	93
Tabela 8: Percepção de ociosidade - Volume de respostas por gestor .....	97
Tabela 9: Percepção de ociosidade - Volume de respostas por mês avaliado .....	98
Tabela 10: Percepção de ociosidade - Valores por alternativa de resposta .....	100

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo de informações do PCP em serviços.....	23
Figura 2: Classificação de métodos para cálculo de tempo de produção .....	27
Figura 3: Representação do algoritmo do método simplex .....	31
Figura 4: Desenho da pesquisa .....	35
Figura 5: Desenho da pesquisa bibliométrica sobre cálculo de capacidade em serviços .....	37
Figura 6: Desenho da pesquisa bibliométrica sobre cálculo de capacidade produtiva industrial .....	38
Figura 7: Roteiro de resolução de problemas .....	41
Figura 8: Esboço do artefato.....	47
Figura 9: Lógica para substituição do padrão de TMA .....	48
Figura 10: Exemplo de cálculo de disponibilidade .....	49
Figura 11: Disponibilidade de horas líquida.....	50
Figura 12: Relação de esforço entre as variáveis .....	51
Figura 13: Matriz inicial de TMA .....	53
Figura 14: Matriz padrão de TMA - Exemplo.....	53
Figura 15: Gráfico exemplo matriz padrão de TMA.....	54
Figura 16: Exemplo de base de dados com TMA diário .....	55
Figura 17: Resultados iniciais.....	57
Figura 18: Algoritmo inserido no solver .....	59
Figura 19: Esquema geral do algoritmo de primeiro nível.....	60
Figura 20: Estudo bibliométrico 1 – Número de publicações por ano .....	61
Figura 21: Estudo bibliométrico 1 – Percentual de publicações por ano .....	62
Figura 22: Estudo bibliométrico 1 – Número de publicações por estrato Qualis.....	62
Figura 23: Estudo bibliométrico 1 – Percentual de publicações por estrato Qualis .....	63
Figura 24: Estudo bibliométrico 1 – Número de publicações por país do veículo divulgador .....	64
Figura 25: Estudo bibliométrico 2 – Número de publicações por ano .....	66
Figura 26: Estudo bibliométrico 2 – Percentual de publicações por ano .....	66
Figura 27: Estudo bibliométrico 2 – Número de publicações por estrato Qualis.....	67
Figura 28: Estudo bibliométrico 2 – Percentual de publicações por estrato Qualis .....	67
Figura 29: Estudo bibliométrico 2 – Número de publicações por país do veículo divulgador .....	68
Figura 30: Comparativo de volume de publicações .....	69

Figura 31: Comparativo de estrato qualis.....	70
Figura 32: Resultado pré-teste.....	71
Figura 33: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 01 .....	72
Figura 34: Matriz de TMA - Teste 01 .....	73
Figura 35: Gráfico de TMA - Teste 01 .....	73
Figura 36: Resultado do teste 01 .....	74
Figura 37: Decisão de alocação do teste 01.....	75
Figura 38: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 02 .....	76
Figura 39: Resultado do teste 02 .....	77
Figura 40: Decisão de alocação do teste 02.....	78
Figura 41: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 03 .....	79
Figura 42: Resultado do teste 03 .....	80
Figura 43: Decisão de alocação do teste 03.....	81
Figura 44: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 04 .....	82
Figura 45: Resultado do teste 04 .....	83
Figura 46: Decisão de alocação do teste 04.....	84
Figura 47: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 05 .....	85
Figura 48: Resultado do teste 05 .....	86
Figura 49: Decisão de alocação do teste 05.....	87
Figura 50: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 06 .....	88
Figura 51: Resultado do teste 06 .....	89
Figura 52: Decisão de alocação do teste 06.....	90
Figura 53: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 07 .....	91
Figura 54: Resultado do teste 07 .....	92
Figura 55: Gráfico de ocupação dos testes realizados.....	93
Figura 56: Índice de atrasos e índice de ocupação .....	94
Figura 57: Exemplo de escala Likert.....	96
Figura 58: Percepção de ociosidade - Gráfico de concentração de respostas .....	99
Figura 59: Percepção de ociosidade - Concentração percentual de respostas.....	100
Figura 60: Percepção de ociosidade - Média dos valores das respostas por mês.....	101
Figura 61: Avaliação de ociosidade, índice de ocupação e índice de atrasos .....	102
Figura 62: Coeficiente de correlação entre o índice de ocupação e o índice de atrasos.....	103
Figura 63: Coeficiente de correlação entre o índice de ocupação e a percepção de ociosidade .....	104

Figura 64: Coeficiente de correlação entre a percepção de ociosidade e o índice de atrasos 105

## **LISTA DE SIGLAS**

DSR	Design Science Research: método de pesquisa Design Science
FTE	Full Time Equivalent ou Força de Trabalho Equivalente
PCP	Planejamento e Controle de Produção
RCCP	Rough Cut Capacity Planning: planejamento de capacidade bruta ou planejamento grosseiro de capacidade
TMA	Tempo Médio da Atividade

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	18
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
1.1 Planejamento e controle da produção.....	22
1.1.1 Planejamento e programação de serviços.....	22
1.1.2 Classes de serviços .....	24
1.2 Capacidade produtiva .....	25
1.2.1 Rough cut capacity planning .....	25
1.2.2 Cálculo de tempo de produção .....	26
1.2.3 Cálculo de capacidade sob incertezas.....	28
1.3 Pesquisa operacional .....	28
1.4 Benchmarking .....	32
1.4.1 Benchmarking na construção civil .....	33
1.4.2 Benchmarking PCP em serviços.....	33
2 METODOLOGIA.....	35
2.1 Estudo bibliométrico .....	36
2.2 Design science research .....	38
2.2.1 Aplicação do design science research .....	39
2.2.2 Etapa 1 – Identificação do problema e sua motivação .....	41
2.2.3 Etapa 2 – Definição dos objetivos para a solução .....	45
2.2.4 Etapa 3 – Desenvolvimento .....	45
3 ANÁLISE E RESULTADOS.....	61
3.1 Análise e resultados do estudo bibliométrico sobre o cálculo de capacidade de serviços	61
3.2 Análise e resultados do estudo bibliométrico sobre o cálculo de capacidade produtiva industrial.....	65
3.3 Análise comparativa entre os estudos bibliométricos.....	69
3.4 Etapas de aplicação do DSRM.....	70
3.4.1 Etapa 4 – Demonstração .....	70



3.4.2	<i>Etapa 5 – Avaliação</i> .....	92
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>106</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>108</b>
	<b>ANEXO 1: DETALHAMENTO DO PRODUTO (CAPES)</b> .....	<b>114</b>

## INTRODUÇÃO

O planejamento da capacidade é um dos principais campos do gerenciamento de operações, seja industrial ou de serviços, e é fundamental ter uma metodologia confiável para o cálculo da capacidade de atendimento da demanda da operação (LANTZ; ROSEN, 2016). Em primeiro lugar, o planejamento de capacidade deve assegurar que a demanda seja atendida, em seguida deve buscar que o atendimento da demanda ocorra com economia de recursos (HU et al., 2019).

Nesse sentido, Olhager e Johansson (2012) sustentam que o planejamento de capacidade é um dos pilares do planejamento e controle de produção (PCP), e seu principal objetivo é equilibrar a relação entre a capacidade e demanda. Por sua vez, Da Silva *et al.* (2019), citam, em complemento, que essa equalização de capacidade e demanda objetiva a satisfação na ponta e a própria sustentabilidade da empresa. Assim, Hu et al. (2019) acrescentam na afirmação da importância dos dados históricos para a previsão de demanda e a sua importância para o planejamento assertivo de capacidade.

Nesse contexto, em aprofundamento aos objetivos do planejamento de capacidade, Gonçalves (2000) define o planejamento de capacidade como responsável por determinar, no tempo correto, a quantidade de recursos para que seja possível o atendimento da demanda nos níveis desejados. Logo, para que o planejamento de capacidade considere todas as variáveis do processo é necessário o mapeamento dos processos e atividades, bem como suas relações e influência na capacidade de atendimento da demanda.

Ainda diante desse panorama, com uma estrutura clara do processo, é possível realizar o dimensionamento das atividades e o quanto ocupam da disponibilidade dos recursos, tornando dessa forma possível a programação da produção. A programação de produção deve ocorrer paralelamente ao controle de produção, sendo que uma das principais funções do controle, a captura de informações, pode ser usada para nortear ações de correção dos desvios produtivos. Para isso, a demanda e os fatores que implicam nas variações da demanda precisam ser conhecidos. No entanto, a verdadeira capacidade de um sistema de produção ou serviço pode ser incerto, e o cálculo de ocupação de capacidade pode ser impreciso (LANTZ; ROSEN, 2017).

À vista disso, a intangibilidade dos serviços em comparação aos produtos industriais eleva o grau de complexidade da gestão de capacidade. O cálculo de capacidade incerto impacta negativamente na avaliação de resultados e qualidade dos serviços prestados e pode refletir em

atrasos e reprogramações, que geram a insatisfação do cliente, ou em ociosidade de recursos. Assim, Hu et al. (2019) ressaltam que o excesso de capacidade dos recursos gera custos desnecessários, enquanto a redução extensiva dos custos pode levar a falhas que colocam em risco o atendimento da demanda.

Nessa perspectiva, Lantz e Rosen (2017) abordam a dificuldade de cálculo de capacidade em serviços ao afirmarem que as variáveis envolvidas no cálculo de capacidade de serviços são, por vezes, de difícil controle e padronização, sendo necessário cálculos aproximados para estimar a capacidade com certo grau de incerteza. Para ilustrar as variáveis possíveis, os autores trazem o exemplo de um centro de atendimento de saúde, em que existe uma diferença substancial entre o nível de atendimento de uma enfermeira experiente e uma enfermeira inexperiente. É notável também a influência dos turnos de trabalho no nível de serviço do processo de triagem, com grande variação entre turnos diurnos e noturnos. Esses resultados, conforme os autores, justificam pesquisas futuras para a implementação e avaliação de abordagens para o cálculo de capacidade em outros tipos de processos.

Em breve contextualização do problema, a área em que o problema foi identificado é responsável pela gestão de terceiros de atividades de infraestrutura física de lojas de uma grande instituição financeira multinacional, mais especificamente do setor de controle de serviços de engenharia civil. São ativos por mês, em média, 22 gestores que são responsáveis por 2.000 atividades de gestão de terceiros por ano, as atividades possuem durações variáveis, níveis de esforço distintos e não lineares. O problema, mais especificamente, é como calcular o tempo padrão dessas atividades diante dos fatores de dificuldade apresentados, de forma que possibilite o cálculo da capacidade produtiva e consequente maior controle no dimensionamento dos recursos, aumento de competitividade, e redução de custos.

Por meio da exploração do planejamento de capacidade no setor de serviços, e mais especificamente em atividades de gestão de processos, este trabalho acadêmico contribui com o meio científico ao trazer uma forma prática de desenvolver o cálculo de capacidade e agregar valor ao gerenciamento e planejamento de demanda do setor baseados no histórico de atendimento da demanda.

O artefato resultante dessa pesquisa buscará responder ao seguinte questionamento de pesquisa: “Como calcular o tempo padrão de atividades de gestão de serviços com base em dados históricos?”. Assim, o objetivo geral desse trabalho de pesquisa é construir um artefato na forma de uma planilha eletrônica, que permita otimizar os cálculos da capacidade produtiva

para o setor de controle de serviços de engenharia civil de uma grande instituição financeira multinacional.

Esse objetivo geral é constituído dos seguintes objetivos específicos:

- a) identificar a existência de práticas, sistemas e ferramentas de PCP utilizadas na gestão de processos do setor de administração de engenharia civil da organização;
- b) descrever informações, características e atividades dos sistemas, ferramentas e práticas de PCP identificados, especificamente relacionadas aos processos e recursos envolvidos na gestão dos processos de administração de engenharia civil;
- c) realizar o *benchmarking* das práticas de planejamento e controle de produção industrial para adaptação e incorporação no artefato;
- d) identificar e caracterizar os macro e micro *inputs* (recursos e dados das atividades) envolvidos nos diversos processos do setor de administração de engenharia civil da empresa;
- e) construir um modelo que permita o cálculo da necessidade de recursos para atendimento da demanda em áreas que envolvam a gestão de processos;
- f) calcular a partir do modelo os outputs (recursos necessários) para o atendimento da demanda futura do setor de administração de engenharia civil da organização;
- g) descrever detalhadamente as etapas da elaboração do artefato de forma a permitir sua adaptação e aplicação em processos similares.

A solução foi desenvolvida em planilha eletrônica com o uso do suplemento de teste de hipóteses solver para a resolução do modelo de programação linear. Como entradas são consideradas as atividades executadas disponíveis em base histórica, nível de esforço das atividades, dados de disponibilidade de pessoas, alocações de recursos e previsão de demanda. Com os dados estruturados o algoritmo resulta na necessidade de pessoas para atendimento da demanda prevista com base no melhor desempenho passado.

A relevância do tema de pesquisa compreende o correto dimensionamento de recursos evita custos de ociosidade e potencializa o atendimento da demanda no prazo. Fatores que contribuem para a sustentabilidade da organização e para a satisfação dos clientes. Dessa forma, o dimensionamento correto de recursos possibilita o melhor planejamento do atendimento da demanda e a apoia a tomada de decisão diante da antecipação de cenários de variação de demanda.

Por seu turno, Iyer et al. (2008) salientam que o atraso de obras é comum, e a perda de tempo por atrasos de qualquer natureza, implica em maiores custos do projeto. No mesmo sentido, San Cristóbal (2009) cita como um dos principais fatores de sucesso das execuções de obras a correta estimativa dos custos, para isso o tempo das atividades possui papel de destaque, assim como o preço e a qualidade.

Diante disso, Colpo et al. (2018) analisaram aditivos de contratos de obras de uma universidade federal no período entre 2010 e 2014 com o objetivo de mensurar os atrasos e prorrogações das obras. Foi identificado o atraso médio de 80,35%, sendo que o atraso médio corresponde ao acréscimo de 48,94% de tempo em relação ao tempo médio planejado das obras. Os resultados apontam a falta de planejamento, principalmente na etapa de projeto executivo, como causador de atrasos.

Ainda nessa direção, o estudo de Fillipi e Melhado (2015), com a análise de 32 obras imobiliárias executadas na região metropolitana de São Paulo, aponta que os principais fatores de atraso de obras são fatores internos, principalmente a falta de planejamento e controle das atividades. Os autores apontam ainda a importância e necessidade de investimento em sistemas e metodologias, mesmo que simplificados, para auxílio no planejamento e controle de obras.

Além disso, Torres et al. (2017) desenvolveram com base nos dados históricos de demanda de um empreendimento de lavanderias, o cálculo de previsão de demanda e de capacidade produtiva para apoio nas tomadas de decisões relacionadas ao planejamento das operações. Com o cálculo de capacidade foi possível identificar o gargalo da operação, alternativas para a otimização dos recursos para o melhor atendimento da demanda e a avaliação de aumento de capacidade produtiva por meio de ampliação dos equipamentos de produção.

Portanto, são inúmeros os benefícios encontrados no cálculo de capacidade produtiva, as alternativas para o cálculo de capacidade em operações com alto nível de intangibilidade, complexidade e com particularidades que dificultem a viabilidade e precisão do cálculo de capacidade devem ser consideradas. A superação dessas barreiras para a implantação de cálculo de capacidade traz benefícios tangíveis, e a correta comunicação desses métodos permitem a replicação e adaptação em operações similares.

## **1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Este capítulo engloba o referencial teórico com a exploração dos conceitos e definições do planejamento e controle da produção (PCP), cálculo de capacidade produtiva, pesquisa operacional e *benchmarking*.

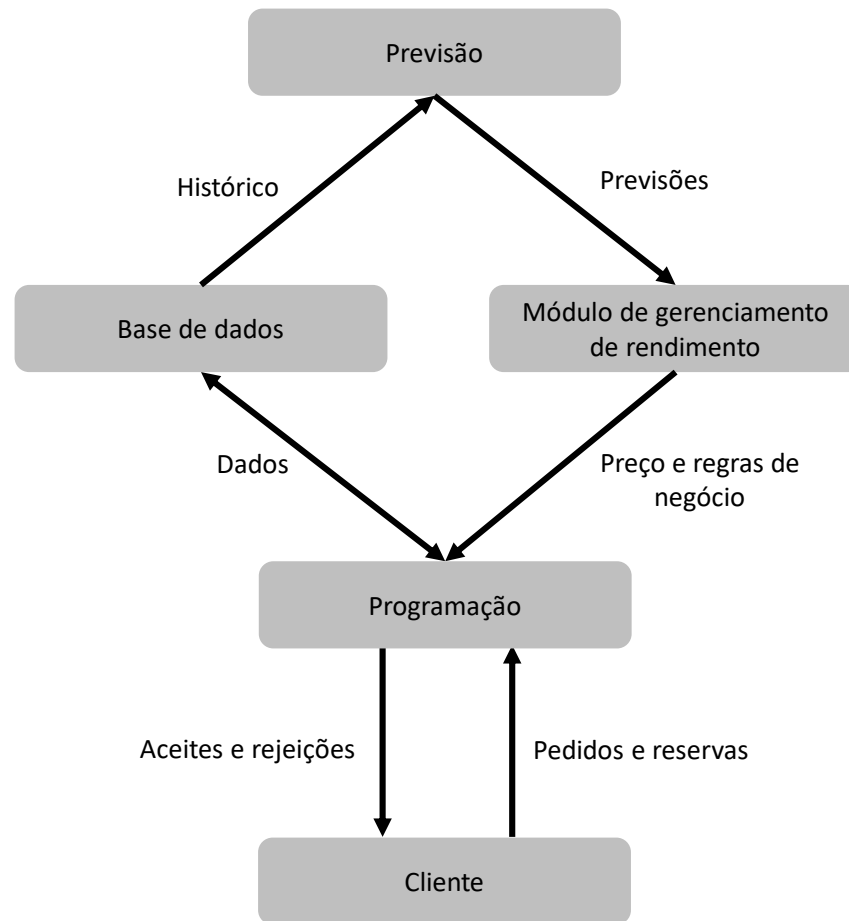
### **1.1 Planejamento e controle da produção**

#### *1.1.1 Planejamento e programação de serviços*

O planejamento de capacidade no setor de serviços possui características que devem ser consideradas para o seu cálculo e gestão. Dessa forma, Lantz e Rosen (2017) destacam que os serviços são normalmente intangíveis, perecíveis e não podem ser armazenados, o que torna as suas tratativas mais desafiadoras em relação aos métodos praticados na indústria.

Diante disso, as interações do PCP com outras funções nos processos decisórios são fundamentais. Assim, Pinedo (2006) ressalta a necessidade do PCP no consumo de informações como disponibilidade de recursos e características dos clientes atuais e potenciais. O autor também destaca a possibilidade de interação com um módulo de previsão e módulo de gerenciamento de rendimento e alerta para os algoritmos utilizados no PCP de sistemas de serviços, pois tendem a ser diferentes aos usados em configurações de manufatura. A Figura 1 mostra o fluxo de informações em uma organização de serviços.

Figura 1: Fluxo de informações do PCP em serviços



Fonte: Adaptado de Pinedo (2006).

As atividades e divisões do PCP exploradas como contexto nessa pesquisa refletem as práticas comuns em empresas dos mais variados ramos amparados pelo meio acadêmico. As individualidades de cada sistema, por vezes, exigem a adaptação de atividades e ferramentas do PCP para que os resultados satisfatórios sejam atingidos. Nesse contexto, Narcizo et al. (2015) abordam as possíveis barreiras e limitações encontradas no desenvolvimento do PCP em uma organização, essas condições adversas causam processos vagarosos e aumentam o esforço necessário para implementar as atividades do PCP. Como exemplo de barreiras e dificultadores os autores citam: falhas de documentações de engenharia; modelo de gestão e estratégia vagas ou ausentes; variabilidade nos processos; arranjo físico inadequado; condições de trabalho inadequadas; baixo desempenho; relacionamento frágil com fornecedores; capacitação limitada de funcionários; baixo investimento financeiro; estrutura organizacional imprópria para a organização.

### *1.1.2 Classes de serviços*

As classes de serviços são definidas por Pinedo (2006) em 4 modelos. A divisão realizada pelo autor é em função das características e particularidades de cada modelo, conforme detalhado a seguir.

A primeira classe de modelos definida por Pinedo (2006) engloba sistemas de reserva e de agendamento. Essas duas subclasses, apesar de relacionadas, possuem diferenças. Em um sistema de reservas, como por exemplo uma locadora de veículos, as reservas de carros possuem hora de início e fim e geralmente são estabelecidas com antecedência, ou seja, não há folga. A locadora pode não ser capaz de atender toda a demanda, ou seja, de atender todos os pedidos de reservas, e nesse caso deve decidir quais solicitações de locação deve atender. O objetivo nesse modelo é atender ao máximo de locações possíveis.

Assim, na subclasse de modelo de agendamentos as atividades podem ser, por exemplo, reuniões ou consultas médicas em uma determinada janela de tempo. Pode ocorrer antecipação ou atraso na atividade, e folga entre os agendamentos. Na programação de horários, o início e término da atividade não são fixados com antecedência, mas para que uma atividade aconteça as pessoas envolvidas devem estar presentes. Dessa forma, duas atividades que envolvam a mesma pessoa não podem ser realizadas na mesma janela de tempo. O autor também esclarece que nesse modelo a disponibilidade das pessoas é determinante para os agendamentos, portanto deve ser considerado no modelo. Logo, o objetivo da programação de horários é a minimização da duração total das atividades. Como exemplo, Pinedo (2006) descreve a programação de salas de cirurgia em um hospital. Cada cirurgia requer um paciente, uma sala de cirurgia, um cirurgião, um anestesista e outros membros da equipe cirúrgica. O objetivo nesse exemplo é encontrar um cronograma praticável de todas as cirurgias que satisfaça todas as restrições.

Na sequência, Pinedo (2006) define a segunda classe de modelos de serviço como sendo composta por modelos de programação de torneios e modelos de programação de transmissão de programas de televisão. Um modelo de programação de torneio envolve um conjunto de equipes com um número fixo de jogos que devem ser atribuídos a determinado intervalo de tempo. Nesse modelo as restrições são, por exemplo, os jogos que devem acontecer em determinada janela de tempo e a sequência de jogos como anfitrião e visitante. A programação de torneio pode ser comparada a uma programação de máquina paralela em que todos os trabalhos têm o mesmo tempo de processamento.



No que concerne à terceira classe de modelos de serviço, segundo Pinedo (2006), são os modelos de programação de transporte. Esse modelo é aplicado independentemente do modal de transporte e tem como principal função a programação da viagem ou trecho de voo que deve ser coberto. O veículo, nesse caso, desempenha função semelhante a uma máquina e a viagem deve ocorrer dentro de uma janela de tempo estabelecida sujeita a restrições. As restrições especificam a combinação de modais para atendimento da viagem, veículo e tripulação. O objetivo é minimizar o custo ou maximizar o lucro.

Enquanto a quarta classe de modelos determinada por Pinedo (2006) é a programação da força de trabalho, muito comum em sistemas produtivos. A programação da força de trabalho implica na programação de turnos de trabalho dos funcionários, como em uma central de atendimento por exemplo, ou na programação da tripulação de uma transportadora. O modelo de escalonamento de turnos de trabalho deve ser programado considerando os intervalos de tempo e quantidade de pessoas presentes em cada intervalo, respeitando o tipo de contratação. O objetivo é minimizar o custo. A força de trabalho pode ser comparada ao número de máquinas em paralelo de um sistema de produção, uma vez que ambos precisam processar as tarefas da unidade.

## **1.2 Capacidade produtiva**

### *1.2.1 Rough cut capacity planning*

Como forma de planejamento tático de produção, Baydoun et al. (2016) definem o *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP) como o planejamento grosseiro da capacidade de produção apoiado em técnicas para estimar o uso de recursos. Os projetos são divididos em pacotes de trabalho, que consiste no agrupamento de atividades, e utilizados no modelo de RCCP que divide o horizonte de planejamento em intervalos de tempo usados para avaliar necessidade de recursos críticos considerando as restrições do sistema produtivo. No nível operacional, os pacotes de trabalho definidos no RCCP são divididos em atividades menores com maior nível de detalhamento, nesse momento os recursos são alocados às tarefas com previsão de início e término e integram a programação da produção.

Diante disso, Bushuev (2014) determina o RCCP como agente de conexão entre o planejamento estratégico e operacional. Além da importância do agrupamento de atividades do projeto, o autor salienta os recursos críticos que o RCCP avalia, como a disponibilidade de força

de trabalho e o armazenamento e distribuição de recursos em um horizonte de planejamento de médio prazo.

Ainda nesse sentido, De Boer (1998) destaca em seu trabalho que o processo de aceitação de pedidos tende a não considerar a capacidade de atendimento da operação. Nesse contexto, o RCCP indica, em nível agregado, se é possível atender ao pedido no prazo determinado com os recursos disponíveis.

Em resumo, o RCCP, na concepção de Permana et al. (2021), é um processo de análise e avaliação de capacidade de atendimento da demanda que suporta o plano mestre de produção. Segundo os autores, a principal função do RCCP é verificar se os pontos críticos do processo de produção serão atendidos pelos recursos-chave e limitações de capacidade existente.

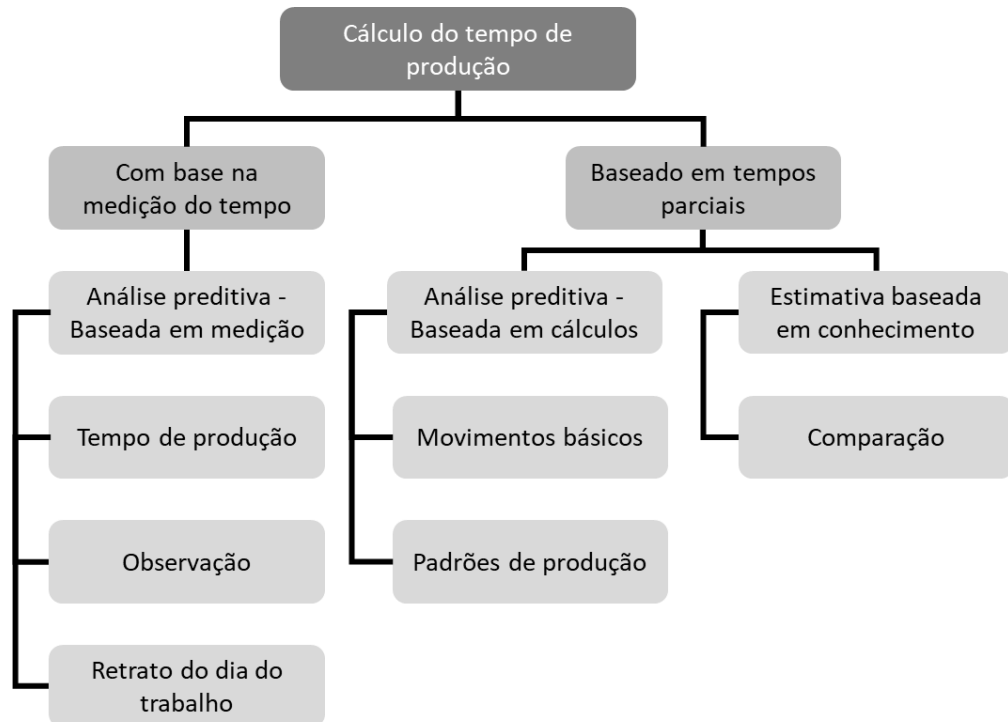
### *1.2.2 Cálculo de tempo de produção*

A precisão no cálculo do tempo de produção é fator crucial para a correta programação e controle da produção. Em razão disso, Zywicki e Osinski (2019) salientam que o uso de mão de obra deve ser minimizado e, portanto, os tempos de produção devem ser conhecidos para a correta projeção dessa necessidade. Quando a diferenciação dos produtos é alta e sua repetibilidade é baixa, então o cálculo do tempo de trabalho deve ser feito com cada lote ou ordem de produção.

Outro aspecto relevante é que existem diversos fatores que influenciam no êxito do cálculo de tempo de produção. Assim, conforme estudo de Zywicki e Osinski (2019), os métodos de cálculo disponíveis na literatura são, por vezes, de difícil emprego e em alguns casos são inviáveis de serem aplicados. Os autores citam as barreiras e dificuldades comuns encontradas na aplicação dos métodos de cálculo de tempo de produção, como a carga de trabalho necessário para a implementação, experiência e conhecimento insuficientes dos envolvidos na implantação e a baixa disponibilidade e qualidade de dados. (ZYWICKI; OSINSKI, 2019).

Além do mais, Varela et al. (2017) indicam dois métodos para o cálculo do tempo de produção baseados nas características da produção. Para a produção de itens únicos ou pequenos lotes é empregado a medição de tempos, já para a produção em massa ou em série são utilizados métodos analíticos baseados em tempos parciais. A Figura 2 apresenta a divisão dos métodos.

Figura 2: Classificação de métodos para cálculo de tempo de produção



Fonte: Adaptado de Varela et al. (2017).

No que tange aos métodos baseados na medição do tempo, Kaihara et al. (2017) destacam a análise preditiva baseada em medição de tempos para conhecimento dos tempos de produção de um produto ou lote. O método é baseado na medição dos tempos de execução de operações de produção individuais em uma determinada estação de trabalho ou máquina, para isso são empregados dispositivos de cronometragem e a observação da produção.

Dessa maneira, Zywicki e Osinski (2019) definem os métodos baseados em tempos parciais como a divisão de uma tarefa em operações singulares. O tempo de cada operação tem como base uma tabela para referência de intensidade de trabalho ou outra forma de padrão de tempo, como um catálogo ou guia de tempos.

Consequentemente, Zywicki e Osinski (2019), em sua abordagem dos métodos de cálculo de tempo de produção parciais, apontam dois métodos da análise preditiva baseada no método de cálculos:

- a) análise preditiva baseada em cálculos – Compreende em especificar um conjunto de movimentos básicos para cada operação. A soma dos tempos dos movimentos compõe uma dada tarefa;
- b) estimativa baseada em conhecimento – O segundo método permite calcular o tempo

total da tarefa de produção com base na duração da produção de um elemento e tempo para execução das atividades auxiliares.

Ainda sobre método de cálculo de tempos parciais, é viável, conforme Zywicki e Osinski (2019), o uso dos seguintes métodos para mensurar os tempos:

- a) estimativa por conhecimento – Consiste na definição de tempo de trabalho de uma função com base na experiência e conhecimento do próprio operador ou de pessoa conhecedora da função;
- b) métodos estatísticos de aprendizagem – Uso de dados históricos de tempos de produção de produtos semelhantes ou análogos para consolidação de tempo padrão de produção;
- c) método comparativo – Emprego de dados históricos para operações de produção semelhantes. Leva em consideração a mudança na duração de uma dada operação por fatores característicos como dimensões, área, peso do produto ou outras variáveis de influência no tempo de produção.

### *1.2.3 Cálculo de capacidade sob incertezas*

O cálculo de capacidade pode enfrentar a dificuldade de indisponibilidade de dados para o cálculo, seja por problemas relacionados à coleta de dados ou geração de dados, como por exemplo na medição de tempos de produção. Nesse contexto, Lu et al. (2015) compreendem que a forma mais utilizada para lidar com a imprecisão de dados é a compensação pelo uso de estimativas conservadoras, geralmente pela alocação excessiva de recursos na atividade em questão ou pela reserva de capacidade para lidar com a imprecisão identificada. No entanto, a solução inicial pode ser desastrosa se não for revista de forma sistemática, ocasionado no desperdício de recursos.

## **1.3 Pesquisa operacional**

A pesquisa operacional, conforme definição de Jain et al. (2018), é uma disciplina que aborda a aplicação de métodos analíticos avançados de ciências matemáticas para apoio nas tomadas de decisões. A disciplina compreende, por exemplo, a modelagem matemática, análise estatística e otimização matemática. O objetivo da pesquisa operacional é chegar o mais próximo possível de uma solução ótima para o problema apresentado.

Nessa perspectiva, os problemas de otimização são, conforme Tripathi e Srivastava (2017), problemas reais e comuns encontrados nas mais diversas áreas, como matemática,

engenharia, ciências, negócios e economia. Esses problemas possuem variáveis e critérios conflitantes que devem ser concomitantemente respeitados. O processo de otimização consiste basicamente na seleção ou convergência para uma solução entre um conjunto de opções possíveis, de forma que um ou mais requisitos desejados sejam atendidos da melhor forma possível. Dessa maneira, alguma propriedade quantificável deva ser minimizada ou maximizada.

Assim, Andrade (2015) estabelece seis etapas para a aplicação da pesquisa operacional em problemas complexos:

- a) definição do problema – Na etapa inicial devem ser definidos os principais aspectos que embasam a formulação do modelo, como a descrição dos objetivos, identificação de alternativas, limitações, restrições e exigências do sistema;
- b) desenvolvimento do modelo – Formulação de modelo conceitual ou matemático que contenha as definições do problema;
- c) solução – Aplicação do modelo através de algoritmo ou método matemático. Geralmente a aplicação ocorre por meio de software adequado para a resolução do problema;
- d) validação do modelo – Nessa fase são utilizados dados históricos para verificar se o modelo reproduz o comportamento passado;
- e) implementação dos resultados – Conversão da solução encontrada em regras de operação sob controle e monitoramento por uma equipe qualificada para ajustes e correções de desvios se necessário;
- f) avaliação – Na fase final a experiência pessoal dos envolvidos é importante para garantir que o resultado se adeque ao sistema uma vez que nem todas as variáveis reais são componentes do modelo.

No que concerne aos modelos mais utilizados no PCP, Paiva (2009) destaca os modelos determinísticos com uso de programação linear, principalmente pela facilidade de adequação prática. O autor ressalta as várias subcategorias que compõe os modelos de programação matemática, a formulação pode ser dividida em:

- a) modelos de programação linear – Modelos de programação matemática com variáveis contínuas, restrições com comportamento linear e função objetivo com comportamento linear;
- b) modelos de programação não linear – Modelos que apresentam qualquer tipo de não linearidade, seja em restrições ou função objetivo;

- c) modelos de programação inteira – Modelos com variáveis que não podem assumir valores contínuos, portanto são condicionados a assumir valores discretos;
- d) modelos de programação linear inteira mista – Modelos com variáveis inteiras e contínuas. (PAIVA, 2009).

À vista disso, em um amplo campo de otimização, o método de uso mais difundido e conhecido em modelagem e simulação, segundo Jain et al. (2018), é a metodologia de programação linear. Silva et al. (2019), em concordância, ressaltam que a programação linear é a técnica mais disseminada da pesquisa operacional. Dessa forma, Hillier e Lieberman (2013) elencam os componentes necessários para um modelo de programação linear, a saber:

- a) proporcionalidade – A quantidade de recursos utilizados por uma atividade deve ser proporcional ao nível dessa atividade na solução final resultante;
- b) não negatividade – É possível alterar o nível de determinada atividade em qualquer nível desde que os recursos relacionados sejam consumidos;
- c) aditividade – O custo total é a soma dos itens relacionados a cada atividade;
- d) separabilidade – Os custos e consumo de recursos devem ser tratados individualmente em cada atividade.

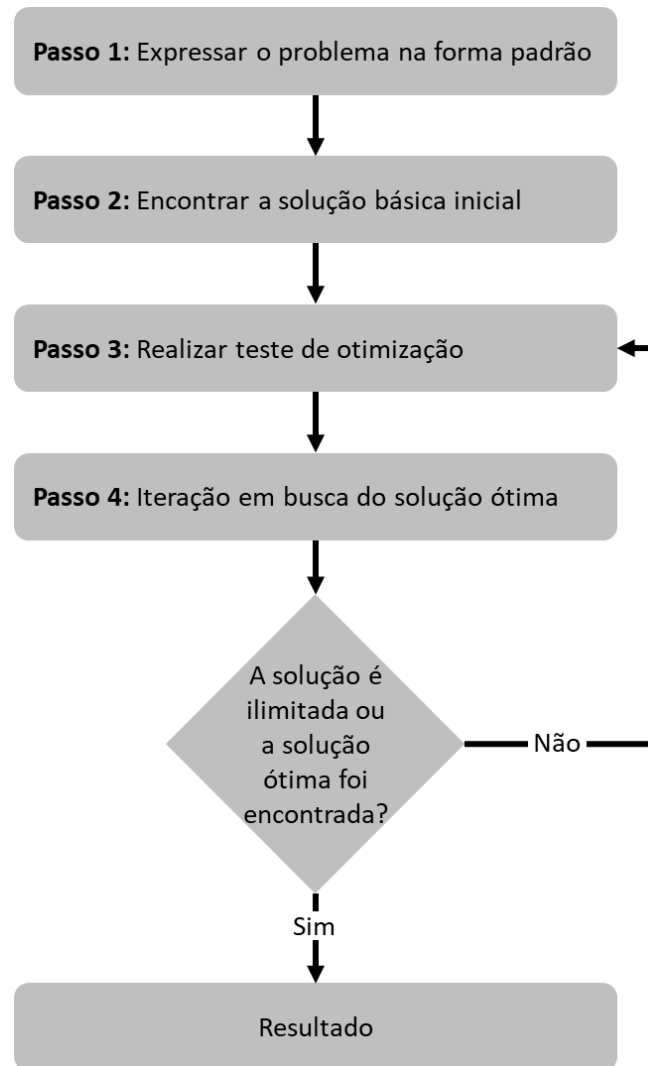
Por seu turno, Aldino e Ulfa (2021) observam que a resolução de problemas de programação linear requer a determinação das restrições do problema e a sua escrita em um modelo matemático, para isso, o modelo matemático deve conter a função objetivo e as restrições que devem ser atendidas.

Por outro lado, o método Simplex, conforme definição de Aldino e Ulfa (2021), é um método usado para resolver problemas de programação linear de muitas variáveis e muitas desigualdades por meio de cálculos iterativos que se repetem até que a solução ótima seja obtida.

Nesse sentido, Tripathi e Srivastava (2017) ressaltam que em caso de resolução de problemas complexos, com mais de duas variáveis envolvidas, o emprego do software Excel pode tornar a resolução do problema uma tarefa bastante simples. Tonin et al. (2019), afirmam que é comum a resolução de modelos de otimização por meio de softwares, tal necessidade exige o uso de hardware e treinamento específico.

Ainda nesse contexto, Lyeme e Selemani (2012) representam o método simplex como um algoritmo baseado no teorema fundamental da programação linear. A Figura 3 representa o algoritmo do método simplex que é abordado nos tópicos seguintes.

Figura 3: Representação do algoritmo do método simplex



Fonte: Adaptado de Lyeme e Selemeni (2012).

Diante disso, o primeiro passo para a aplicação do método simplex, conforme Lyeme e Selemeni (2012), é a escrita do problema na forma padrão, que consiste na formulação de um modelo que contenha a função objetivo, variáveis e restrições. Em seguida, deve ser encontrada a solução básica inicial para que sirva de ponto de partida para o cálculo. Posteriormente, é iniciado o teste de otimização a partir da solução básica, o algoritmo interage com as variáveis e restrições em busca da melhor solução de acordo com a função objetivo, o algoritmo irá interagir até que seja encontrada a solução ótima ou que seja determinada uma solução ilimitada. Além do mais, Lyeme e Selemeni (2012) ressaltam que a solução ilimitada ocorre devido à formulação errada do problema no modelo, geralmente dentro do conjunto de restrições e, portanto, precisa ser reformulado.

## 1.4 Benchmarking

Conforme Seibel (2004), a origem do *benchmarking* está diretamente relacionada ao aumento competitivo entre empresas no final da década de 1970 no cenário norte-americano. Um exemplo tido como marco de *benchmarking* conhecido foi iniciado pela empresa Xerox Corporation que, nesse contexto, buscou as melhores práticas em empresas japonesas entrantes no mercado que entregavam maior variedade de produtos a preços inferiores. Na década de 1980, de acordo com Andrade et al. (2015), o termo *benchmarking* foi consolidado para que na década de 1990, o termo fosse definido como o processo contínuo e sistemático para medir e comparar produtos, serviços e práticas.

Portanto, a definição do termo *benchmarking*, conforme Januário e Carpinetti (2003), é a melhoria contínua por meio da comparação de desempenho com organizações de desempenho excelente. A busca pela compreensão dessas práticas possibilita o aumento de desempenho na empresa pela implementação de melhorias. Assim, Pagliuso (2005) ressalta a necessidade de adaptação das práticas identificadas para o sucesso da implementação e atingimento dos objetivos. Nesse campo, o objetivo principal do *benchmerking* é, de acordo com Carpinetti (2016), a busca pela otimização, ou seja, a busca pelas condições mais favoráveis.

Diante disso, existem diversas metodologias para o processo de *benchmarking*, conforme Januário e Carpinetti (2003), é fator de dificuldade comum entre elas a coleta de dados e informações, é nessa fase que as referências são identificadas e a possibilidade de transferência das práticas são analisadas. A dificuldade levantada impacta no fator para o sucesso do *benchmarking* identificado por Oiko et al. (2006), em que é necessário não somente saber qual o melhor desempenho, mas principalmente de que forma o desempenho foi obtido, para isso é necessário o acesso aos dados e informações da referência.

Nessa perspectiva, Andrade et al. (2015) acrescentam ainda que o *benchmarking* pode ser realizado internamente, entre áreas e unidades de diferentes funções, denominado *benchmarking* interno, pode ser aplicado em empresas do mesmo segmento, conhecido como *benchmarking* competitivo, ou ainda em empresas sem relação de concorrência, definido como *benchmarking* funcional.

Logo, o *benchmarking* resulta na otimização por meio da identificação e aplicação de melhores práticas de fontes internas ou externas, nessa circunstância. Assim, Marques et al. (2021) salientam que cada organização possui particularidades que exigem a adequação da



prática identificada para o ambiente a ser melhorado, o que gera aprendizado e torna legítimo o processo de implementação.

#### 1.4.1 *Benchmarking na construção civil*

Duarte (2011) classifica o *benchmarking* na construção civil em três categorias, de acordo com a necessidade das próprias empresas e de seus empreendimentos, a saber:

- a) indicadores de resultados – Objetiva a avaliação do nível de sucesso alcançado no empreendimento;
- b) indicadores de processo – Com foco no desempenho dos principais processos da empresa e do empreendimento;
- c) indicadores variáveis – Inclui as decisões estratégicas que afetam o desempenho da empresa ou do empreendimento, mas não estão diretamente ligadas aos processos.

Andrade e Lordsleem (2016) realizaram *benchmarking* em 12 construtoras localizadas na cidade de Recife-PE com objetivo de identificar as melhores práticas de qualidade, em que identificaram 10 indicadores de desempenho, entre eles, o tempo médio de atendimento das atividades que envolvem ações de reparo.

Outro trabalho realizado foi de Borges (2017), que por meio do *benchmarking* em nove construtoras, identificou 29 indicadores em 10 dimensões, resultado na conclusão que existe maior atenção em indicadores de qualidade e de satisfação do cliente. O autor relatou ainda a dificuldade na obtenção de dados financeiros.

Também se ressalta que Lima e Oliveira (2018), em pesquisa com 28 construtoras do estado da Paraíba, observaram a preocupação com qualidade e satisfação dos clientes de forma similar ao estudo de Borges (2017). Os autores concluíram que o *benchmarking* é relevante para a maximização de resultados, melhorias financeiras, melhorias operacionais, eliminação de processos desnecessários e boas práticas de gestão.

#### 1.4.2 *Benchmarking PCP em serviços*

Oliveira et al. (2016), em seu estudo sobre a aplicação do planejamento e controle da produção em serviços, afirmam que o emprego de técnicas, ferramentas e conceitos de PCP são comuns em indústrias de diversos segmentos. Porém, dada a relevante parcela do setor de

serviços na economia brasileira, é importante que as tratativas de PCP sejam aplicados ao setor de serviços.

Segundo Oliveira et al. (2016), o PCP, com origem e evolução na indústria, possui baixa contribuição no setor de serviços mesmo com contribuições positivas ao setor industrial. Os primeiros estudos sobre PCP aplicados em serviços, conforme Moraes e Guimarães (2021), ocorreram na década de 1970. As adaptações dos conceitos de PCP em serviços geraram novas abordagens do tema, visto que, o setor de serviço apresenta atributos específicos e alto grau de intangibilidade que exigem ajustes e modificações para adequação das práticas.

Nesse sentido, conforme Oliveira et al. (2016), a aplicação das práticas de PCP no setor de serviços tem se apresentado, atualmente, como uma temática a ser explorada nesse campo. Essa exploração possibilita o aumento dos níveis de atendimento, produtividade e maximização da eficiência. Assim, Moraes e Guimarães (2021), nessa situação, sinalizam que para o beneficiamento dos resultados esperados, as características individuais dos serviços devem ser consideradas, o que resulta em novas abordagens para um melhor ajuste do PCP no setor de serviços.

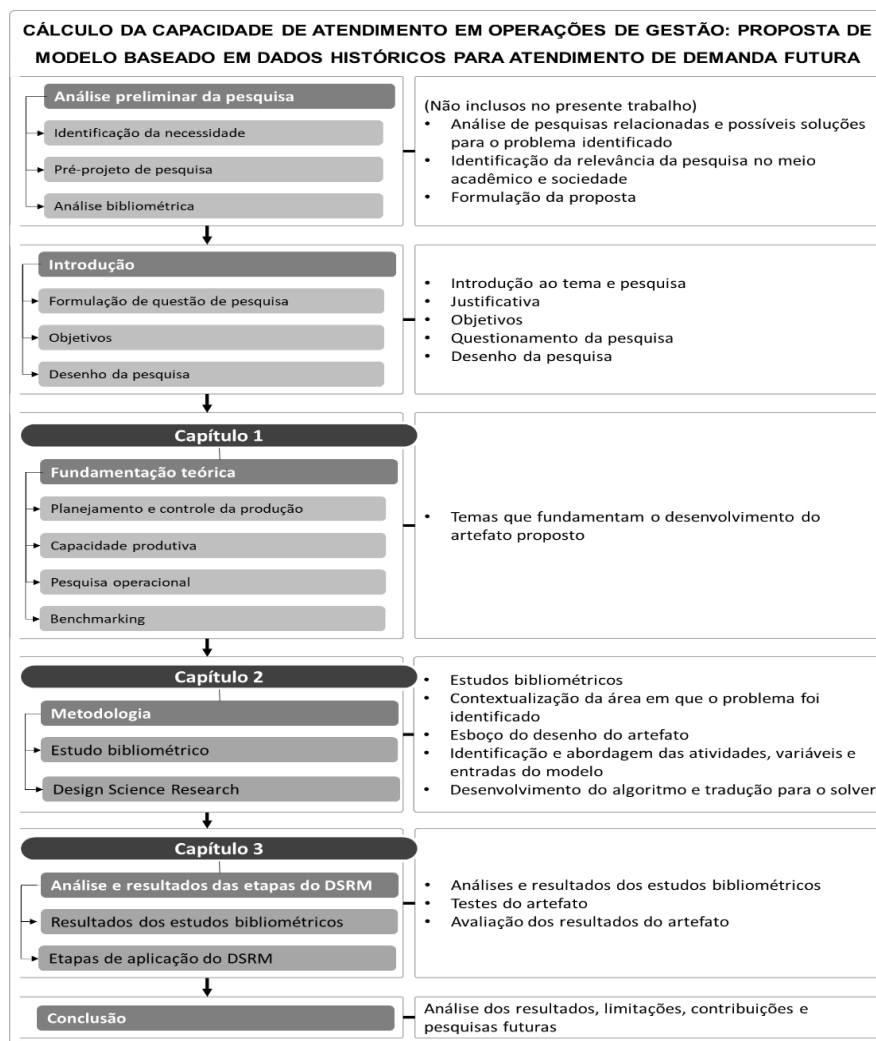
## 2 METODOLOGIA

Nesta seção, serão apresentados os procedimentos metodológicos, a delimitação do espaço pesquisado e os procedimentos para coleta e análise de dados, com intuito de caracterizar o estudo científico.

Nesse sentido, a metodologia pode ser definida como o estudo lógico e sistemático e dos métodos que são utilizados nas ciências, suas bases, validade e relação com as teorias científicas. Assim, trata-se do estudo do método, do conjunto procedimentos e regras definidos para realizar uma pesquisa científica, que abarca o conjunto de conhecimentos precisos e metodicamente sistematizados no que tange dado campo do saber. (GIL, 2008).

Diante disso, o desenho da pesquisa está apresentado na Figura 4:

Figura 4: Desenho da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.1 Estudo bibliométrico

A primeira parte da metodologia caracteriza-se por dois estudos bibliométricos. O primeiro estudo bibliométrico, sobre o cálculo de capacidade produtiva em serviços, tem a finalidade de verificar e compreender a produção científica recente referente ao tema inicialmente proposto e alinhado a questão de pesquisa: “Como calcular o tempo padrão de atividades de gestão de serviços com base em dados históricos?”. O segundo estudo bibliométrico, sobre o cálculo de capacidade produtiva industrial, tem em vista a comparação com os resultados do primeiro estudo para que seja possível perceber o atual interesse acadêmico global nos setores citados, de forma que seja possível entender o presente cenário de publicações acadêmicas sobre o cálculo de capacidade.

Dessa maneira, a bibliometria é definida por Araújo (2006) como uma técnica quantitativa e estatística para a composição de índices de produção e disseminação do conhecimento em determinado tema. É possível, portanto, verificar o desenvolvimento de áreas científicas e identificar padrões de publicações, como línguas predominantes, informações sobre as formas e veículos de divulgação, países com maior desenvolvimento no tema abordado e o comportamento das publicações ao longo de um período determinado.

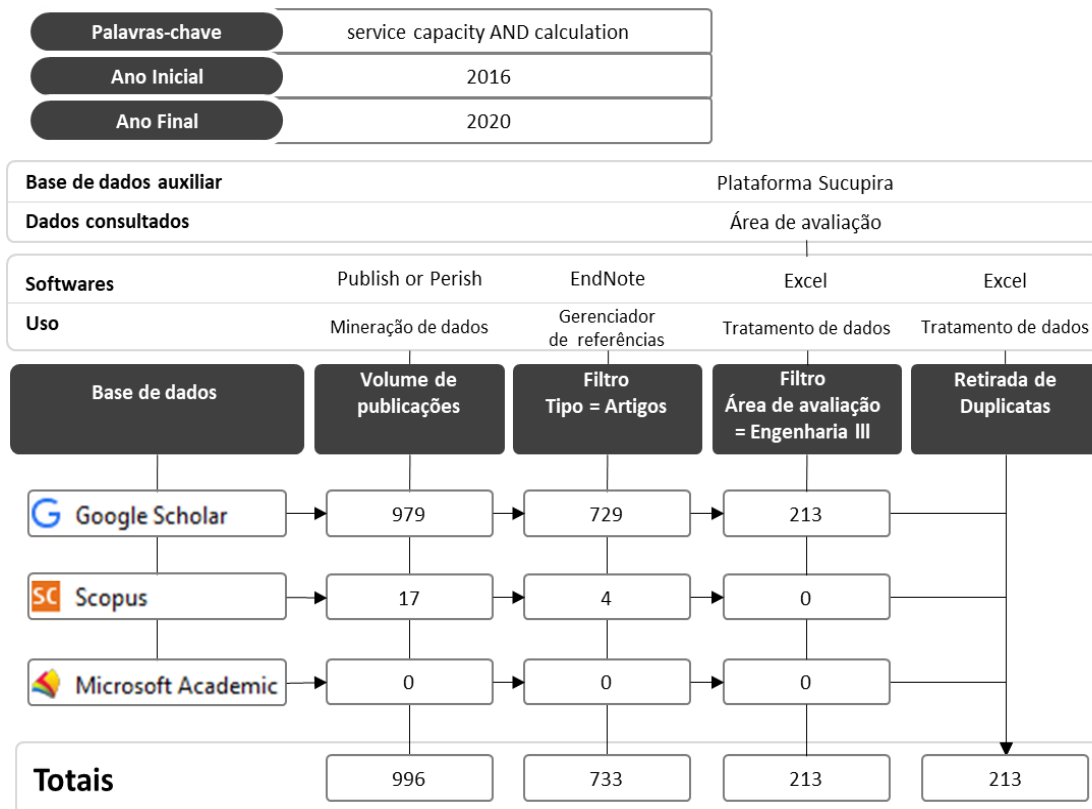
Diante disso, Guedes e Borschiver (2005) destacam que a bibliometria reduz a subjetividade relativa à indexação e recuperação de informações. O estudo bibliométrico auxilia ainda na criação, gestão, exploração e relacionamento do conhecimento. Logo, Chueke e Amatucci (2015) agregam aos benefícios mencionados a sistematização de pesquisas que a técnica de bibliometria proporciona, além do direcionamento de pesquisas futuras.

Diante desse cenário, os estudos bibliométricos foram realizados durante o mês de abril de 2021 por meio de mineração de dados realizada pelo *software Publish or Perish* nas bases científicas *Google Scholar*, *Scopus* e *Microsoft Academic*. Como primeiro critério foram selecionadas as publicações de artigos científicos dos últimos cinco anos completos, que corresponde ao período de 2016 a 2020. O objetivo do primeiro critério é reduzir o volume total de dados para que seja viável o aprofundamento das análises e o foco no movimento recente dos temas abordados. Em seguida, foram selecionadas as palavras-chave de pesquisa em língua inglesa para os temas:

- a) tema cálculo de capacidade de serviços: “service capacity” e “calculation”;
- b) tema cálculo de capacidade industrial: “industrial production capacity” e “calculation”.

Na sequência, os resultados da mineração de dados foram exportados para o *software EndNote* para inclusão do dado de tipo de publicação. Para a inclusão dos dados de estrato qualis, ISSN e área de avaliação do veículo de divulgação foi extraído da Plataforma Sucupira a base de dados com os itens mencionados, foi considerado o evento de classificação de periódicos do quadriênio 2013-2016, evento de classificação mais recente disponível na plataforma no mês de abril de 2021. Em seguida os dados foram relacionados aos resultados da mineração de dados e consolidados em planilha eletrônica no *software Microsoft Excel* para tratamento dos dados. A Figura 5 exibe o fluxo e resultado das ações de tratamento dos dados para o estudo bibliométrico sobre o cálculo de capacidade em serviços.

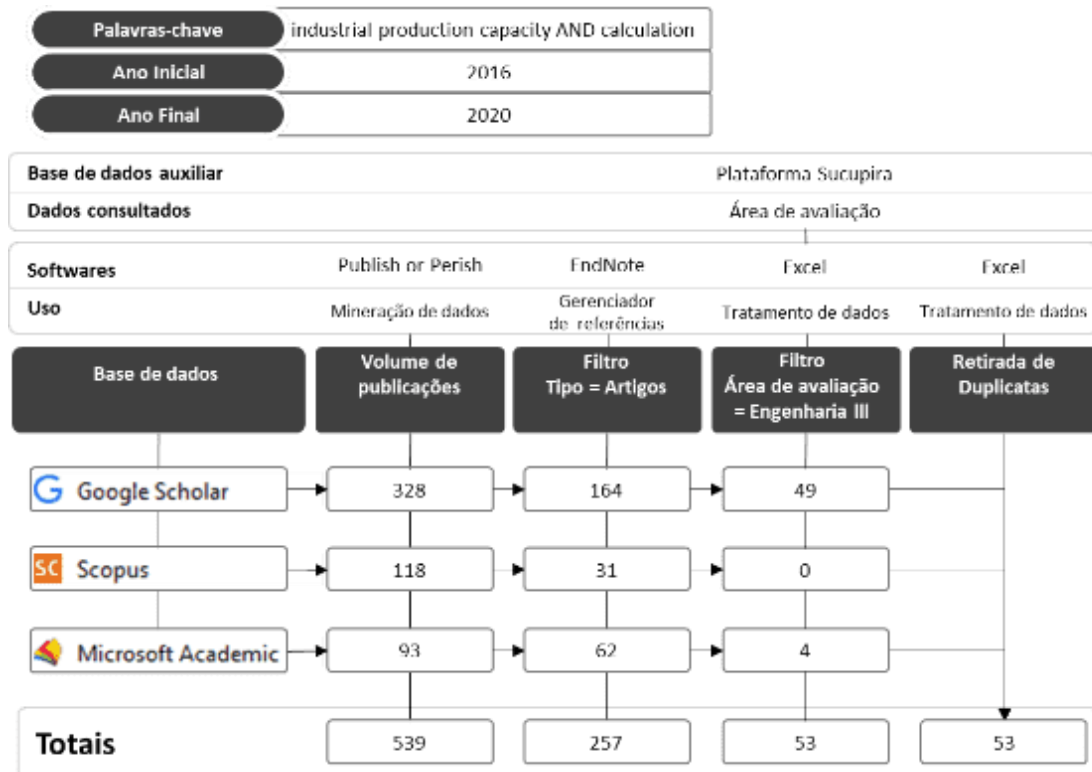
Figura 5: Desenho da pesquisa bibliométrica sobre cálculo de capacidade em serviços



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 6 contém o fluxo e tratamento dos dados do segundo estudo, com o tema de cálculo de capacidade produtiva industrial.

Figura 6: Desenho da pesquisa bibliométrica sobre cálculo de capacidade produtiva industrial



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados obtidos pelas análises bibliométricas estão disponíveis no capítulo 3.

## 2.2 Design science research

Le Moigne (1994) salienta a carência de métodos científicos que quebrem as barreiras sistemáticas existentes para que seja praticável a construção de conhecimento proveniente da interação entre observador e o próprio objeto de estudo. O autor ressalta ainda que o conhecimento gerado por essa forma de troca é real, e não apenas a observação e relato de uma realidade.

Além disso, na pesquisa de Dresch et al. (2015), os conceitos fundamentais do DSR são resumidos conforme a seguir.

- definição do Design Science – Ciência que busca estabelecer conhecimentos sobre o design e desenvolvimento de soluções para aperfeiçoamento de sistemas existentes, resolver problemas e criar artefatos;
- artefato – Algo que é feito pelo homem; uma interface entre o ambiente interior e exterior de um sistema definido;

- c) soluções satisfatórias – Soluções suficientemente adequadas para o contexto em questão; as soluções devem ser viáveis para a realidade e não necessariamente ótimas;
- d) classes de problemas – Organização que norteia o curso e desenvolvimento do conhecimento no contexto do Design Science;
- e) validade pragmática – Busca afirmar a adequação da solução proposta para o problema identificado.

À vista disso, os conceitos fundamentais relacionados por Dresch et al. (2015) são abordados com maior profundidade a seguir com a contribuição de obras de outros autores.

Van Aken (2004) define a classe de problemas como um agrupamento em determinado contexto particular para que seja possível o consumo da informação por pesquisadores e público interessado na solução ou com problemas similares.

Desse modo, a validade pragmática, conforme ressaltado por Van Aken (2011), deve ser conduzida com rigor e validada cientificamente para que sejam comprovadamente úteis. O objetivo de validade pragmática é garantir que a solução proposta para o problema irá alcançar os resultados esperados considerando custos, benefícios, ambiente de emprego e a necessidade dos interessados na resolução.

### 2.2.1 *Aplicação do design science research*

Hevner et al. (2004) referenciam métodos e fundamentos consolidados no meio acadêmico para a criação, desenvolvimento e avaliação de artefatos para a solução de problemas ou aprimoramento de soluções já estabelecidas. Para a correta aplicação dos métodos, os autores estabeleceram sete diretrizes para que a aplicação seja satisfatória:

- a) a pesquisa deve gerar como resultado um artefato que solucione o problema identificado;
- b) o artefato deve ser direcionado para a resolução de um problema singular;
- c) a utilidade, qualidade e eficácia são aspectos que devem ser avaliados de forma rigorosa de acordo com a proposta do artefato;
- d) a pesquisa deve contribuir de forma clara tanto para o meio acadêmico, com a colaboração para o aumento do conhecimento no meio científico, quanto para profissionais com interesse na solução;
- e) a pesquisa deve ser conduzida para que seja possível a avaliação da aplicabilidade do artefato no ambiente proposto e relevância da solução apresentada;

- f) o artefato deve estar amparado em teorias existentes de acordo com a análise e entendimento completo do problema em questão;
- g) a pesquisa e seus resultados devem ser comunicados de forma eficaz aos públicos apropriados.

Posteriormente, Van Aken e Berends (2012) apresentam um roteiro similar aos já estabelecidos. O roteiro parte da identificação de um problema específico e com o entendimento completo pelos interessados na resolução seguido pela avaliação e diagnóstico do problema. Os autores destacam que para o correto diagnóstico devem ser consideradas as variáveis ambientais e os eventos que influenciam a ocorrência do problema.

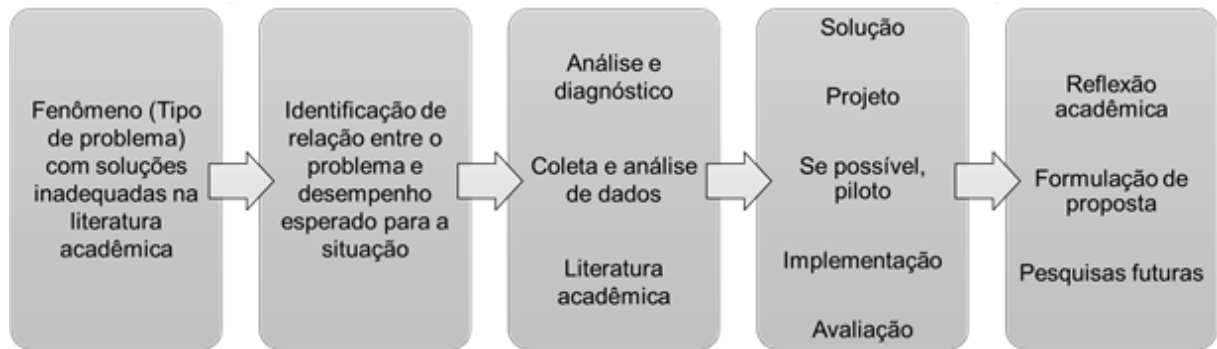
Dessa forma, com a identificação dos fatores geradores dos problemas é possível o desenho do artefato e esboço do caminho para o desenvolvimento e implementação. Na sequência, o artefato deve ser desenvolvido, implementado e posteriormente avaliado. Van Aken e Berends (2012) esclarecem que com o desenvolvimento da solução é natural que novos problemas sejam identificados, e caso ocorra é necessário a iniciação de um novo ciclo para a resolução do problema reconhecido.

Outro aspecto relevante é o processo de geração de conhecimento, que segundo Van Aken e Berends (2012), é integrado em três etapas. A primeira corresponde ao desenvolvimento da teoria, em seguida a avaliação da teoria e por fim o *design* reflexivo. No desenvolvimento da teoria, o método de pesquisa é utilizado como estudo de caso a partir da observação de um fenômeno com exploração acadêmica inexistente ou insuficiente. Nesse estágio, o fenômeno é observado e suas explicações são desenvolvidas e confrontadas com as teorias existentes para corroborar a utilidade do desenvolvimento de uma nova solução. Com o desenvolvimento e aplicação do artefato é iniciada a avaliação da teoria para a validação dos resultados decorrentes da aplicação da solução.

Na terceira etapa do processo de geração de conhecimento, os autores, Van Aken e Berends (2012), inserem o *design* reflexivo, conceituado como a reflexão sobre o problema e solução implementada para generalizar o conhecimento adquirido. Desse modo, os autores buscam desconsiderar os detalhes particulares e condições gerais para que seja possível elevar a solução para uma determinada classe de problemas, e não somente restrito a um problema específico. O roteiro de resolução de problemas é apresentado na Figura 7.



Figura 7: Roteiro de resolução de problemas



Fonte: Adaptado de Van Aken e Berends (2012).

### 2.2.2 Etapa 1 – Identificação do problema e sua motivação

#### Contextualização

A área em que o problema foi identificado é responsável pela gestão de terceiros de atividades de infraestrutura física de lojas de uma grande instituição financeira multinacional, mais especificamente do setor de controle de serviços de engenharia civil. Na verificação de existência de práticas, sistemas e ferramentas de PCP na gestão dos processos da área, foi identificado o controle de datas de início e fim das atividades realizadas pelos gestores por sistema desenvolvido internamente, porém o sistema não realiza qualquer tipo de mensuração de capacidade, otimização de filas, ou utiliza conceitos do PCP para direcionamento de recursos. O sistema mencionado armazena os dados em base de dados estruturada, que contém além das informações de data de início e fim das atividades, os nomes das atividades, tipo da intervenção, especialidades de infraestrutura envolvidas na intervenção e gestor responsável. A verificação realizada atende aos seguintes objetivos específicos: “Identificar a existência de práticas, sistemas e ferramentas de PCP utilizadas na gestão de processos do setor de administração de engenharia civil da organização” e “Descrever informações, características e atividades dos sistemas, ferramentas e práticas de PCP identificados, especificamente relacionadas aos processos e recursos envolvidos na gestão dos processos de administração de engenharia civil”.

A seguir, em atendimento ao objetivo específico: “Identificar e caracterizar os macro e micro inputs (recursos e dados das atividades) envolvidos nos diversos processos do setor de administração de engenharia civil da empresa”, são detalhados os inputs.

Assim, para a gestão dos terceiros estão disponíveis cerca de 22 gestores para o acompanhamento de aproximadamente 2.000 atividades por ano, as atividades possuem duração entre 3 e 60 dias, com níveis de esforço dependentes da complexidade da intervenção. As características da área, atividades e complexidades são abordadas com maior profundidade a seguir:

- a) gestores – os gestores são responsáveis por mobilizar os terceiros, supervisionar atividades, cobrar prazos, apoiar em dúvidas de escopo e resolução de conflitos. O desempenho dos gestores é medido pelo volume e proporção de intervenções sob gestão ao longo de ano;
- b) intervenção – uma intervenção é uma ação de infraestrutura em uma loja, e pode conter de uma a dez atividades distintas;
- c) atividades – é uma ação ou disponibilidade do gestor com duração entre 3 e 60 dias, que pode se tratar de disponibilidade para esclarecimento de dúvidas, supervisão de execução, suporte, facilitação ou atividades similares;
- d) variáveis de complexidade/ esforço – As variáveis de complexidade ou esforço são características de uma intervenção que demandam maior dedicação de tempo por parte dos gestores, para a área de estudo as variáveis são especialidades de infraestrutura: Estrutural, hidráulica, elétrica, risco e dimensionamento de ar-condicionado.

#### Informações adicionais de atividades

Em média, cada gestor é responsável pela gestão de dez intervenções simultâneas, consequentemente também é responsável por dez atividades simultâneas, visto que não existe atividades paralelas na mesma intervenção na área de estudo. No total, existem dez atividades distintas, cada intervenção possui uma combinação particular dessas atividades conforme necessidade técnica, essas atividades são conhecidas previamente ao início da intervenção.

Além disso, as atividades foram organizadas por nível de tempo médio exigido para a gestão, sendo a Atividade 01 a de menor emprego de tempo e a Atividade 10 a de maior emprego de tempo, a classificação foi obtida por meio de pesquisa empírica com os gestores da área, cada gestor elencou a sua ordem de atividades por nível de esforço conforme percepção individual para atividades de especialidade única e a classificação final foi o resultado dos rankings de percepções individuais. A Tabela 1 contém o resultado da pesquisa com 22 gestores, o campo de respostas positivas da posição no *ranking* representa quantos gestores

concordaram com a posição final da atividade, e a aderência a classificação de esforço percebido representa qual foi o percentual de concordância dessa atividade na posição. A aderência geral final foi de 91%.

Tabela 1: Classificação de atividades por nível de esforço

Nome	Nome resumido	Repostas positivas da posição no ranking	Aderência a classificação de esforço percebido
Atividade 01	AT1	20	100%
Atividade 02	AT2	19	95%
Atividade 03	AT3	18	82%
Atividade 04	AT4	21	95%
Atividade 05	AT5	18	82%
Atividade 06	AT6	17	77%
Atividade 07	AT7	19	86%
Atividade 08	AT8	20	91%
Atividade 09	AT9	22	100%
Atividade 10	AT10	22	100%

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 2 contém a representatividade de volume das atividades, o volume não está relacionado ao emprego de tempo necessário para a atividade.

Tabela 2: Representatividade das atividades por volume

Nome	Nome resumido	Representatividade
Atividade 01	AT1	2%
Atividade 02	AT2	21%
Atividade 03	AT3	9%
Atividade 04	AT4	5%
Atividade 05	AT5	5%
Atividade 06	AT6	2%
Atividade 07	AT7	3%
Atividade 08	AT8	5%
Atividade 09	AT9	27%
Atividade 10	AT10	22%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, a média de tempo exigido em cada atividade foi, na média, 10% maior se comparada a atividade de classificação imediatamente inferior, com variação entre 9,8% e 11%.

Tabela 3.

Tabela 3: Percentual de incremento de tempo empregado por atividade

Nome	Nome resumido	Percentual de incremento de tempo percebido em relação a atividade de classificação imediatamente anterior
Atividade 01	AT1	
Atividade 02	AT2	10,0%
Atividade 03	AT3	10,9%
Atividade 04	AT4	9,8%
Atividade 05	AT5	10,4%
Atividade 06	AT6	10,8%
Atividade 07	AT7	9,8%
Atividade 08	AT8	10,0%
Atividade 09	AT9	10,1%
Atividade 10	AT10	11,0%

Fonte: Elaborado pelos autores.

### Problema

O problema principal identificado é a dificuldade de cálculo de ocupação de capacidade em operações de gestão com atividades simultâneas não lineares. A intangibilidade de serviços potencializa a dificuldade do cálculo, uma mesma atividade do mesmo tipo de intervenção pode exigir esforços diferentes, como por exemplo a disponibilidade para esclarecimento de dúvidas e resolução de conflitos, que pode não exigir esforço por parte do gestor, caso em que não é necessária nenhuma intervenção ou esclarecimento, ou, por outro lado, pode exigir empenho para resolução de algum possível conflito ou esclarecimento de algum ponto do escopo da atividade.

Além do mais, a não linearidade das atividades é um dos principais fatores que inviabiliza a correta medição da duração das atividades. Uma mesma atividade pode demandar esforço por várias vezes no mesmo dia, demandar esforço em uma única janela de tempo durante o dia ou não demandar esforço. O comportamento da demanda é imprevisível para cada

dia entre o início e fim da atividade, e é relacionado a individualidade da atividade na loja em que está recebendo a intervenção. Como agravante da dificuldade de medição, cada gestor é responsável, em média, por dez atividades não lineares e simultâneas de diferentes intervenções.

Assim, a dificuldade no cálculo de ocupação da área gera problemas maiores com impactos negativos para a organização, como a necessidade de emprego de recursos acima do necessário, o que gera ociosidade e custos desnecessários. Por outro lado, a tentativa de redução de recursos sem a correta visibilidade da ocupação pode ocasionar em sobrecarga e, consequentemente, o não atendimento da demanda em sua totalidade.

### *2.2.3 Etapa 2 – Definição dos objetivos para a solução*

O objetivo principal do artefato é responder à questão de pesquisa: “Como calcular o tempo padrão de atividades de gestão de serviços com base em dados históricos?”. Além do objetivo principal, o artefato busca como objetivos secundários e relacionados:

- a) construir um modelo que permita o cálculo da necessidade de recursos para atendimento da demanda em áreas que envolvam a gestão de processos;
- b) calcular a partir do modelo os outputs (recursos necessários) para o atendimento da demanda futura do setor de administração de engenharia civil da organização.

### *2.2.4 Etapa 3 – Desenvolvimento*

#### **Delineamento inicial**

Em alinhamento aos objetivos específicos definidos, a etapa de desenvolvimento busca descrever detalhadamente as etapas da elaboração do artefato de forma a permitir sua adaptação e aplicação em processos similares. O artefato foi originado a partir da adaptação de métodos de cálculo de capacidade e práticas de PCP do sistema industrial para as especificidades do sistema de serviços da instituição, o processo de adaptação foi colaborado por processo de benchmarking. As adaptações dos conceitos de PCP utilizados estão descritos no Quadro 1.

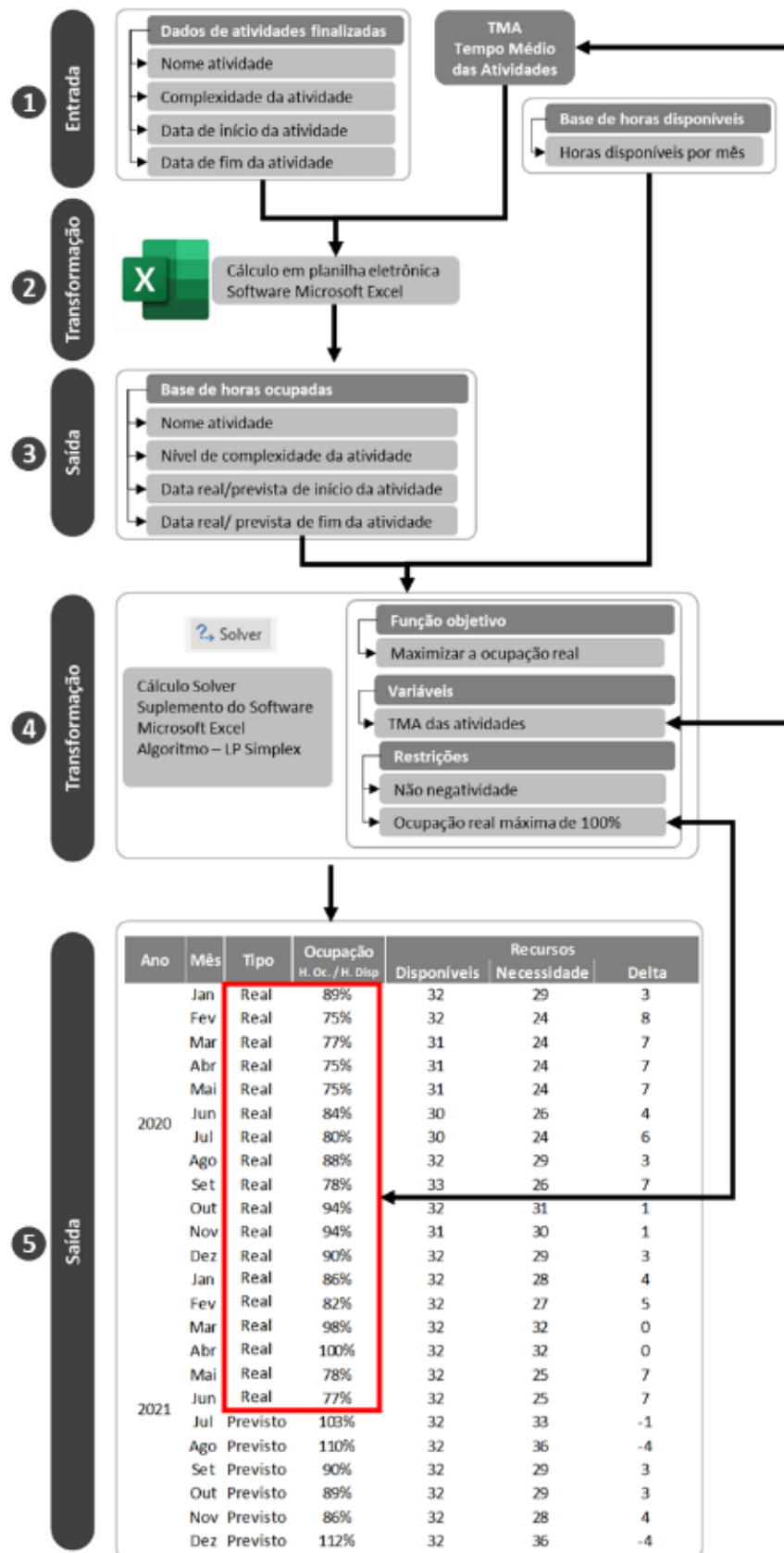
Quadro 1: Adaptação de práticas e conceitos do PCP industrial

Prática/ Conceito	Referência Industrial	Adaptação
Disponibilidade	Horas de trabalho disponíveis menos horas de paradas/ausências (Quebras de máquina, absenteísmo, falta de material, etc.) (AL-DARRAB 2000)	Horas de trabalho disponíveis menos horas de paradas/ausências (Taxa de dispersão, absenteísmo, realocações, treinamentos etc.)
Tempo de produção	O tempo médio de produção é obtido pelo cálculo da média ponderada de peças por hora dentro do mix produtivo. (STAUDT et al 2011)	Tempo médio de atividade (TMA) em que o gestor é designado para a gestão da atividade considerando o tipo da atividade e a complexidade envolvida.
Ocupação real	$\frac{\text{Tempo produção médio} \times \text{Volume Demanda}}{\text{Horas disponíveis} \times \text{Recursos}}$ (STAUDT et al 2011)	$\frac{\text{Tempo médio da atividade (TMA)} \times \text{Volume}}{\text{Horas disponíveis} \times \text{Recursos}}$

Fonte: Elaborado pelos autores.

O esboço contido na Figura 8 representa a ideia inicial do artefato, contendo suas entradas, relações e saídas.

Figura 8: Esboço do artefato

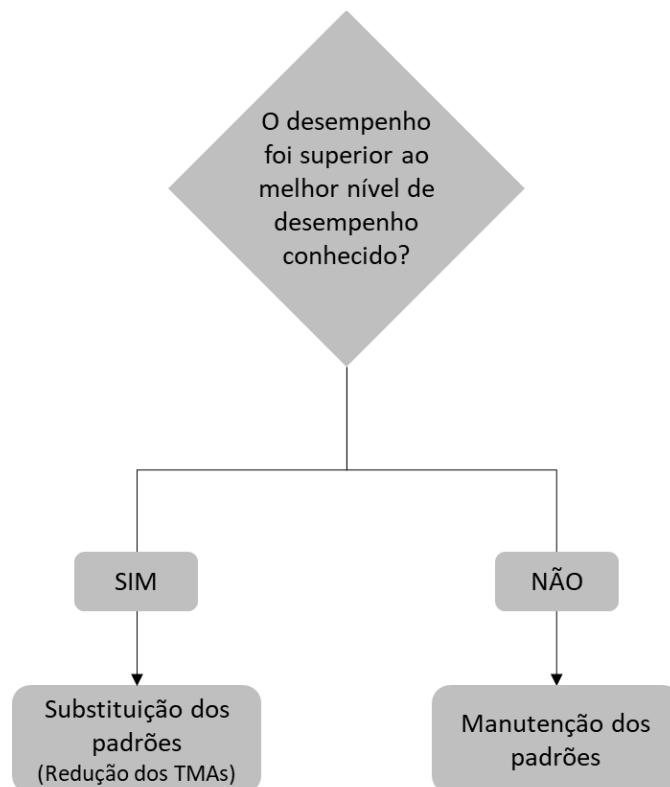


Fonte: Elaborado pelo autor.

Na etapa 1, ocorre a entrada da base de atividades, que contém os dados das intervenções e atividades dos anos 2020 e 2021, a base de disponibilidade, com a disponibilidade horária líquida no mesmo período e da tabela de tempo médio de atividades. Na etapa 2, o tempo médio das atividades é relacionado a base de dados de atividades, resultando na base de horas ocupadas por gestor contida na etapa 3. Em seguida, na etapa 4, os dados são inseridos no suplemento solver para a solução do problema, a função objetivo consiste na maximização da ocupação real, com a alteração da tabela de tempo médio de atividades presente na etapa 1 e respeitando as restrições de não negatividade e ocupação máxima real de 100%.

Com isso, espera-se que o suplemento solver encontre o melhor desempenho já realizado na operação e que os TMAs encontrados sirvam como referência para cálculo da ocupação futura, dessa forma, caso um desempenho superior seja identificado o padrão é substituído pelo novo valor, conforme Figura 9.

Figura 9: Lógica para substituição do padrão de TMA



Fonte: Elaborado pelo autor.

Disponibilidade



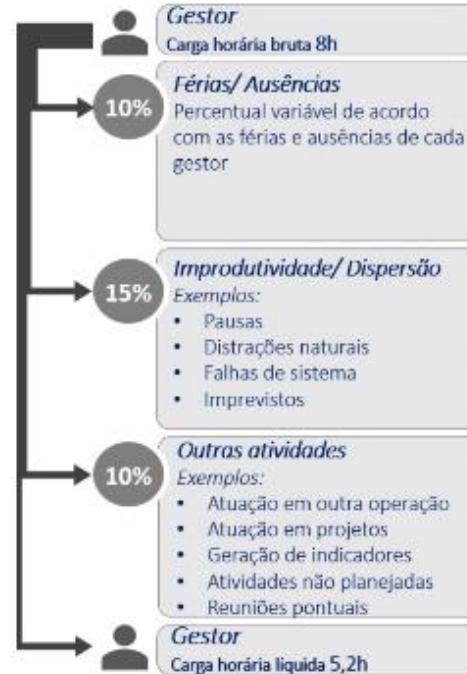
A disponibilidade dos recursos é calculada, individualmente, partindo do total de dias úteis de cada mês, desse total é descontado os dias de ausências, como períodos de férias, licenças e folgas. O total de dias úteis é multiplicado pela carga horária líquida do gestor. A carga horária líquida é obtida pela carga horária bruta menos os percentuais de desconto de horas, como percentual de dispersão e alocação em outras atividades. A equação a seguir representa o cálculo de disponibilidade líquida:

*Cálculo horas líquidas disponíveis*

$$= \sum_i^n (\text{Dias úteis mês} - \text{Dias ausentes do gestor}) \\ \times \text{Carga horária bruta} \times (1 - \sum \text{percentuais de desconto})$$

A Figura 10 exemplifica, com dados fictícios, a disponibilidade bruta e líquida de um gestor para um dia útil:

Figura 10: Exemplo de cálculo de disponibilidade



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 11 apresenta a disponibilidade líquida dos gestores disponíveis durante os anos 2020 e 2021, período de dados utilizados como input no artefato.

Figura 11: Disponibilidade de horas líquida

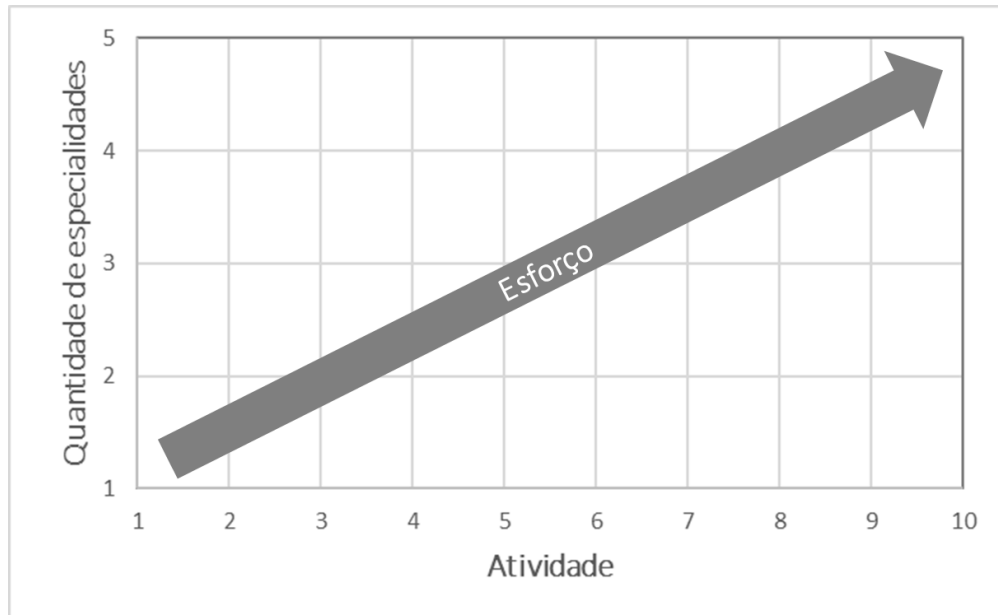
Gestor	DISPONIBILIDADE 2020												DISPONIBILIDADE 2021											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Gestor 01	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	120	132	96	34	126	108	120	132	126	132	126	120	120	138
Gestor 02	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	120	132	90	108	132	96	126	48	126	132	126	120	120	138
Gestor 03	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	114	132	120	108	126	108	120	132	126	132	126	97	120	138
Gestor 04	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	120	132	120	108	114	114	126	132	126	132	126	120	120	138
Gestor 05	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	120	132	72	108	132	120	126	132	126	132	126	120	120	138
Gestor 06	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	120	132	54	60	114	114	126	132	126	132	126	120	120	138
Gestor 07	44	36	44	40	34	44	46	42	42	42	40	44	40	36	16	38	42	44	42	0	42	40	40	0
Gestor 08	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	120	132	90	108	132	120	126	132	126	132	126	120	120	138
Gestor 09	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	120	132	120	108	114	36	120	132	96	132	126	120	120	138
Gestor 10	132	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	96	48	114	120	120	132	126	132	126	120	120	138
Gestor 11	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	120	66	120	60	114	120	120	132	126	132	126	120	120	138
Gestor 12	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	120	72	90	70	114	120	0	0	0	132	126	120	120	138
Gestor 13	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	120	132	120	108	114	48	90	120	126	132	126	120	120	138
Gestor 14	150	122	150	136	116	150	156	143	143	143	136	132	136	122	129	129	143	150	143	0	0	0	0	0
Gestor 15	150	122	150	136	116	150	156	143	143	143	136	132	136	122	129	129	143	150	143	132	90	120	120	138
Gestor 16	132	108	132	120	102	132	138	126	126	126	120	132	30	84	114	114	126	132	126	132	126	120	87	138
Gestor 17	150	122	150	136	116	150	156	143	143	143	136	132	136	122	129	129	143	150	143	132	126	120	120	138
Gestor 18	150	122	150	136	116	150	156	143	143	143	136	150	136	122	129	129	143	150	143	132	126	120	120	138
Gestor 19	150	122	150	136	116	150	156	143	143	143	136	150	136	122	129	129	143	150	143	132	126	120	120	138
Gestor 20	150	70	150	136	116	150	156	143	143	143	136	150	136	122	129	129	143	150	143	132	126	120	120	138
Gestor 21	114	94	114	104	102	114	120	109	109	109	104	114	136	122	129	129	143	150	70	132	126	120	120	138
Gestor 22	114	94	114	104	102	114	120	109	109	109	104	114	136	122	99	99	0	0	0	132	126	120	120	138
Gestor 23	0	122	150	136	116	150	156	143	143	143	136	150	136	122	129	129	143	150	143	132	126	120	120	138
Gestor 24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	136	122	129	129	143	150	143	132	126	120	120	138
<b>TOTAL</b>	<b>2.885</b>	<b>2.366</b>	<b>2.904</b>	<b>2.640</b>	<b>2.271</b>	<b>2.904</b>	<b>3.036</b>	<b>2.772</b>	<b>2.772</b>	<b>2.772</b>	<b>2.634</b>	<b>2.917</b>	<b>2.618</b>	<b>2.372</b>	<b>2.838</b>	<b>2.638</b>	<b>2.773</b>	<b>2.878</b>	<b>2.736</b>	<b>2.904</b>	<b>2.778</b>	<b>2.657</b>	<b>2.647</b>	<b>3.036</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### Complexidade das atividades

As atividades foram classificadas anteriormente em ordem crescente conforme esforço necessário do gestor, porém existe uma variável adicional que atua no nível de esforço exigido, que são as especialidades de infraestrutura, quanto mais especialidades na intervenção maior a necessidade de emprego de horas de gestão na atividade. Foram identificadas cinco especialidades, a saber: Estrutural, Hidráulica, Elétrica, Risco e dimensionamento de ar-condicionado. Não foram identificadas outras variáveis de influência no esforço exigido pelo gestor para as atividades da área, sendo dessa forma limitada a característica individual da atividade e da quantidade de especialidades de infraestrutura necessárias na intervenção. A Figura 12 ilustra a relação de esforço entre as variáveis, combinando os esforços por atividades e por especialidades.

Figura 12: Relação de esforço entre as variáveis



Fonte: Elaborado pelo autor.

A relação de incremento de esforço entre as atividades e especialidades é de aproximadamente 10% de acordo com pesquisa empírica com os gestores da área. Foi isolada a atividade 09, de maior volume, e aplicado questionário de percepção de exigência de tempo em relação ao volume de especialidades para 20 gestores (Tabela 4).

Tabela 4: Percentual de incremento de tempo empregado por especialidade

Quantidade de especialidades	Percentual de incremento de tempo percebido
1	
2	10,1%
3	10,0%
4	9,8%
5	10,3%

Fonte: Elaborado pelos autores.

A relação de incremento de esforço por especialidades é apresentada no Quadro 1, com o objetivo de facilitar a assimilação de esforço na área a quantidade de especialidade foi relacionada aos tamanhos PP, P, M, G e GG e considerado a média do incremento de tempo percebido.

Quadro 2: Influência das variáveis de complexidade no TMA

Tamanho	Quantidade de especialidades	TMA
PP	1	TMA estimado
P	2	TMA PP + 10%
M	3	TMA P + 10%
G	4	TMA M + 10%
GG	5	TMA GG + 10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Seguindo a mesma lógica, foram incluídas as atividades na relação de esforço, conforme Quadro 3.

Quadro 3: Matriz modelo de atividades, tamanhos e esforço

	Tamanhos				
	PP	P	M	G	GG
<b>Atividade 01</b>	0,00	Atividade 01, PP + 10%	Atividade 01, P + 10%	Atividade 01, M + 10%	Atividade 01, G + 10%
<b>Atividade 02</b>	Atividade 01, PP + 10%	Atividade 02, PP + 10%	Atividade 02, P + 10%	Atividade 02, M + 10%	Atividade 02, G + 10%
<b>Atividade 03</b>	Atividade 02, PP + 10%	Atividade 03, PP + 10%	Atividade 03, P + 10%	Atividade 03, M + 10%	Atividade 03, G + 10%
<b>Atividade 04</b>	Atividade 03, PP + 10%	Atividade 04, PP + 10%	Atividade 04, P + 10%	Atividade 04, M + 10%	Atividade 04, G + 10%
<b>Atividade 05</b>	Atividade 04, PP + 10%	Atividade 05, PP + 10%	Atividade 05, P + 10%	Atividade 05, M + 10%	Atividade 05, G + 10%
<b>Atividade 06</b>	Atividade 05, PP + 10%	Atividade 06, PP + 10%	Atividade 06, P + 10%	Atividade 06, M + 10%	Atividade 06, G + 10%
<b>Atividade 07</b>	Atividade 06, PP + 10%	Atividade 07, PP + 10%	Atividade 07, P + 10%	Atividade 07, M + 10%	Atividade 07, G + 10%
<b>Atividade 08</b>	Atividade 07, PP + 10%	Atividade 08, PP + 10%	Atividade 08, P + 10%	Atividade 08, M + 10%	Atividade 08, G + 10%
<b>Atividade 09</b>	Atividade 08, PP + 10%	Atividade 09, PP + 10%	Atividade 09, P + 10%	Atividade 09, M + 10%	Atividade 09, G + 10%
<b>Atividade 10</b>	Atividade 09, PP + 10%	Atividade 10, PP + 10%	Atividade 10, P + 10%	Atividade 10, M + 10%	Atividade 10, G + 10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 13 demonstra a matriz de esforço com os valores, partindo do menor nível de esforço sendo Atividade 01 PP, com TMA inicial 0.

Figura 13: Matriz inicial de TMA

	Tamanhos				
	PP	P	M	G	GG
Atividade 01	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Atividade 02	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Atividade 03	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Atividade 04	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Atividade 05	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Atividade 06	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Atividade 07	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Atividade 08	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Atividade 09	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Atividade 10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Incremento tamanho	10%
Incremento atividade	10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 14 exemplifica a matriz com valor da Atividade 01 PP definida em 0,83 (5 minutos), valor hipotético para ilustração.

Figura 14: Matriz padrão de TMA - Exemplo

	Tamanhos				
	PP	P	M	G	GG
Atividade 01	0,083	0,092	0,101	0,111	0,122
Atividade 02	0,092	0,101	0,111	0,122	0,134
Atividade 03	0,101	0,111	0,122	0,134	0,148
Atividade 04	0,111	0,122	0,134	0,148	0,162
Atividade 05	0,122	0,134	0,148	0,162	0,179
Atividade 06	0,134	0,148	0,162	0,179	0,196
Atividade 07	0,148	0,162	0,179	0,196	0,216
Atividade 08	0,162	0,179	0,196	0,216	0,238
Atividade 09	0,179	0,196	0,216	0,238	0,262
Atividade 10	0,196	0,216	0,238	0,262	0,288

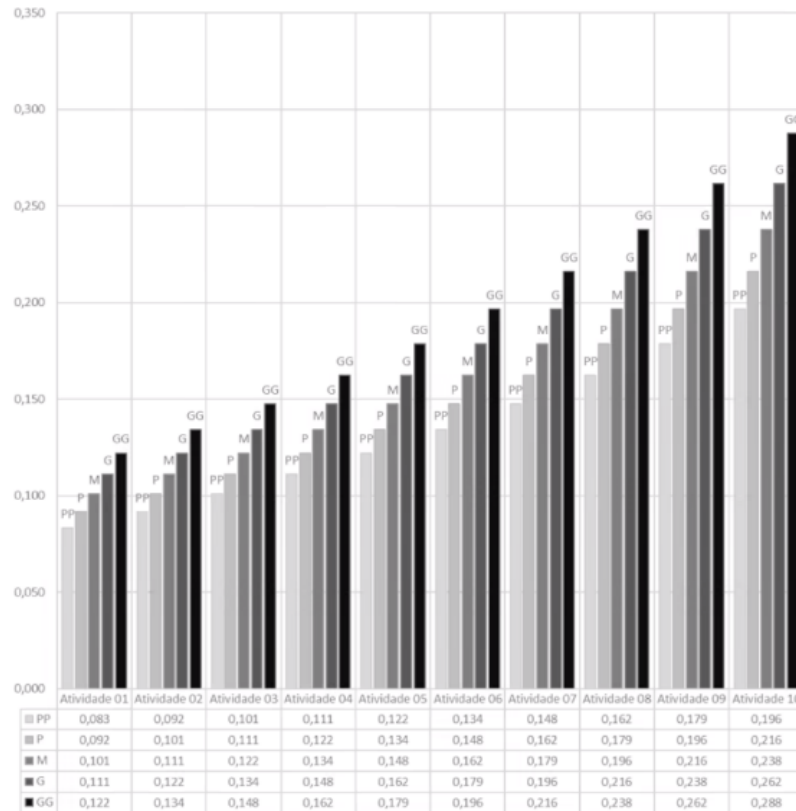
  

Incremento tamanho	10%
Incremento atividade	10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 15 elucida a matriz graficamente para melhor visualização das relações de esforço.

Figura 15: Gráfico exemplo matriz padrão de TMA



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com os padrões de tempo de esforço diário definido, a base de dados de atividades é alimentada com as informações por meio de fórmulas condicionais e de referência disponíveis no *software Microsoft Excel*. A Figura 16 esboça uma amostra de base de dados preenchida com os padrões.



Figura 16: Exemplo de base de dados com TMA diário

ATIVIDADE	DATA INICIO ATIVIDADE	DATA FIM ATIVIDADE	GESTOR	TAMANHO	HORAS OCUPADAS POR DIA ÚTIL	2021																									
						Janeiro																									
						04/01/2021	05/01/2021	06/01/2021	07/01/2021	08/01/2021	11/01/2021	12/01/2021	13/01/2021	14/01/2021	15/01/2021	18/01/2021	19/01/2021	20/01/2021	21/01/2021	22/01/2021	25/01/2021	26/01/2021	27/01/2021	28/01/2021	29/01/2021						
AT9	29/12/2020	05/01/2021	Gestor06	G	0,23	0,11	0,11																								
AT10	29/12/2020	18/01/2021	Gestor09	P	0,21	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11																					
AT10	29/12/2020	07/01/2021	Gestor10	M	0,23	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT2	30/12/2020	15/01/2021	Gestor03	M	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT10	30/12/2020	05/03/2021	Gestor11	M	0,23	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT10	30/12/2020	05/03/2021	Gestor11	M	0,23	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT2	04/01/2021	02/02/2021	Gestor04	M	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT2	04/01/2021	18/01/2021	Gestor04	M	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT2	04/01/2021	18/01/2021	Gestor04	M	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT2	04/01/2021	18/01/2021	Gestor04	M	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT2	04/01/2021	02/02/2021	Gestor04	M	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT10	04/01/2021	04/01/2021	Gestor05	M	0,23	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT4	04/01/2021	18/01/2021	Gestor09	GG	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
AT7	04/01/2021	11/01/2021	Gestor13	GG	0,21	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT4	05/01/2021	05/02/2021	Gestor02	GG	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
AT4	05/01/2021	05/02/2021	Gestor02	GG	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
AT2	05/01/2021	18/01/2021	Gestor04	M	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT4	05/01/2021	22/02/2021	Gestor10	GG	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
AT4	05/01/2021	22/02/2021	Gestor10	GG	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
AT2	06/01/2021	19/01/2021	Gestor02	P	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT4	06/01/2021	05/02/2021	Gestor02	GG	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
AT4	06/01/2021	05/02/2021	Gestor02	GG	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
AT2	06/01/2021	19/01/2021	Gestor09	M	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT10	07/01/2021	14/01/2021	Gestor02	P	0,21	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT9	07/01/2021	01/03/2021	Gestor04	M	0,21	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT9	07/01/2021	01/03/2021	Gestor04	M	0,21	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11		
AT4	07/01/2021	09/02/2021	Gestor06	GG	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
AT4	07/01/2021	09/02/2021	Gestor06	GG	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		
AT4	08/01/2021	29/01/2021	Gestor02	GG	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16		

Fonte: Elaborado pelo autor.

### Ocupação

Com a base de dados devidamente preenchida com as horas ocupadas por atividade, é possível o cálculo da ocupação da capacidade pela seguinte fórmula:

$$\text{Ocupação da capacidade} = \frac{\sum \text{horas ocupadas}}{\sum \text{horas disponíveis}}$$

### *Full-Time Equivalent (FTE)*

Para facilitar a visualização de recursos disponíveis e alocados, mais precisamente das horas de trabalho, as horas foram convertidas em FTEs. O método FTE, conforme Wicaksono e Fadlillah (2021), é um método para a análise de carga de trabalho por meio do cálculo da taxa dessa carga de trabalho. O cálculo do FTE, conforme Karo e Adianto (2017), é realizado por meio da seguinte equação:

$$FTE = \frac{\text{Total de horas disponíveis}}{\text{Total de horas de trabalho efetivas}}$$

### Resultados iniciais

Para consolidar os resultados, foi criada uma tabela que contém as seguintes informações agrupadas por mês:

- a) FTEs disponíveis – Total de horas disponíveis por mês convertido em FTE;
- b) FTEs alocados – Total de horas alocadas por mês convertido em FTE;
- c) redução de FTEs – Diferença de FTEs disponíveis e FTEs alocados no mês;
- d) horas ocupadas – Total de horas ocupadas por mês;
- e) ocupação – Cálculo de ocupação de capacidade no mês;
- f) tipo – Campo que informa se os dados do mês são reais (Passado) ou previstos (Futuro);
- g) índice de atrasos (Motivo Capacidade) – Campo que relaciona qual o índice de atrasos do mês por motivo de capacidade. Informação preenchida pelo gestor nas atividades atrasadas;
- h) resultado da função objetivo – Média da ocupação real;
- i) total de redução de FTEs – Somatória dos FTEs reduzidos;
- j) custo evitado aproximado – Total de redução de FTEs multiplicado pelo salário médio da posição com encargos.

A Figura 17 contém os resultados iniciais.



Figura 17: Resultados iniciais

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)
jan/20	21,9	21,9	0,0	0	0,0%	Real	N/D
fev/20	21,9	21,9	0,0	0	0,0%	Real	N/D
mar/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	N/D
abr/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,7%
mai/20	22,3	22,3	0,0	0	0,0%	Real	1,5%
jun/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,9%
jul/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,8%
ago/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,7%
set/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,2%
out/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	0,7%
nov/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,1%
dez/20	22,1	22,1	0,0	0	0,0%	Real	1,3%
jan/21	21,8	21,8	0,0	0	0,0%	Real	1,3%
fev/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,6%
mar/21	21,5	21,5	0,0	0	0,0%	Real	1,3%
abr/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,3%
mai/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,4%
jun/21	21,8	21,8	0,0	0	0,0%	Real	1,8%
jul/21	21,7	21,7	0,0	0	0,0%	Previsto	
ago/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Previsto	
set/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Previsto	
out/21	22,1	22,1	0,0	0	0,0%	Previsto	
nov/21	22,1	22,1	0,0	0	0,0%	Previsto	
dez/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Previsto	

Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação re:=MÉDIASE(AA3:AA21;"Real";21:228))	
Total de Redução FTEs	0,0
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)	R\$ 0,00

MÉDIASE(intervalo; critérios; [intervalo\_média])

Fonte: Elaborado pelo autor.

### Algoritmo

Em seguida, foi desenvolvido o algoritmo para a resolução do problema a partir da alteração do valor do TMA da Atividade 01 PP:

Função Objetivo: Maximizar a média de ocupação real

Sujeito às seguintes restrições:

Ocupação de janeiro 2020  $\leq 100\%$

Ocupação de fevereiro 2020  $\leq 100\%$

Ocupação de março 2020  $\leq 100\%$

Ocupação de abril 2020  $\leq 100\%$   
Ocupação de maio 2020  $\leq 100\%$   
Ocupação de junho 2020  $\leq 100\%$   
Ocupação de julho 2020  $\leq 100\%$   
Ocupação de agosto 2020  $\leq 100\%$   
Ocupação de setembro 2020  $\leq 100\%$   
Ocupação de outubro 2020  $\leq 100\%$   
Ocupação de novembro 2020  $\leq 100\%$   
Ocupação de dezembro 2020  $\leq 100\%$   
Ocupação de janeiro 2021  $\leq 100\%$   
Ocupação de fevereiro 2021  $\leq 100\%$   
Ocupação de março 2021  $\leq 100\%$   
Ocupação de abril 2021  $\leq 100\%$   
Ocupação de maio 2021  $\leq 100\%$   
Ocupação de junho 2021  $\leq 100\%$

As restrições de ocupação mensal  $\leq 100\%$  são atualizadas de acordo com a evolução dos testes, à medida que as ocupações passam de previstas para a condição de ocupação real, ou seja, ocupação passada.

Solver

O algoritmo inserido no solver está representado na Figura 18:

Figura 18: Algoritmo inserido no solver

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: ☒ Máx. ☐ Mín. ☐ Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições:

\$Z\$10 <= 1
\$Z\$11 <= 1
\$Z\$12 <= 1
\$Z\$13 <= 1
\$Z\$14 <= 1
\$Z\$15 <= 1
\$Z\$16 <= 1
\$Z\$17 <= 1
\$Z\$18 <= 1
\$Z\$19 <= 1
\$Z\$20 <= 1
\$Z\$21 <= 1
\$Z\$22 <= 1

☒ Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução:

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

Ajuda **Resolver** Fechar

Fonte: Suplemento solver.

A Figura 19 exibe o esquema geral do algoritmo de primeiro nível, que representa as referências que alimentam e recebem dados do solver.

- solver – Realiza o teste de hipóteses alterando o tempo padrão da atividade 01 PP para satisfazer a função objetivo. Com essa alteração a Matriz padrão de TMA é recalculada;
- matriz padrão de TMA – Contém os padrões de tempo das atividades e é recalculada com base na atividade 01 PP;
- base de dados – Com o recálculo da Matriz padrão de TMA, a atribuição de tempo de esforço diário para cada atividade e gestor é refeita na base de dados;
- tabela de resultados – Os resultados são compilados na tabela de resultados, que contém as informações de FTEs e ocupação por período.



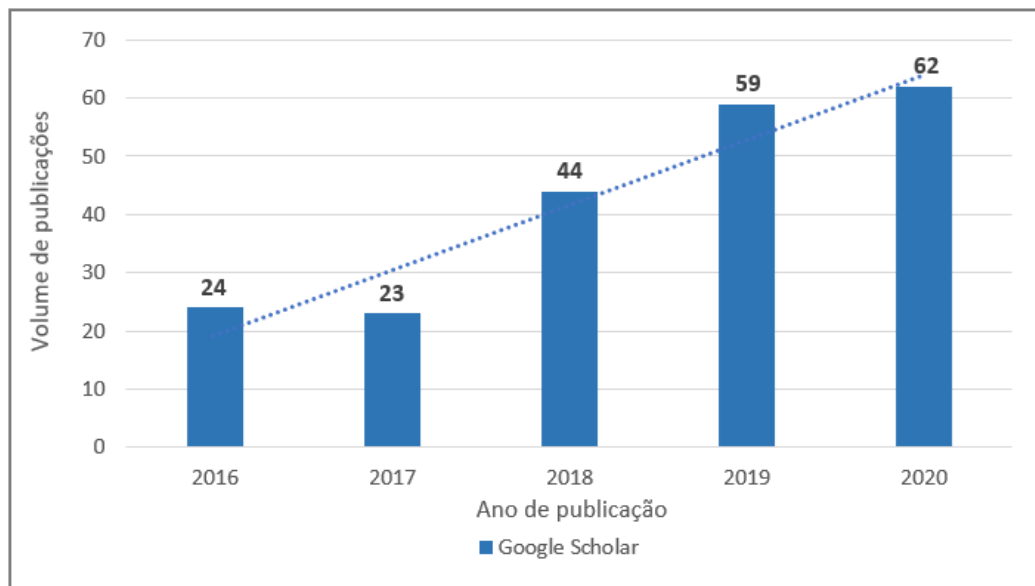
### 3 ANÁLISE E RESULTADOS

O presente capítulo apresenta os resultados obtidos pelos estudos bibliométricos e pelas etapas de demonstração e avaliação do método DSR.

#### 3.1 Análise e resultados do estudo bibliométrico sobre o cálculo de capacidade de serviços

A Figura 20 ilustra a evolução no volume das publicações ao decorrer dos últimos cinco anos, de 2016 a 2020. O volume de publicações é crescente, com exceção do ano de 2017. Além do mais, cabe ressaltar que a comparação do último ano do período com o primeiro ano apresenta aumento de 158%. O crescimento ano a ano indica o aumento de relevância do tema no período analisado.

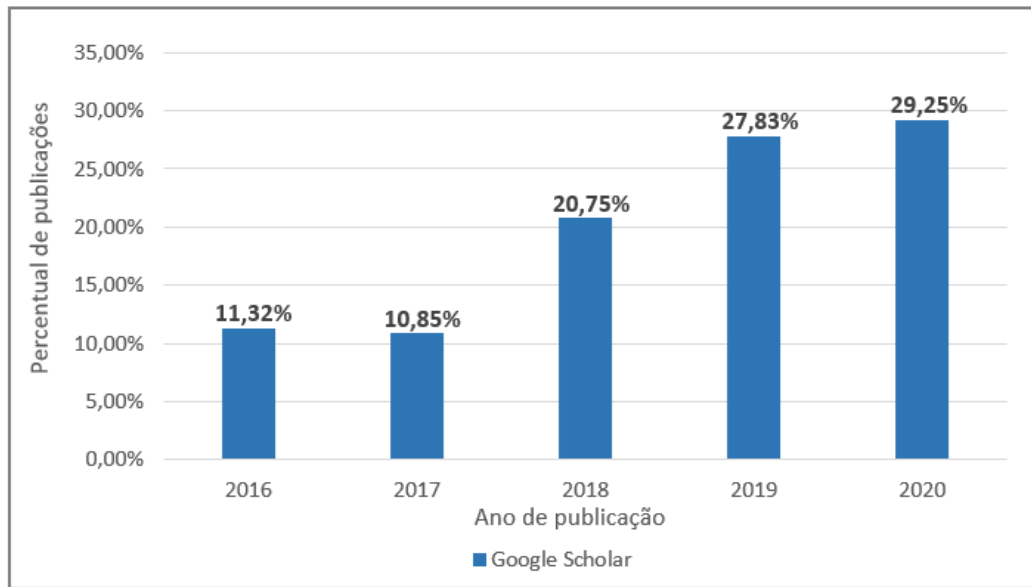
Figura 20: Estudo bibliométrico 1 – Número de publicações por ano



Fonte: *Google Scholar*.

A Figura 21 ilustra os percentuais de publicações por ano em relação ao total de publicações no período considerado, com o maior percentual apresentado no ano mais recente com 29,25%.

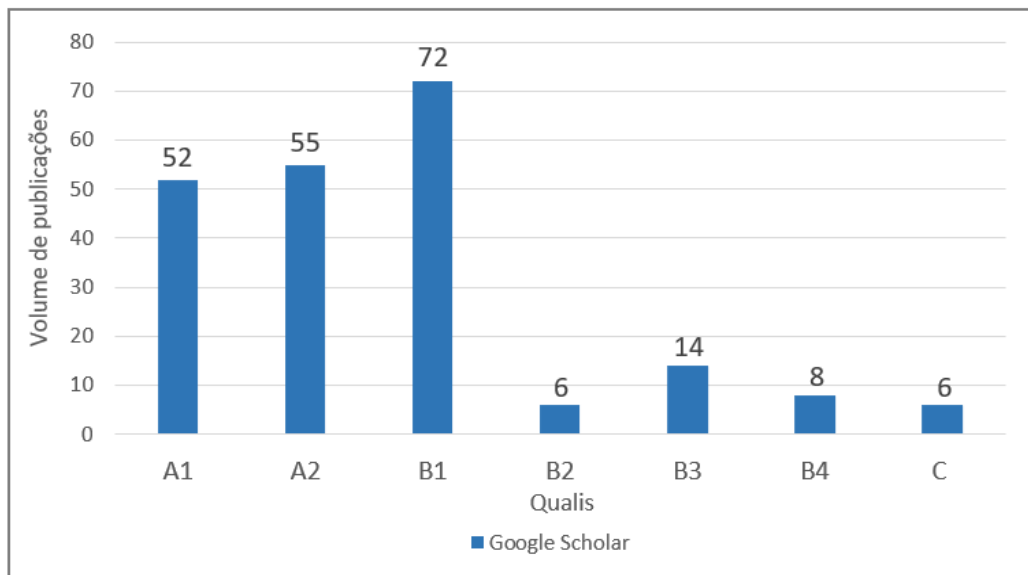
Figura 21: Estudo bibliométrico 1 – Percentual de publicações por ano



Fonte: Google Scholar.

A Figura 22 destaca a volumetria anual de publicações por estrato qualis, é percebido a clara concentração nos qualis A1, A2 e B1, sendo o B1 com maior volumetria.

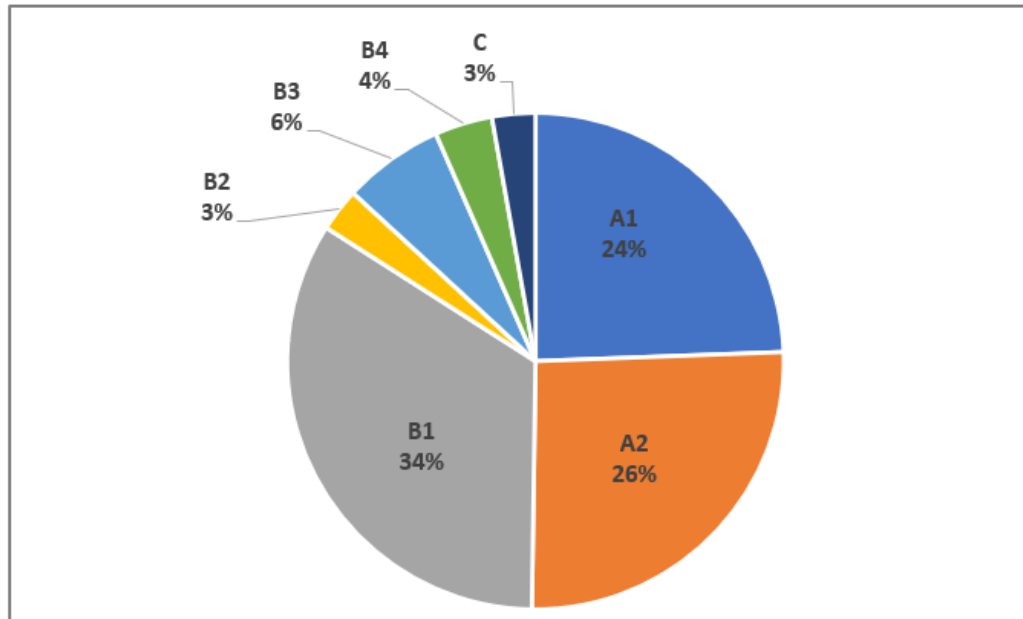
Figura 22: Estudo bibliométrico 1 – Número de publicações por estrato Qualis



Fonte: Google Scholar, Qualis.

Enquanto que a Figura 23 indica o percentual de publicações por qualis, com o total de 84% entre os estratos A1 e B1. Assim, é possível afirmar que as publicações, em sua maioria, possuem alto grau de classificação qualis, o que contribui positivamente para a área de pesquisa.

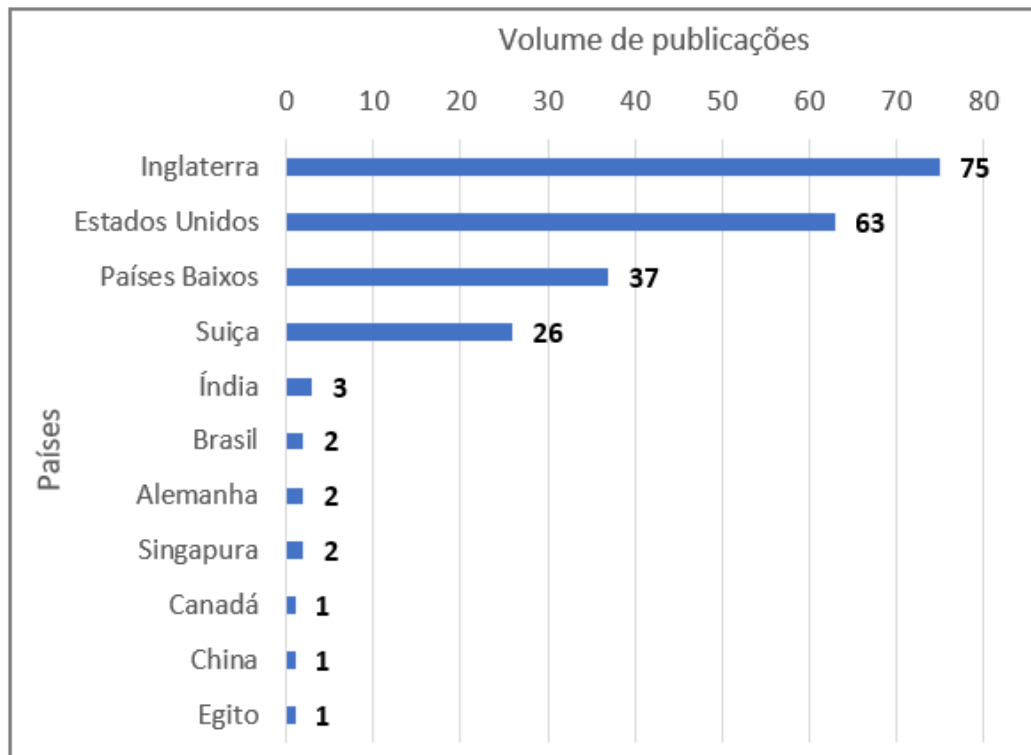
Figura 23: Estudo bibliométrico 1 – Percentual de publicações por estrato Qualis



Fonte: *Google Scholar*, Qualis.

Para a análise da dispersão do tema no mundo, os dados foram organizados por país de origem do veículo de divulgação. Na primeira posição, a Inglaterra se sobrepõe com 75 publicações, que representa 35% do volume total de publicações no período analisado. Em seguida, o Estados Unidos, com 63 publicações e 30% de representação no total, e Países Baixos, com 37 artigos e 17% do total completam os três principais países de origem. O volume de artigos publicados por país é apresentado na Figura 24.

Figura 24: Estudo bibliométrico 1 – Número de publicações por país do veículo divulgador



Fonte: *Google Scholar*.

Por fim, os dados foram organizados por veículo de divulgação (Tabela 5). O objetivo nessa composição é verificar se existe veículos com maior concentração de publicações sobre o tema. Nesse contexto, é evidente a dominância do veículo Sustainability da Suíça, com vinte e uma publicações, que representa 9,9% do total. Em seguida, o IEEE Access, veículo dos Estados Unidos, ocupa a segunda posição com 14 artigos e 6,6% do total e em terceira posição, veículo da Inglaterra, Transportation Research. Part E, Logistics and Transportation Review com 12 publicações e 5,6% de representatividade.

Tabela 5: Estudo bibliométrico 1 – Veículos de divulgação com maior volume de publicações

Veículo de divulgação	Estrato	Quantidade de publicações
SUSTAINABILITY	B1	21
IEEE ACCESS	B1	14
TRANSPORTATION RESEARCH. PART E, LOG. AND TRANSP. REV.	A2	12
JOURNAL OF COASTAL RESEARCH	B1	8
COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING	A2	7
INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH	A2	5



SUSTAINABLE CITIES AND SOCIETY	B3	5
APPLIED MATHEMATICAL MODELLING	A2	5
EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	A1	5
APPLIED ENERGY	A1	4

---

Fonte: *Google Scholar*, Qualis.

Diante disso, o estudo apresenta, dentre critérios estabelecidos, a evolução das publicações científicas sobre cálculo de capacidade em sistemas de serviços na área de avaliação Engenharia III no período de 2016 a 2020.

Nesse cenário, o aumento no volume de publicações ao decorrer dos anos é notado, o que indica o maior interesse pelo tema no meio científico. A alta classificação do estrato qualis da maioria das publicações é indicativo de alta qualidade das produções, que contribui positivamente para a sociedade com a entrega de materiais com maior relevância e rigor científico.

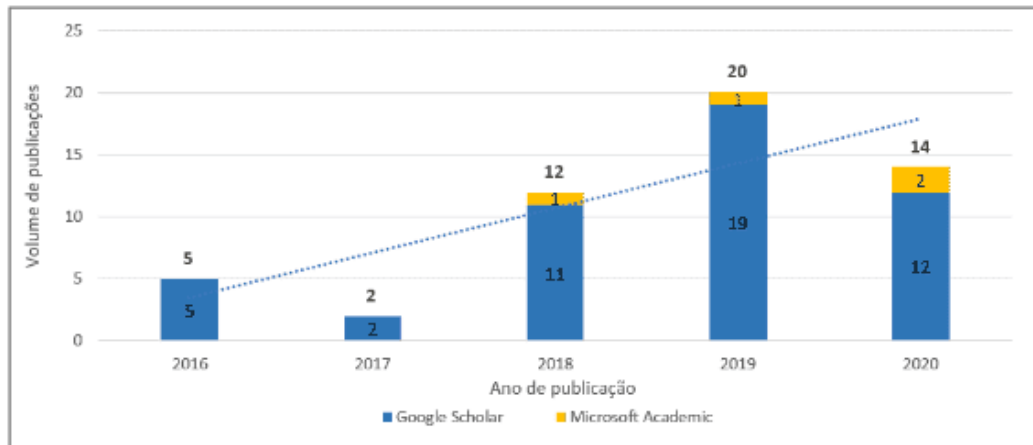
Isso significa que quanto aos meios de divulgação, a Inglaterra, Estados Unidos, Países Baixos e Suíça representam 94,4% do total, que demonstra a dominância dos países citados como divulgadores do tema no meio científico acadêmico.

Portanto, baseado nos resultados apresentados é obtido como conclusão que o tema de cálculo de capacidade de serviços é relevante, está em crescimento no meio acadêmico e possui predominância de materiais publicados em qualis superiores.

### **3.2 Análise e resultados do estudo bibliométrico sobre o cálculo de capacidade produtiva industrial**

A Figura 25 mostra o volume das publicações nos últimos cinco anos, sendo que a maioria das publicações aconteceram nos últimos dois anos do período analisado, 2019 e 2020. Dessa maneira, é possível verificar a tendência de aumento das pesquisas e relevância do tema se comparado aos dois primeiros anos do período. O aumento percentual no volume de publicações entre o primeiro e o último ano foi de 180%.

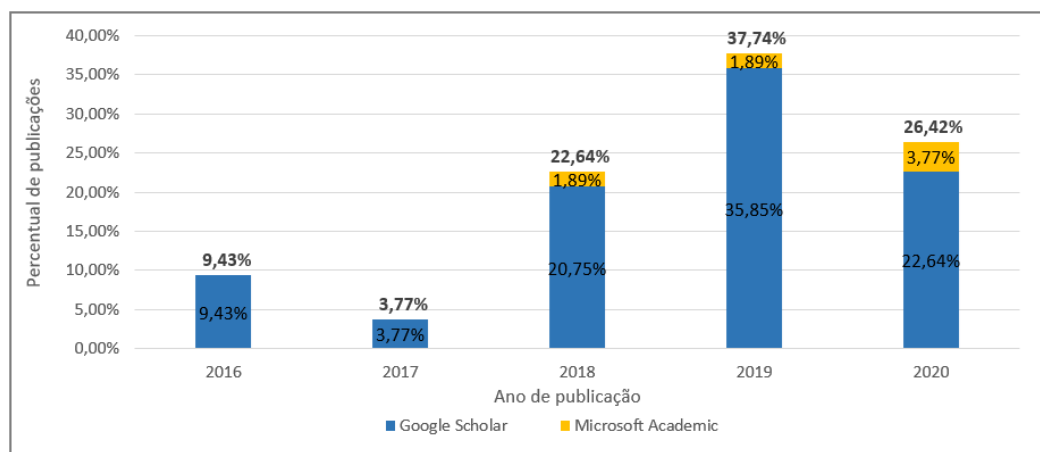
Figura 25: Estudo bibliométrico 2 – Número de publicações por ano



Fonte: *Google Scholar, Microsoft Academic.*

A Figura 26 retrata os percentuais de publicações por ano em relação ao período total analisado, os dois últimos anos, 2019 e 2020, representam 64,1% das publicações no período, o que indica o crescimento no volume de publicações, porém houve a queda no volume de publicações do ano de 2020 em relação ao ano de 2019.

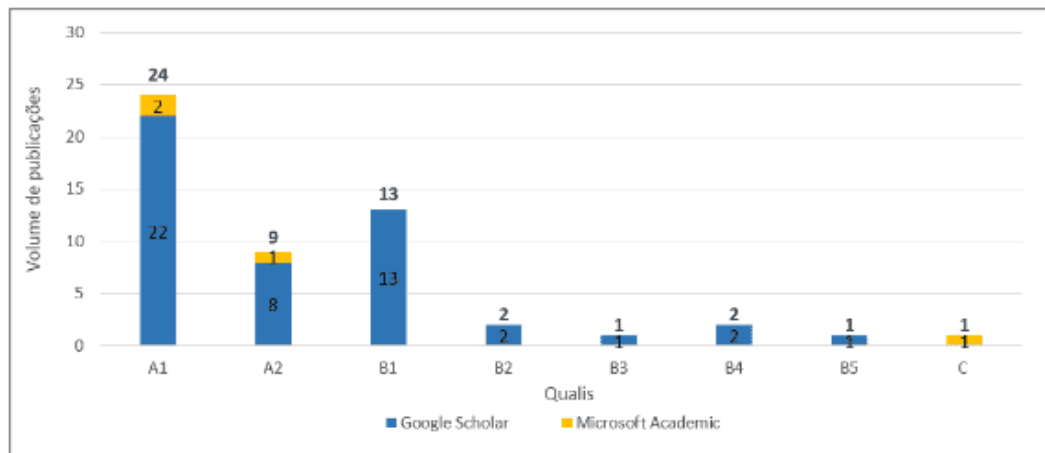
Figura 26: Estudo bibliométrico 2 – Percentual de publicações por ano



Fonte: *Google Scholar, Microsoft Academic.*

Por meio da plataforma Sucupira foram extraídos os dados com o estrato qualis dos veículos divulgadores. Existe a concentração de volume nas classificações superiores, A1, A2 e B1, o que indica o alto nível de qualidade dos artigos (Figura 27).

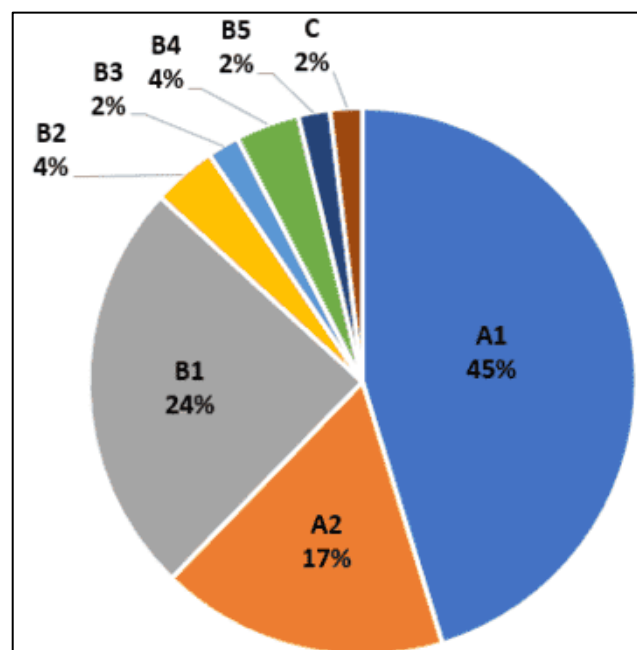
Figura 27: Estudo bibliométrico 2 – Número de publicações por estrato Qualis



Fonte: *Google Scholar*, *Microsoft Academic*, Qualis.

Os artigos científicos publicados em veículos de estratos A1 e B1 representam 86,8% do total de publicações. A concentração nos estratos qualis mencionados indicam a qualidade elevada das publicações no tema (Figura 28).

Figura 28: Estudo bibliométrico 2 – Percentual de publicações por estrato Qualis

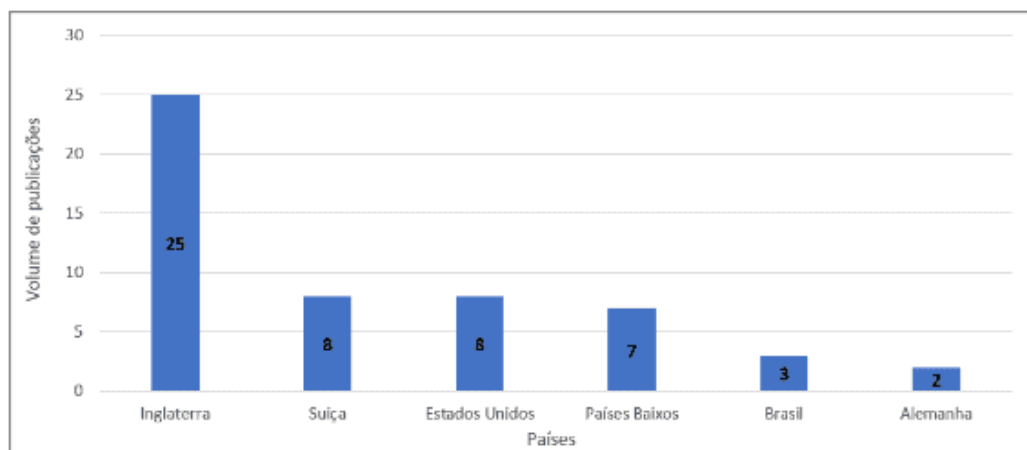


Fonte: *Google Scholar*, *Microsoft Academic*, Qualis.

Para a análise da disseminação do tema, os materiais foram separados por países de origem dos veículos de divulgação. A Inglaterra se destaca com 25 publicações, o que

representa 47,2% do volume total do período analisado e é seguida por Suíça e Estados Unidos como os países com mais publicações, ambos com 8 publicações e 15,1% de representatividade no volume total (Figura 29).

Figura 29: Estudo bibliométrico 2 – Número de publicações por país do veículo divulgador



Fonte: *Google Scholar, Microsoft Academic.*

A análise de concentração de publicações sobre o tema em veículos de divulgação consta na Tabela 6. Em primeiro lugar, com nove publicações e 17% do total, está o Journal of Cleaner Production, da Inglaterra, veículo classificado no estrato A1. Em seguida, com 4 publicações cada, estão os veículos Energies e Sustainability, veículos Suíços de estrato B1.

Tabela 6: Estudo bibliométrico 2 – Veículos de divulgação com mais de uma publicação

Veículo de divulgação	Estrato	Quantidade de publicações
JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	A1	9
ENERGIES	B1	4
SUSTAINABILITY	B1	4
SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT	A1	3
APPLIED THERMAL ENGINEERING	A1	2
ENERGY (OXFORD)	A1	2
INTERNATIONAL REVIEW OF FINANCIAL ANALYSIS	B1	2
REVISTA BRASILEIRA DE INOVAÇÃO	B4	2

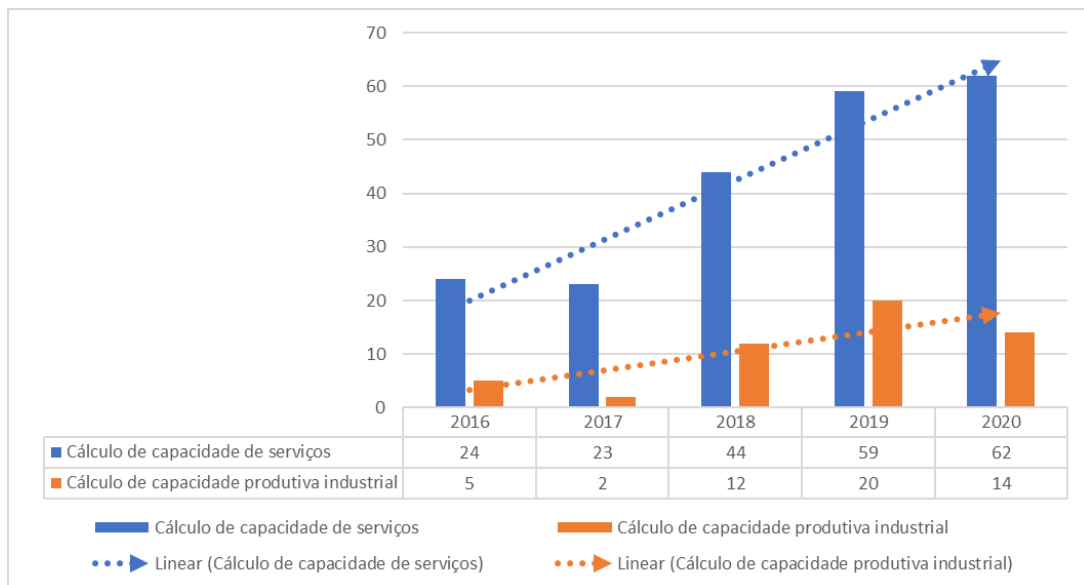
Fonte: *Google Scholar, Microsoft Academic, Qualis.*

É possível a conclusão com base nos resultados apresentados que o cálculo de capacidade produtiva industrial é um tema em ascensão no meio científico, visto que existe a tendência de aumento nas produções no período analisado. A alta qualidade dos trabalhos publicados é positivo e eleva o nível e relevância das contribuições para o tema abordado.

### 3.3 Análise comparativa entre os estudos bibliométricos

Ao analisar o comportamento do volume de publicações entre o estudo bibliométrico sobre o cálculo de capacidade de serviços e o estudo bibliométrico de cálculo de capacidade produtiva industrial, é possível verificar que o volume de publicações do estudo bibliométrico de serviços possui volumes superiores em todos os períodos e apresenta uma linha de tendência com maior ascendência, o que indica maior relevância dos estudos relacionados ao cálculo de capacidade de serviços no período analisado (Figura 30).

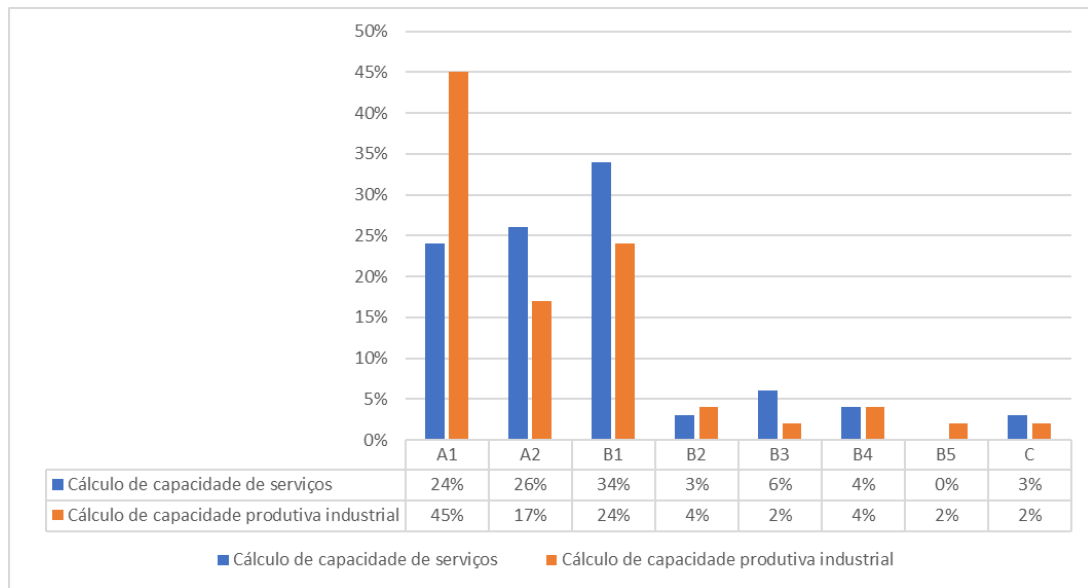
Figura 30: Comparativo de volume de publicações



Fonte: *Google Scholar, Microsoft Academic.*

Ao verificar o estrato qualis das publicações nos temas analisados, o cálculo de capacidade produtiva industrial é superior no estrato qualis A1, porém é inferior nos qualis A2 e B1. A análise agrupada dos três qualis de maior requisito são próximas, sendo o cálculo de capacidade de serviços com 84% e o cálculo de capacidade industrial com 86% de representatividade (Figura 31).

Figura 31: Comparativo de estrato qualis



Fonte: *Google Scholar, Microsoft Academic.*

É possível concluir que o cálculo de capacidade de serviços é claramente superior em volumetria e possui tendência de maior crescimento de comparado ao cálculo de capacidade produtiva industrial no período analisado.

Nessa perspectiva, cabe ressaltar a limitação dos estudos e análises apresentadas pelas bases científicas acessadas: *Google Scholar, Microsoft Academic* e *Scopus*.

### 3.4 Etapas de aplicação do DSRM

#### 3.4.1 Etapa 4 – Demonstração

Em seguida, foram realizados testes ao longo dos meses para demonstração da aplicação do artefato e possibilitação dos resultados obtidos.

Teste Inicial 01 – Execução em 01/07/2021

A Figura 32 exibe os resultados iniciais antes da resolução do solver.

Figura 32: Resultado pré-teste

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)
jan/20	21,9	21,9	0,0	0	0,0%	Real	N/D
fev/20	21,9	21,9	0,0	0	0,0%	Real	N/D
mar/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	N/D
abr/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,7%
mai/20	22,3	22,3	0,0	0	0,0%	Real	1,5%
jun/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,9%
jul/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,8%
ago/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,7%
set/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,2%
out/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	0,7%
nov/20	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,1%
dez/20	22,1	22,1	0,0	0	0,0%	Real	1,3%
jan/21	21,8	21,8	0,0	0	0,0%	Real	1,3%
fev/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,6%
mar/21	21,5	21,5	0,0	0	0,0%	Real	1,3%
abr/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,3%
mai/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Real	1,4%
jun/21	21,8	21,8	0,0	0	0,0%	Real	1,8%
jul/21	21,7	21,7	0,0	0	0,0%	Previsto	
ago/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Previsto	
set/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Previsto	
out/21	22,1	22,1	0,0	0	0,0%	Previsto	
nov/21	22,1	22,1	0,0	0	0,0%	Previsto	
dez/21	22,0	22,0	0,0	0	0,0%	Previsto	
Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)							0%
Total de Redução FTEs							0,0
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)							R\$ 0,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

O relatório de sensibilidade do teste 01 é exibido na Figura 33. O valor da atividade 01 PP foi estabelecido em 0,088, o resultado da função objetivo foi de 91% e o mês com o melhor desempenho da análise histórica foi abril de 2020.

Figura 33: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 01

**Relatório de respostas**

**Resultado:** O Solver encontrou uma solução. Todas as Restrições e condições de adequação foram satisfeitas.

**Mecanismo do Solver**

Mecanismo: LP Simplex

Tempo da Solução: 0,485 Segundos.

Iterações: 1 Subproblemas: 0

**Célula do Objetivo (Máx.)**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
\$ABS\$30	Resultado da função objetivo	0%	91%

**Células Variáveis**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
\$C\$6	TMA Atividade 01 PP	0,000	0,088	Conting.

**Restrições**

Célula	Nome	Valor da Célula	Fórmula	Status	Margem de Atraso
\$Z\$10	Ocupação Jun/2020	99,3%	\$Z\$10<=1	Não-associação	0,006604454
\$Z\$11	Ocupação Jul/2020	97,9%	\$Z\$11<=1	Não-associação	0,021039787
\$Z\$12	Ocupação Ago/2020	98,2%	\$Z\$12<=1	Não-associação	0,017994557
\$Z\$13	Ocupação Set/2020	85,4%	\$Z\$13<=1	Não-associação	0,145593776
\$Z\$14	Ocupação Out/2020	79,3%	\$Z\$14<=1	Não-associação	0,20658622
\$Z\$15	Ocupação Nov/2020	82,1%	\$Z\$15<=1	Não-associação	0,17948934
\$Z\$16	Ocupação Dez/2020	94,8%	\$Z\$16<=1	Não-associação	0,052394367
\$Z\$17	Ocupação Jan/2021	81,2%	\$Z\$17<=1	Não-associação	0,187611155
\$Z\$18	Ocupação Fev/2021	76,8%	\$Z\$18<=1	Não-associação	0,232465002
\$Z\$19	Ocupação Mar/2021	91,9%	\$Z\$19<=1	Não-associação	0,080759698
\$Z\$20	Ocupação Abr/2021	92,3%	\$Z\$20<=1	Não-associação	0,077410497
\$Z\$21	Ocupação Mai/2021	93,2%	\$Z\$21<=1	Não-associação	0,067655564
\$Z\$22	Ocupação Jun/2021	90,8%	\$Z\$22<=1	Não-associação	0,092179919
\$Z\$5	Ocupação Jan/2020	87,7%	\$Z\$5<=1	Não-associação	0,122571152
\$Z\$6	Ocupação Fev/2020	95,0%	\$Z\$6<=1	Não-associação	0,050050907
\$Z\$7	Ocupação Mar/2020	98,7%	\$Z\$7<=1	Não-associação	0,012923275
\$Z\$8	Ocupação Abr/2020	100,0%	\$Z\$8<=1	Associação	0
\$Z\$9	Ocupação Mai/2020	97,9%	\$Z\$9<=1	Não-associação	0,021244957

Fonte: Resultado da pesquisa.

A Figura 34 esboça a matriz de TMAs após a resolução do solver do teste 01.



Figura 34: Matriz de TMA - Teste 01

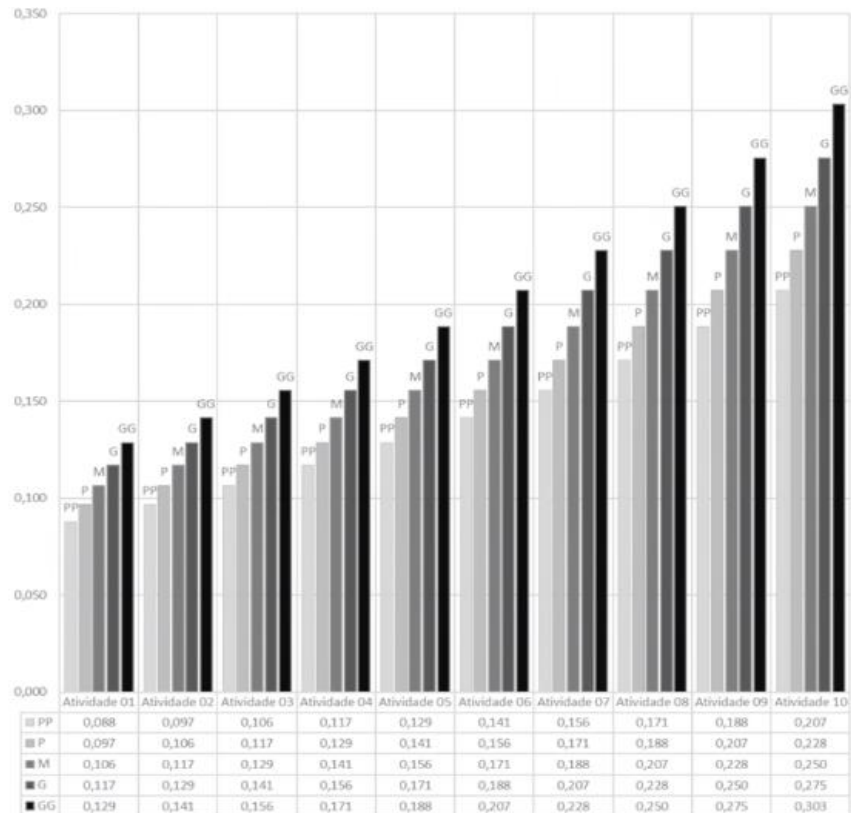
		Tamanhos				
		PP	P	M	G	GG
Atividades	Atividade 01	0,088	0,097	0,106	0,117	0,129
	Atividade 02	0,097	0,106	0,117	0,129	0,141
	Atividade 03	0,106	0,117	0,129	0,141	0,156
	Atividade 04	0,117	0,129	0,141	0,156	0,171
	Atividade 05	0,129	0,141	0,156	0,171	0,188
	Atividade 06	0,141	0,156	0,171	0,188	0,207
	Atividade 07	0,156	0,171	0,188	0,207	0,228
	Atividade 08	0,171	0,188	0,207	0,228	0,250
	Atividade 09	0,188	0,207	0,228	0,250	0,275
	Atividade 10	0,207	0,228	0,250	0,275	0,303

Incremento tamanho	10%
Incremento atividade	10%

Fonte: Resultado da pesquisa.

A Figura 35 representa a matriz de TMAs em gráfico de colunas para melhor visualização das relações.

Figura 35: Gráfico de TMA - Teste 01



Fonte: Resultado da pesquisa.

Os resultados do teste 01 estão representados na Figura 36. Logo, é possível verificar que com os padrões atuais a previsão de ocupação do mês seguinte é de 95,5%. O erro de previsão de demanda para mês seguinte (M+1) é de 5% acima ou abaixo, dessa forma os FTEs alocados serão reduzidos quando a ocupação prevista for menor ou igual a 95% para reduzir os riscos de sobrecarga da operação. Portanto, para o mês seguinte não haverá redução na alocação de FTEs.

Figura 36: Resultado do teste 01

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)
jan/20	21,9	21,9	0,0	2533	87,7%	Real	N/D
fev/20	21,9	21,9	0,0	2247	95,0%	Real	N/D
mar/20	22,0	22,0	0,0	2866	98,7%	Real	N/D
abr/20	22,0	22,0	0,0	2640	100,0%	Real	1,7%
mai/20	22,3	22,3	0,0	2223	97,9%	Real	1,5%
jun/20	22,0	22,0	0,0	2885	99,3%	Real	1,9%
jul/20	22,0	22,0	0,0	2972	97,9%	Real	1,8%
ago/20	22,0	22,0	0,0	2722	98,2%	Real	1,7%
set/20	22,0	22,0	0,0	2368	85,4%	Real	1,2%
out/20	22,0	22,0	0,0	2199	79,3%	Real	0,7%
nov/20	22,0	22,0	0,0	2161	82,1%	Real	1,1%
dez/20	22,1	22,1	0,0	2764	94,8%	Real	1,3%
jan/21	21,8	21,8	0,0	2127	81,2%	Real	1,3%
fev/21	22,0	22,0	0,0	1821	76,8%	Real	1,6%
mar/21	21,5	21,5	0,0	2608	91,9%	Real	1,3%
abr/21	22,0	22,0	0,0	2433	92,3%	Real	1,3%
mai/21	22,0	22,0	0,0	2586	93,2%	Real	1,4%
jun/21	21,8	21,8	0,0	2613	90,8%	Real	1,8%
jul/21	21,7	21,7	0,0	2614	95,5%	Previsto	
ago/21	22,0	22,0	0,0	2937	101,1%	Previsto	
set/21	22,0	22,0	0,0	2366	85,2%	Previsto	
out/21	22,1	22,1	0,0	2198	82,7%	Previsto	
nov/21	22,1	22,1	0,0	2172	82,1%	Previsto	
dez/21	22,0	22,0	0,0	2389	78,7%	Previsto	
Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)							91%
Total de Redução FTEs							0,0
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)							R\$ 0,00

Fonte: Resultado da pesquisa.

O Quadro 3 apresenta as regras de decisão de alocação de FTEs para o mês seguinte conforme a demanda prevista.

Quadro 4: Regras de decisão de alocação de FTEs para o mês seguinte

Ocupação	Ação
Maior que 95%	Manter alocação de FTEs
Menor que 95%	Reduzir alocação de FTEs até atingir 95%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, o Figura 37 ilustra o resultado do teste 01 e a decisão de alocação para o mês seguinte, com a ação de manter a alocação de todos os FTEs disponíveis.

Figura 37: Decisão de alocação do teste 01

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2533	87,7%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2247	95,0%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2866	98,7%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2640	100,0%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2223	97,9%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2885	99,3%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2972	97,9%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2722	98,2%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2368	85,4%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2199	79,3%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2161	82,1%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2764	94,8%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	2127	81,2%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1821	76,8%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2608	91,9%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2433	92,3%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2586	93,2%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2613	90,8%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2614	95,5%	Previsto		Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	2937	101,1%	Previsto		
set/21	22,0	22,0	0,0	2366	85,2%	Previsto		
out/21	22,1	22,1	0,0	2198	82,7%	Previsto		
nov/21	22,1	22,1	0,0	2172	82,1%	Previsto		
dez/21	22,0	22,0	0,0	2389	78,7%	Previsto		
Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)							91%	
Total de Redução FTEs							0,0	
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)							R\$ 0,00	

Fonte: Resultado da pesquisa.

Teste 02 – Execução em 01/07/2021

O relatório de sensibilidade do teste 02 é exibido na Figura 38. O valor da atividade 01 PP não foi alterado, valor estabelecido anteriormente em 0,088, o resultado da função objetivo está em de 92%. Dessa forma, o mês de abril de 2020 continua apresentando o melhor desempenho da análise histórica.

Figura 38: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 02

Relatório de respostas

Resultado: O Solver encontrou uma solução. Todas as Restrições e condições de adequação foram satisfeitas

Mecanismo do Solver

Mecanismo: LP Simplex

Tempo da Solução: 0,344 Segundos.

Iterações: 1 Subproblemas: 0

Célula do Objetivo (Máx.)

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
\$AB\$30	Resultado da função objetivo	92%	92%

Células Variáveis

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
\$C\$6	TMA Atividade 01 PP	0,088	0,088	Conting.

Restrições

Célula	Nome	Valor da Célula	Fórmula	Status	Margem de Atraso
\$Z\$10	Ocupação Jun/2020	99,3%	\$Z\$10<=1	Não-associação	0,006604454
\$Z\$11	Ocupação Jul/2020	97,9%	\$Z\$11<=1	Não-associação	0,021039787
\$Z\$12	Ocupação Ago/2020	98,2%	\$Z\$12<=1	Não-associação	0,017994557
\$Z\$13	Ocupação Set/2020	85,4%	\$Z\$13<=1	Não-associação	0,145593776
\$Z\$14	Ocupação Out/2020	79,3%	\$Z\$14<=1	Não-associação	0,20658622
\$Z\$15	Ocupação Nov/2020	82,1%	\$Z\$15<=1	Não-associação	0,17948934
\$Z\$16	Ocupação Dez/2020	94,8%	\$Z\$16<=1	Não-associação	0,05239436
\$Z\$17	Ocupação Jan/2021	81,2%	\$Z\$17<=1	Não-associação	0,187611155
\$Z\$18	Ocupação Fev/2021	76,8%	\$Z\$18<=1	Não-associação	0,232465002
\$Z\$19	Ocupação Mar/2021	91,9%	\$Z\$19<=1	Não-associação	0,080759698
\$Z\$20	Ocupação Abr/2021	92,3%	\$Z\$20<=1	Não-associação	0,077410497
\$Z\$21	Ocupação Mai/2021	93,2%	\$Z\$21<=1	Não-associação	0,067655564
\$Z\$22	Ocupação Jun/2021	90,8%	\$Z\$22<=1	Não-associação	0,092179919
\$Z\$23	Ocupação Jul/2021	99,3%	\$Z\$23<=1	Não-associação	0,006675425
\$Z\$5	Ocupação Jan/2020	87,7%	\$Z\$5<=1	Não-associação	0,122571152
\$Z\$6	Ocupação Fev/2020	95,0%	\$Z\$6<=1	Não-associação	0,050050907
\$Z\$7	Ocupação Mar/2020	98,7%	\$Z\$7<=1	Não-associação	0,012923275
\$Z\$8	Ocupação Abr/2020	100,0%	\$Z\$8<=1	Associação	0
\$Z\$9	Ocupação Mai/2020	97,9%	\$Z\$9<=1	Não-associação	0,021244957

Fonte: Resultado da pesquisa.

A tabela de resultados do teste 02 está representada na Figura 39. Daí, é possível verificar que com os padrões atuais a previsão de ocupação do mês seguinte é de 105,2%, o que



indica possibilidade de sobrecarga na operação. Para o mês seguinte, foi mantida a locação dos FTEs mesmo com o risco de sobrecarga por não haver possibilidade de aumento dos FTEs disponíveis para o mês em análise.

Figura 39: Resultado do teste 02

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2533	87,7%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2247	95,0%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2866	98,7%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2640	100,0%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2223	97,9%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2885	99,3%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2972	97,9%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2722	98,2%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2368	85,4%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2199	79,3%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2161	82,1%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2764	94,8%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	2127	81,2%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1821	76,8%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2608	91,9%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2433	92,3%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2586	93,2%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2613	90,8%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2718	99,3%	Real	1,6%	Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	3055	105,2%	Previsto		
set/21	22,0	22,0	0,0	2319	83,5%	Previsto		
out/21	22,1	22,1	0,0	2110	79,4%	Previsto		
nov/21	22,1	22,1	0,0	2151	81,2%	Previsto		
dez/21	22,0	22,0	0,0	2413	79,5%	Previsto		
Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)							92%	
Total de Redução FTEs							0,0	
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)							R\$ 0,00	

Fonte: Resultado da pesquisa.

Por fim, a Figura 40 esboça o resultado do teste 02 e a decisão de alocação para o mês seguinte, com a ação de manter a alocação de todos os FTEs disponíveis.

Figura 40: Decisão de alocação do teste 02

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2533	87,7%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2247	95,0%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2866	98,7%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2640	100,0%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2223	97,9%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2885	99,3%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2972	97,9%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2722	98,2%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2368	85,4%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2199	79,3%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2161	82,1%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2764	94,8%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	2127	81,2%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1821	76,8%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2608	91,9%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2433	92,3%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2586	93,2%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2613	90,8%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2718	99,3%	Real	1,6%	Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	3055	105,2%	Previsto		Manter alocação
set/21	22,0	22,0	0,0	2319	83,5%	Previsto		
out/21	22,1	22,1	0,0	2110	79,4%	Previsto		
nov/21	22,1	22,1	0,0	2151	81,2%	Previsto		
dez/21	22,0	22,0	0,0	2413	79,5%	Previsto		
Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)							92%	
Total de Redução FTEs							0,0	
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)							R\$ 0,00	

Fonte: Resultado da pesquisa.

### Teste 03 – Execução em 02/08/2021

O relatório de sensibilidade do teste 02 está compreendido na Figura 41. O valor da atividade 01 PP foi modificado de 0,088 para 0,085, redução de 3%, e o resultado da função objetivo está em de 89%. O mês de abril de 2020 deixa de ser o melhor desempenho pelos resultados do mês de agosto de 2021.

Figura 41: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 03

**Relatório de respostas**

**Resultado:** O Solver encontrou uma solução. Todas as Restrições e condições de adequação foram satisfeitas

**Mecanismo do Solver**

Mecanismo: LP Simplex

Tempo da Solução: 0,344 Segundos.

Iterações: 1 Subproblemas: 0

**Célula do Objetivo (Máx.)**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
\$AB\$30	Resultado da função objetivo	92%	89%

**Células Variáveis**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
\$C\$6	TMA Atividade 01 PP	0,088	0,085	Conting.

**Restrições**

Célula	Nome	Valor da Célula	Fórmula	Status	Margem de Atraso
\$Z\$10	Ocupação Jun/2020	96,3%	\$Z\$10<=1	Não-associação	0,037087573
\$Z\$11	Ocupação Jul/2020	94,9%	\$Z\$11<=1	Não-associação	0,051079947
\$Z\$12	Ocupação Ago/2020	95,2%	\$Z\$12<=1	Não-associação	0,048128162
\$Z\$13	Ocupação Set/2020	82,8%	\$Z\$13<=1	Não-associação	0,171811899
\$Z\$14	Ocupação Out/2020	76,9%	\$Z\$14<=1	Não-associação	0,230932742
\$Z\$15	Ocupação Nov/2020	79,5%	\$Z\$15<=1	Não-associação	0,204667352
\$Z\$16	Ocupação Dez/2020	91,9%	\$Z\$16<=1	Não-associação	0,081472387
\$Z\$17	Ocupação Jan/2021	78,7%	\$Z\$17<=1	Não-associação	0,212539942
\$Z\$18	Ocupação Fev/2021	74,4%	\$Z\$18<=1	Não-associação	0,256017413
\$Z\$19	Ocupação Mar/2021	89,1%	\$Z\$19<=1	Não-associação	0,108967306
\$Z\$20	Ocupação Abr/2021	89,4%	\$Z\$20<=1	Não-associação	0,105720877
\$Z\$21	Ocupação Mai/2021	90,4%	\$Z\$21<=1	Não-associação	0,096265282
\$Z\$22	Ocupação Jun/2021	88,0%	\$Z\$22<=1	Não-associação	0,120037088
\$Z\$23	Ocupação Jul/2021	96,3%	\$Z\$23<=1	Não-associação	0,037156367
\$Z\$24	Ocupação Ago/2021	100,0%	\$Z\$24<=1	Associação	0
\$Z\$5	Ocupação Jan/2020	85,1%	\$Z\$5<=1	Não-associação	0,149495743
\$Z\$6	Ocupação Fev/2020	92,1%	\$Z\$6<=1	Não-associação	0,079200838
\$Z\$7	Ocupação Mar/2020	95,7%	\$Z\$7<=1	Não-associação	0,043212497
\$Z\$8	Ocupação Abr/2020	96,9%	\$Z\$8<=1	Não-associação	0,030685782
\$Z\$9	Ocupação Mai/2020	94,9%	\$Z\$9<=1	Não-associação	0,051278821

Fonte: Resultado da pesquisa.

A tabela de resultados do teste 03 está demonstrada na Figura 42. Logo, é possível observar que com os novos parâmetros de TMA a previsão de ocupação do próximo mês é de 80,1%, o que aponta a possibilidade de ociosidade caso todos os FTEs disponíveis sejam alocados na operação.

Figura 42: Resultado do teste 03

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2455	85,1%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2178	92,1%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2779	95,7%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2559	96,9%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2155	94,9%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2796	96,3%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2881	94,9%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2639	95,2%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2296	82,8%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2132	76,9%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2095	79,5%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2679	91,9%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	2062	78,7%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1765	74,4%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2528	89,1%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2359	89,4%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2506	90,4%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2533	88,0%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2635	96,3%	Real	1,6%	Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	2904	100,0%	Real	1,8%	Manter alocação
set/21	22,0	22,0	0,0	2225	80,1%	Previsto		
out/21	22,1	22,1	0,0	2088	78,6%	Previsto		
nov/21	22,1	22,1	0,0	2021	76,4%	Previsto		
dez/21	22,0	22,0	0,0	2246	74,0%	Previsto		

Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)	89%
Total de Redução FTEs	0,0
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)	R\$ 0,00

Fonte: Resultado da pesquisa.

Diante dos resultados do teste 03 e previsão para o mês seguinte, foram alocados para o próximo mês 18,6 FTEs dos 22 disponíveis, redução de 3,5 FTEs. Dessa forma, a ocupação para o próximo mês subiu de 80,1% para 95%. Os FTEs não utilizados na operação foram realocados em projetos pontuais e outras operações, o custo evitado na operação com a realocação é de R\$ 76.287,62. Resultados disponíveis na Figura 43.



Figura 43: Decisão de alocação do teste 03

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2455	85,1%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2178	92,1%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2779	95,7%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2559	96,9%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2155	94,9%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2796	96,3%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2881	94,9%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2639	95,2%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2296	82,8%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2132	76,9%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2095	79,5%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2679	91,9%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	2062	78,7%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1765	74,4%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2528	89,1%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2359	89,4%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2506	90,4%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2533	88,0%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2635	96,3%	Real	1,6%	Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	2904	100,0%	Real	1,8%	Manter alocação
set/21	22,0	18,6	3,5	2225	95,0%	Previsto		Reduzir alocação
out/21	22,1	22,1	0,0	2088	78,6%	Previsto		
nov/21	22,1	22,1	0,0	2021	76,4%	Previsto		
dez/21	22,0	22,0	0,0	2246	74,0%	Previsto		

Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)	89%
Total de Redução FTEs	3,5
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)	R\$ 76.287,62

Fonte: Resultado da pesquisa.

#### Teste 04 – Execução em 01/09/2021

O teste 04 não alterou os padrões de TMA nem o valor da função objetivo. Desse modo, o mês de agosto de 2021 se mantém como referência de melhor desempenho no período histórico avaliado. O relatório de sensibilidade do teste 04 está representado na Figura 44.

Figura 44: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 04

**Relatório de respostas**

**Resultado:** O Solver encontrou uma solução. Todas as Restrições e condições de adequação foram satisfeitas

**Mecanismo do Solver**

Mecanismo: LP Simplex

Tempo da Solução: 0,328 Segundos.

Iterações: 1 Subproblemas: 0

**Célula do Objetivo (Máx.)**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
\$B\$30	Resultado da função objetivo	90%	90%

**Células Variáveis**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
\$C\$6	TMA Atividade 01 PP	0,085	0,085	Conting.

**Restrições**

Célula	Nome	Valor da Célula	Fórmula	Status	Margem de Atraso
\$Z\$10	Ocupação Jun/2020	96,3%	\$Z\$10<=1	Não-associação	0,037087573
\$Z\$11	Ocupação Jul/2020	94,9%	\$Z\$11<=1	Não-associação	0,051079947
\$Z\$12	Ocupação Ago/2020	95,2%	\$Z\$12<=1	Não-associação	0,048128162
\$Z\$13	Ocupação Set/2020	82,8%	\$Z\$13<=1	Não-associação	0,171811899
\$Z\$14	Ocupação Out/2020	76,9%	\$Z\$14<=1	Não-associação	0,230932742
\$Z\$15	Ocupação Nov/2020	79,5%	\$Z\$15<=1	Não-associação	0,204667352
\$Z\$16	Ocupação Dez/2020	91,9%	\$Z\$16<=1	Não-associação	0,081472387
\$Z\$17	Ocupação Jan/2021	78,7%	\$Z\$17<=1	Não-associação	0,212539942
\$Z\$18	Ocupação Fev/2021	74,4%	\$Z\$18<=1	Não-associação	0,256017413
\$Z\$19	Ocupação Mar/2021	89,1%	\$Z\$19<=1	Não-associação	0,108967306
\$Z\$20	Ocupação Abr/2021	89,4%	\$Z\$20<=1	Não-associação	0,105720877
\$Z\$21	Ocupação Mai/2021	90,4%	\$Z\$21<=1	Não-associação	0,096265282
\$Z\$22	Ocupação Jun/2021	88,0%	\$Z\$22<=1	Não-associação	0,120037088
\$Z\$23	Ocupação Jul/2021	96,3%	\$Z\$23<=1	Não-associação	0,037156367
\$Z\$24	Ocupação Ago/2021	100,0%	\$Z\$24<=1	Associação	0
\$Z\$25	Ocupação Set/2021	95,0%	\$Z\$25<=1	Não-associação	0,049623781
\$Z\$5	Ocupação Jan/2020	85,1%	\$Z\$5<=1	Não-associação	0,149495743
\$Z\$6	Ocupação Fev/2020	92,1%	\$Z\$6<=1	Não-associação	0,079200838
\$Z\$7	Ocupação Mar/2020	95,7%	\$Z\$7<=1	Não-associação	0,043212497
\$Z\$8	Ocupação Abr/2020	96,9%	\$Z\$8<=1	Não-associação	0,030685782
\$Z\$9	Ocupação Mai/2020	94,9%	\$Z\$9<=1	Não-associação	0,051278821

Fonte: Resultado da pesquisa.

Com os atuais parâmetros, a previsão da ocupação de capacidade para o mês subsequente é de 77%, com necessidade de realocação de FTEs para reduzir a chance de ociosidade para o mês. A tabela de resultados do teste 04 está exposta na Figura 45.

Figura 45: Resultado do teste 04

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2455	85,1%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2178	92,1%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2779	95,7%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2559	96,9%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2155	94,9%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2796	96,3%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2881	94,9%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2639	95,2%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2296	82,8%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2132	76,9%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2095	79,5%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2679	91,9%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	2062	78,7%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1765	74,4%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2528	89,1%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2359	89,4%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2506	90,4%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2533	88,0%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2635	96,3%	Real	1,6%	Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	2904	100,0%	Real	1,8%	Manter alocação
set/21	22,0	18,6	3,5	2225	95,0%	Real	1,5%	Reduzir alocação
out/21	22,1	22,1	0,0	2045	77,0%	Previsto		
nov/21	22,1	22,1	0,0	2127	80,3%	Previsto		
dez/21	22,0	22,0	0,0	2408	79,3%	Previsto		
Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)							90%	
Total de Redução FTEs							3,5	
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)							R\$ 76.287,62	

Fonte: Resultado da pesquisa.

Com os resultados do teste 04 e previsão de ociosidade no próximo mês, houve a realocação de 3,6 FTEs em outras demandas, com alteração na ocupação do mês posterior de 77% para 92,1%. Portanto, não foi possível a realocação até o nível de ocupação de 95% dado que, para o mês em questão, não foram encontradas alternativas de realocação suficientes. O custo evitado acumulado na operação é de R\$ 156.404,29. Resultados apresentados na Figura 46.

Figura 46: Decisão de alocação do teste 04

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2455	85,1%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2178	92,1%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2779	95,7%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2559	96,9%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2155	94,9%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2796	96,3%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2881	94,9%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2639	95,2%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2296	82,8%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2132	76,9%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2095	79,5%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2679	91,9%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	2062	78,7%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1765	74,4%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2528	89,1%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2359	89,4%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2506	90,4%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2533	88,0%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2635	96,3%	Real	1,6%	Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	2904	100,0%	Real	1,8%	Manter alocação
set/21	22,0	18,6	3,5	2225	95,0%	Real	1,5%	Reduzir alocação
out/21	22,1	18,5	3,6	2045	92,1%	Previsto		Reduzir alocação
nov/21	22,1	22,1	0,0	2127	80,3%	Previsto		
dez/21	22,0	22,0	0,0	2408	79,3%	Previsto		
Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)							90%	
Total de Redução FTEs							7,1	
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)							R\$ 156.404,29	

Fonte: Resultado da pesquisa.

#### Teste 05 – Execução em 01/10/2021

Não ocorreu alteração de padrões de TMAs no teste 05 com a função objetivo mantida em 90%. Agosto de 2021 continua sendo a referência de melhor desempenho do histórico. A Figura 47 exhibe o relatório de sensibilidade do teste 05.



Figura 47: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 05

**Relatório de respostas**  
**Resultado:** O Solver encontrou uma solução. Todas as Restrições e condições de adequação foram satisfeitas  
**Mecanismo do Solver**  
 Mecanismo: LP Simplex  
 Tempo da Solução: 0,328 Segundos.  
 Iterações: 1 Subproblemas: 0

**Célula do Objetivo (Máx.)**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
\$AB\$30	Resultado da função objetivo	90%	90%

**Células Variáveis**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
\$C\$6	TMA Atividade 01 PP	0,085	0,085	Conting.

**Restrições**

Célula	Nome	Valor da Célula	Fórmula	Status	Margem de Atraso
\$Z\$10	Ocupação Jun/2020	96,3%	\$Z\$10<=1	Não-associação	0,037087573
\$Z\$11	Ocupação Jul/2020	94,9%	\$Z\$11<=1	Não-associação	0,051079947
\$Z\$12	Ocupação Ago/2020	95,2%	\$Z\$12<=1	Não-associação	0,048128162
\$Z\$13	Ocupação Set/2020	82,8%	\$Z\$13<=1	Não-associação	0,171811899
\$Z\$14	Ocupação Out/2020	76,9%	\$Z\$14<=1	Não-associação	0,230932742
\$Z\$15	Ocupação Nov/2020	79,5%	\$Z\$15<=1	Não-associação	0,204667352
\$Z\$16	Ocupação Dez/2020	91,9%	\$Z\$16<=1	Não-associação	0,081472387
\$Z\$17	Ocupação Jan/2021	78,7%	\$Z\$17<=1	Não-associação	0,212539942
\$Z\$18	Ocupação Fev/2021	74,4%	\$Z\$18<=1	Não-associação	0,256017413
\$Z\$19	Ocupação Mar/2021	89,1%	\$Z\$19<=1	Não-associação	0,108967306
\$Z\$20	Ocupação Abr/2021	89,4%	\$Z\$20<=1	Não-associação	0,105720877
\$Z\$21	Ocupação Mai/2021	90,4%	\$Z\$21<=1	Não-associação	0,096265282
\$Z\$22	Ocupação Jun/2021	88,0%	\$Z\$22<=1	Não-associação	0,120037088
\$Z\$23	Ocupação Jul/2021	96,3%	\$Z\$23<=1	Não-associação	0,037156367
\$Z\$24	Ocupação Ago/2021	100,0%	\$Z\$24<=1	Associação	0
\$Z\$25	Ocupação Set/2021	95,0%	\$Z\$25<=1	Não-associação	0,049623781
\$Z\$26	Ocupação Out/2021	95,0%	\$Z\$26<=1	Não-associação	0,050061515
\$Z\$5	Ocupação Jan/2020	85,1%	\$Z\$5<=1	Não-associação	0,149495743
\$Z\$6	Ocupação Fev/2020	92,1%	\$Z\$6<=1	Não-associação	0,079200838
\$Z\$7	Ocupação Mar/2020	95,7%	\$Z\$7<=1	Não-associação	0,043212497
\$Z\$8	Ocupação Abr/2020	96,9%	\$Z\$8<=1	Não-associação	0,030685782
\$Z\$9	Ocupação Mai/2020	94,9%	\$Z\$9<=1	Não-associação	0,051278821

Fonte: Resultado da pesquisa.

A última ocupação real, outubro de 2021, atingiu 95% de ocupação com 1,4% de índice de atraso por sobrecarga de capacidade. Com isso, a previsão da ocupação de capacidade para o próximo mês é de 77,2%, mês com a possibilidade de redução na alocação de FTEs disponíveis. Os resultados do teste 05 são mostrados na Figura 48.

Figura 48: Resultado do teste 05

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2455	85,1%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2178	92,1%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2779	95,7%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2559	96,9%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2155	94,9%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2796	96,3%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2881	94,9%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2639	95,2%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2296	82,8%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2132	76,9%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2095	79,5%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2679	91,9%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	2062	78,7%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1765	74,4%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2528	89,1%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2359	89,4%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2506	90,4%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2533	88,0%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2635	96,3%	Real	1,6%	Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	2904	100,0%	Real	1,8%	Manter alocação
set/21	22,0	18,6	3,5	2225	95,0%	Real	1,5%	Reduzir alocação
out/21	22,1	18,5	3,6	2109	95,0%	Real	1,4%	Reduzir alocação
nov/21	22,1	22,1	0,0	2042	77,2%	Previsto		
dez/21	22,0	22,0	0,0	2338	77,0%	Previsto		

Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)	90%
Total de Redução FTEs	7,1
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)	R\$ 156.404,29

Fonte: Resultado da pesquisa.

Em decorrência da previsão de ociosidade no mês posterior, foram realocados 4,3 FTEs, o que eleva a ocupação de capacidade do mês de 77,2% para 95,9%. A realocação acima de 95% foi necessária devido a aumento de demanda em área parceira. O custo evitado acumulado alcançou R\$ 251.407,62 com a ação de realocação de FTEs. Resultados exibidos na Figura 49.

Figura 49: Decisão de alocação do teste 05

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2455	85,1%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2178	92,1%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2779	95,7%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2559	96,9%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2155	94,9%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2796	96,3%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2881	94,9%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2639	95,2%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2296	82,8%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2132	76,9%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2095	79,5%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2679	91,9%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	2062	78,7%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1765	74,4%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2528	89,1%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2359	89,4%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2506	90,4%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2533	88,0%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2635	96,3%	Real	1,6%	Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	2904	100,0%	Real	1,8%	Manter alocação
set/21	22,0	18,6	3,5	2225	95,0%	Real	1,5%	Reduzir alocação
out/21	22,1	18,5	3,6	2109	95,0%	Real	1,4%	Reduzir alocação
nov/21	22,1	17,7	4,3	2042	95,9%	Previsto		Reduzir alocação
dez/21	22,0	22,0	0,0	2338	77,0%	Previsto		

Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)	90%
Total de Redução FTEs	11,4
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)	R\$ 251.407,62

Fonte: Resultado da pesquisa.

#### Teste 06 – Execução em 03/11/2021

O relatório de sensibilidade do teste 06 é observado na Figura 50. O padrão da atividade 01 PP foi alterado de 0,085 para 0,083, redução de 2,4%. A função objetivo foi redefinida para 88%. O mês de novembro de 2021 passa a ser a referência de desempenho do modelo.

Figura 50: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 06

**Relatório de respostas**

**Resultado:** O Solver encontrou uma solução. Todas as Restrições e condições de adequação foram satisfeita

**Mecanismo do Solver**

Mecanismo: LP Simplex

Tempo da Solução: 0,312 Segundos.

Iterações: 1 Subproblemas: 0

**Célula do Objetivo (Máx.)**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
\$A\$30	Resultado da função objetivo	90%	88%

**Células Variáveis**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
\$C\$6	TMA Atividade 01 PP	0,085	0,083	Conting.

**Restrições**

Célula	Nome	Valor da Célula	Fórmula	Status	Margem de Atraso
\$Z\$10	Ocupação Jun/2020	93,6%	\$Z\$10<=1	Não-associação	0,063951375
\$Z\$11	Ocupação Jul/2020	92,2%	\$Z\$11<=1	Não-associação	0,077553382
\$Z\$12	Ocupação Ago/2020	92,5%	\$Z\$12<=1	Não-associação	0,074683948
\$Z\$13	Ocupação Set/2020	80,5%	\$Z\$13<=1	Não-associação	0,194917096
\$Z\$14	Ocupação Out/2020	74,8%	\$Z\$14<=1	Não-associação	0,252388556
\$Z\$15	Ocupação Nov/2020	77,3%	\$Z\$15<=1	Não-associação	0,226855931
\$Z\$16	Ocupação Dez/2020	89,3%	\$Z\$16<=1	Não-associação	0,107097919
\$Z\$17	Ocupação Jan/2021	76,5%	\$Z\$17<=1	Não-associação	0,234508888
\$Z\$18	Ocupação Fev/2021	72,3%	\$Z\$18<=1	Não-associação	0,276773403
\$Z\$19	Ocupação Mar/2021	86,6%	\$Z\$19<=1	Não-associação	0,133825772
\$Z\$20	Ocupação Abr/2021	86,9%	\$Z\$20<=1	Não-associação	0,130669913
\$Z\$21	Ocupação Mai/2021	87,9%	\$Z\$21<=1	Não-associação	0,121478115
\$Z\$22	Ocupação Jun/2021	85,5%	\$Z\$22<=1	Não-associação	0,144586723
\$Z\$23	Ocupação Jul/2021	93,6%	\$Z\$23<=1	Não-associação	0,064018249
\$Z\$24	Ocupação Ago/2021	97,2%	\$Z\$24<=1	Não-associação	0,027898489
\$Z\$25	Ocupação Set/2021	92,4%	\$Z\$25<=1	Não-associação	0,076137841
\$Z\$26	Ocupação Out/2021	89,5%	\$Z\$26<=1	Não-associação	0,104546292
\$Z\$27	Ocupação Nov/2021	100,0%	\$Z\$27<=1	Associação	0
\$Z\$5	Ocupação Jan/2020	82,7%	\$Z\$5<=1	Não-associação	0,173223526
\$Z\$6	Ocupação Fev/2020	89,5%	\$Z\$6<=1	Não-associação	0,104889743
\$Z\$7	Ocupação Mar/2020	93,0%	\$Z\$7<=1	Não-associação	0,069905422
\$Z\$8	Ocupação Abr/2020	94,2%	\$Z\$8<=1	Não-associação	0,057728184
\$Z\$9	Ocupação Mai/2020	92,2%	\$Z\$9<=1	Não-associação	0,077746708

Fonte: Resultado da pesquisa.

A tabela de resultados do teste 06, disponível na Figura 51, mostra que o próximo mês possui ocupação de capacidade prevista de 71,2%, com esse resultado a ação de alocação de FTEs para o mês seguinte é de redução.



Figura 51: Resultado do teste 06

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2386	82,7%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2117	89,5%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2701	93,0%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2488	94,2%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2095	92,2%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2718	93,6%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2801	92,2%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2565	92,5%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2232	80,5%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2072	74,8%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2036	77,3%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2604	89,3%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	2004	76,5%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1715	72,3%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2458	86,6%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2293	86,9%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2436	87,9%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2462	85,5%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2561	93,6%	Real	1,6%	Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	2823	97,2%	Real	1,8%	Manter alocação
set/21	22,0	18,6	3,5	2163	92,4%	Real	1,5%	Reduzir alocação
out/21	22,1	18,5	3,6	1988	89,5%	Real	1,4%	Reduzir alocação
nov/21	22,1	17,7	4,3	2129	100,0%	Real	1,9%	Reduzir alocação
dez/21	22,0	22,0	0,0	2161	71,2%	Previsto		
Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)							88%	
Total de Redução FTEs							11,4	
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)							R\$ 251.407,62	

Fonte: Resultado da pesquisa.

Para o ajuste da ocupação de capacidade em 95% foram realocados 5,5 FTEs, ação que eleva o custo evitado para R\$372.627,62. Representação na Figura 52.

Figura 52: Decisão de alocação do teste 06

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2386	82,7%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2117	89,5%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2701	93,0%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2488	94,2%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2095	92,2%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2718	93,6%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2801	92,2%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2565	92,5%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2232	80,5%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2072	74,8%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2036	77,3%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2604	89,3%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	2004	76,5%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1715	72,3%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2458	86,6%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2293	86,9%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2436	87,9%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2462	85,5%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2561	93,6%	Real	1,6%	Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	2823	97,2%	Real	1,8%	Manter alocação
set/21	22,0	18,6	3,5	2163	92,4%	Real	1,5%	Reduzir alocação
out/21	22,1	18,5	3,6	1988	89,5%	Real	1,4%	Reduzir alocação
nov/21	22,1	17,7	4,3	2129	100,0%	Real	1,9%	Reduzir alocação
dez/21	22,0	16,5	5,5	2161	95,0%	Previsto		Reduzir alocação
Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)							88%	
Total de Redução FTEs							16,9	
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)							R\$ 372.627,62	

Fonte: Resultado da pesquisa.

#### Teste 07 – Execução em 01/12/2021

O último teste, de número 07, fecha o ciclo de aplicação do artefato. O valor da atividade 01 PP de 0,083 foi substituído por 0,082, redução de 1,2%. O resultado da função objetivo atual é de 87% com o melhor desempenho no mês de dezembro de 2021. O relatório de sensibilidade do teste 07 está evidenciado na Figura 53.

Figura 53: Relatório de sensibilidade do solver - Teste 07

**Relatório de respostas**

Resultado: O Solver encontrou uma solução. Todas as Restrições e condições de adequação foram satisfeita

**Mecanismo do Solver**

Mecanismo: LP Simplex

Tempo da Solução: 0,328 Segundos.

Iterações: 1 Subproblemas: 0

**Célula do Objetivo (Máx.)**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
\$AB\$30	Resultado da função objetivo	88%	87%

**Células Variáveis**

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
\$C\$6	TMA Atividade 01 PP	0,083	0,082	Conting.

**Restrições**

Célula	Nome	Valor da Célula	Fórmula	Status	Margem de Atraso
\$Z\$10	Ocupação Jun/2020	92,8%	\$Z\$10<=1	Não-associação	0,072157604
\$Z\$11	Ocupação Jul/2020	91,4%	\$Z\$11<=1	Não-associação	0,085640365
\$Z\$12	Ocupação Ago/2020	91,7%	\$Z\$12<=1	Não-associação	0,082796086
\$Z\$13	Ocupação Set/2020	79,8%	\$Z\$13<=1	Não-associação	0,201975164
\$Z\$14	Ocupação Out/2020	74,1%	\$Z\$14<=1	Não-associação	0,258942779
\$Z\$15	Ocupação Nov/2020	76,6%	\$Z\$15<=1	Não-associação	0,233633995
\$Z\$16	Ocupação Dez/2020	88,9%	\$Z\$16<=1	Não-associação	0,114925888
\$Z\$17	Ocupação Jan/2021	75,9%	\$Z\$17<=1	Não-associação	0,24121986
\$Z\$18	Ocupação Fev/2021	71,7%	\$Z\$18<=1	Não-associação	0,283113847
\$Z\$19	Ocupação Mar/2021	85,9%	\$Z\$19<=1	Não-associação	0,141419421
\$Z\$20	Ocupação Abr/2021	86,2%	\$Z\$20<=1	Não-associação	0,138291229
\$Z\$21	Ocupação Mai/2021	87,1%	\$Z\$21<=1	Não-associação	0,129180015
\$Z\$22	Ocupação Jun/2021	84,8%	\$Z\$22<=1	Não-associação	0,152086032
\$Z\$23	Ocupação Jul/2021	92,8%	\$Z\$23<=1	Não-associação	0,072223892
\$Z\$24	Ocupação Ago/2021	96,4%	\$Z\$24<=1	Não-associação	0,03642079
\$Z\$25	Ocupação Set/2021	91,6%	\$Z\$25<=1	Não-associação	0,084237234
\$Z\$26	Ocupação Out/2021	89,7%	\$Z\$26<=1	Não-associação	0,103150762
\$Z\$27	Ocupação Nov/2021	95,3%	\$Z\$27<=1	Não-associação	0,046891234
\$Z\$28	Ocupação Dez/2021	100,0%	\$Z\$28<=1	Associação	0
\$Z\$5	Ocupação Jan/2020	82,0%	\$Z\$5<=1	Não-associação	0,180471779
\$Z\$6	Ocupação Fev/2020	88,7%	\$Z\$6<=1	Não-associação	0,112737071
\$Z\$7	Ocupação Mar/2020	92,2%	\$Z\$7<=1	Não-associação	0,078059453
\$Z\$8	Ocupação Abr/2020	98,4%	\$Z\$8<=1	Não-associação	0,065988972
\$Z\$9	Ocupação Mai/2020	91,4%	\$Z\$9<=1	Não-associação	0,085831995

Fonte: Resultado da pesquisa.

A tabela de resultados do teste 07 está exibida na Figura 54.

Figura 54: Resultado do teste 07

Período	FTEs Disponíveis	FTEs Alocados	Redução FTEs	Horas ocupadas	Ocupação	Tipo	Índice de atrasos (Motivo Capacidade)	Ação M+1
jan/20	21,9	21,9	0,0	2365	82,0%	Real	N/D	
fev/20	21,9	21,9	0,0	2099	88,7%	Real	N/D	
mar/20	22,0	22,0	0,0	2677	92,2%	Real	N/D	
abr/20	22,0	22,0	0,0	2466	93,4%	Real	1,7%	
mai/20	22,3	22,3	0,0	2076	91,4%	Real	1,5%	
jun/20	22,0	22,0	0,0	2694	92,8%	Real	1,9%	
jul/20	22,0	22,0	0,0	2776	91,4%	Real	1,8%	
ago/20	22,0	22,0	0,0	2542	91,7%	Real	1,7%	
set/20	22,0	22,0	0,0	2212	79,8%	Real	1,2%	
out/20	22,0	22,0	0,0	2054	74,1%	Real	0,7%	
nov/20	22,0	22,0	0,0	2019	76,6%	Real	1,1%	
dez/20	22,1	22,1	0,0	2582	88,5%	Real	1,3%	
jan/21	21,8	21,8	0,0	1986	75,9%	Real	1,3%	
fev/21	22,0	22,0	0,0	1700	71,7%	Real	1,6%	
mar/21	21,5	21,5	0,0	2436	85,9%	Real	1,3%	
abr/21	22,0	22,0	0,0	2273	86,2%	Real	1,3%	
mai/21	22,0	22,0	0,0	2415	87,1%	Real	1,4%	
jun/21	21,8	21,8	0,0	2441	84,8%	Real	1,8%	
jul/21	21,7	21,7	0,0	2539	92,8%	Real	1,6%	Manter alocação
ago/21	22,0	22,0	0,0	2798	96,4%	Real	1,8%	Manter alocação
set/21	22,0	18,6	3,5	2144	91,6%	Real	1,5%	Reduzir alocação
out/21	22,1	18,5	3,6	1991	89,7%	Real	1,4%	Reduzir alocação
nov/21	22,1	17,7	4,3	2029	95,3%	Real	1,9%	Reduzir alocação
dez/21	22,0	16,5	5,5	2276	100,0%	Real	1,8%	Reduzir alocação

Resultado da função objetivo - (Max. média de ocupação real)	87%
Total de Redução FTEs	16,9
Custo evitado aproximado (Salário médio e encargos)	R\$ 372.627,62

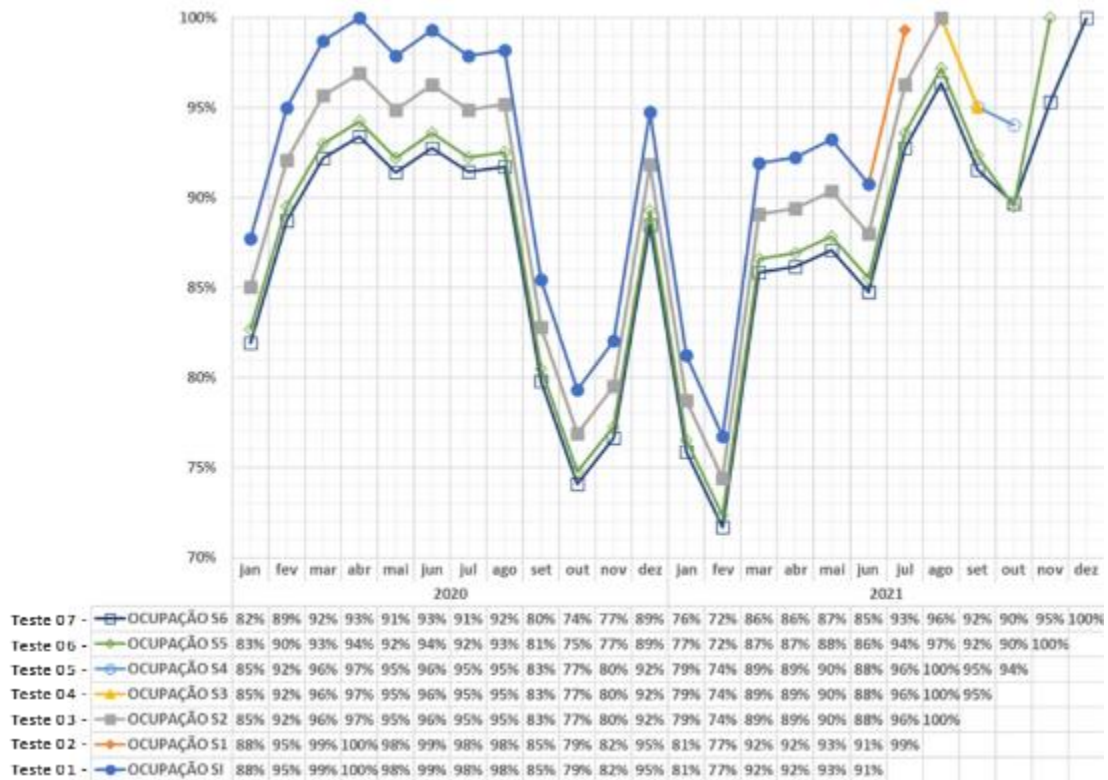
Fonte: Resultado da pesquisa.

### 3.4.2 Etapa 5 – Avaliação

A Figura 55 apresenta o resultado de todos os testes. Assim, é possível observar a evolução do modelo ao longo das experimentações. Utilizando o mês de janeiro de 2020 como exemplo de comparação, a ocupação passou de 88% no teste 01 para 82% no teste 07, que deixa claro a ociosidade oculta que foi ajustada ao longo dos testes.



Figura 55: Gráfico de ocupação dos testes realizados



Fonte: Resultado da pesquisa.

A Tabela 7 representa a evolução do padrão de TMA ao longo das experimentações, a redução entre o teste 01 e o teste 07 foi de 6,8%.

Tabela 7: Evolução do padrão de TMA

Nome	TMA Atividade 01 PP	Redução de TMA M-1
Teste 01	0,088	
Teste 02	0,088	0,0%
Teste 03	0,085	3,4%
Teste 04	0,085	0,0%
Teste 05	0,085	0,0%
Teste 06	0,083	2,4%
Teste 07	0,082	1,2%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A redução total de FTEs no período foi de 16,9, o custo total evitado de R\$ 372.627,62.

O artefato desenvolvido foi testado 7 vezes, para a avaliação dos resultados foram incorporadas duas métricas:

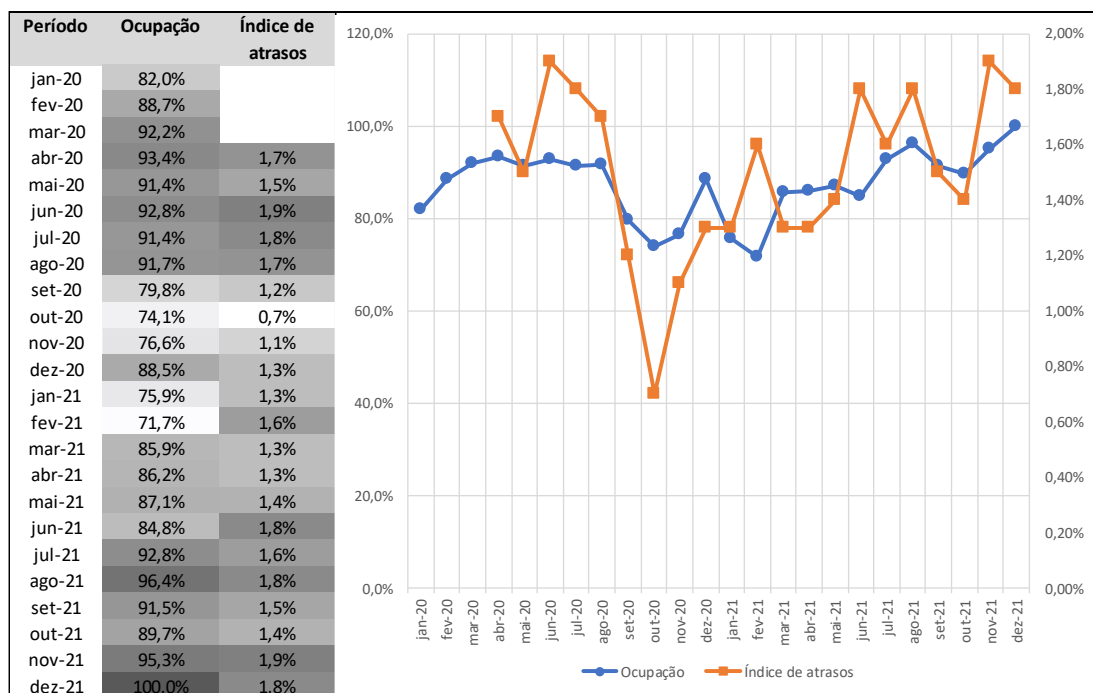
- índice de atrasos por capacidade – Índice iniciado em abril de 2020 que tem o objetivo de sinalizar a sobrecarga dos gestores;
- percepção de ociosidade – Pesquisa de percepção de ociosidade iniciada em janeiro de 2020 com o objetivo de avaliação da ociosidade dos gestores e validação dos resultados do artefato.

As métricas são analisadas em maior profundidade na sequência.

### Índice de atrasos

A área em questão dispõe de indicador de atrasos, com diversas possibilidades de motivos, como atraso por sobrecarga de capacidade, quando ocorre o atraso de alguma atividade o gestor é responsável por indicar a causa raiz. O índice aceitável para esse motivo é de 2%, no período analisado o índice não foi superior ao patamar acordado. A Figura 56 destaca o índice de atrasos e seu relacionamento com o índice de ocupação.

Figura 56: Índice de atrasos e índice de ocupação



Fonte: Elaborado pelo autor.

### Análise de percepção de ociosidade – Fundamentação teórica

A métrica de percepção de ociosidade foi desenvolvida com base na escala Likert, o conceito é abordado a seguir para fundamentação da ferramenta.

Nessa perspectiva, a escala Likert foi criada, conforme Joshi et al. (2015), diante da necessidade de quantificar o que não pode ser medido por meio de técnicas convencionais de medição. Transformar a subjetividade em objetividade, como por exemplo a quantificação de percepções, qualidades, perspectivas e opiniões, são possíveis por meio de ferramentas desenvolvidas com o objetivo de atender a essa necessidade. Nesse sentido, para Claveria (2021), a escala foi desenvolvida para medir as atitudes das pessoas e é a forma de abordagem mais comum para quantificar respostas em pesquisas de opinião.

Nessa esteira, Silva Júnior e Costa (2014) definem a escala de verificação de Likert como uma ferramenta que consiste na elaboração de um grupo de afirmações para as quais os respondentes da pesquisa manifestam seu grau de concordância. Por sua vez, Joshi et al. (2015), apontam que a escala Likert é frequentemente utilizada em pesquisas de diversas áreas, sendo uma das ferramentas psicométricas mais fundamentais.

Diante disso, dentre as características que tornam a escala Likert amplamente utilizada, segundo León-Mantero et al. (2020), estão a simplicidade e a homogeneidade do instrumento. Em decorrência da impossibilidade de mensurar diretamente fatores como atitudes e crenças, é comum a construção de variáveis que representam esses fatores e cálculos como somas ou médias dos resultados obtidos.

Dessa maneira, para a aplicação da escala Likert, Joshi et al. (2015) advertem que deve ser verificado se as opções de resposta são relacionadas para que seja possível gerar um índice para medir a aderência a afirmação exposta. Para isso, os autores elaboraram 4 pontos a serem considerados:

- a) as respostas estão organizadas de forma lógica?
- b) as respostas estão intimamente relacionadas, mas também fornecem algumas informações independentes e de diferenciação?
- c) existe elemento de coerência e/ou expectativa entre as respostas (a próxima resposta pode ser prevista, em certo ponto, baseada na resposta anterior)?
- d) cada item mede um elemento distinto?

À vista disso, Joshi et al. (2015) esclarecem que caso todos os quatro itens sejam atendidos, é possível a construção de índice para medir a associação do respondente frente ao fenômeno em estudo.

Além do mais, para a construção das respostas possíveis para a afirmativa da pesquisa, Claveria (2021) salienta que deve haver número limitado de opções de resposta, comumente estabelecido em cinco opções. Logo, Silva Júnior e Costa (2014) exemplificam a escala de medição de satisfação com um serviço, Figura 57.

Figura 57: Exemplo de escala Likert

<b>Estou satisfeito com o serviço recebido:</b>	
Discordo totalmente	1
Discordo parcialmente	2
Não concordo nem discordo	3
Concordo parcialmente	4
Concordo totalmente	5

Fonte: Adaptado de Silva Júnior e Costa (2014).

Silva Júnior e Costa (2014) colocam como observação que o respondente deve ser orientado a escolher o item de acordo com a sua concordância em relação a afirmação apresentada. Os autores apresentam como vantagem do emprego da escala Likert a facilidade no seu manuseio, visto que é simples a emissão de grau de concordância face uma afirmação de qualquer tipo.

Além disso, para a estimativa dos resultados, León-Mantero et al. (2020) propõem a soma das pontuações dos diferentes itens.

#### Análise de percepção de ociosidade – Aplicação

Foi desenvolvida pesquisa de questão única e aplicada aos gestores disponíveis que atuaram na operação no mês anterior. A questão a ser respondida pelos gestores foi: “Qual foi a frequência de períodos de ociosidade percebida na sua jornada de trabalho no mês anterior?”. As respostas possíveis para a pergunta apresentada foram:

- a) muito frequente;
- b) frequente;
- c) ocasionalmente;



- d) raramente;
- e) nunca.

A Tabela 8 contempla o volume de respostas por gestor, sendo que é possível somente uma resposta por mês por gestor.

Tabela 8: Percepção de ociosidade - Volume de respostas por gestor

Gestor	Respostas
Gestor 01	24
Gestor 02	23
Gestor 03	24
Gestor 04	24
Gestor 05	24
Gestor 06	23
Gestor 07	22
Gestor 08	23
Gestor 09	23
Gestor 10	15
Gestor 11	22
Gestor 12	18
Gestor 13	21
Gestor 14	19
Gestor 15	24
Gestor 16	24
Gestor 17	23
Gestor 18	23
Gestor 19	23
Gestor 20	24
Gestor 21	23
Gestor 22	20
Gestor 23	23
Gestor 24	13

Fonte: Resultado da pesquisa.

A Tabela 9 apresenta a quantidade de respostas obtidas por mês avaliado, no total foram obtidas 525 respostas.

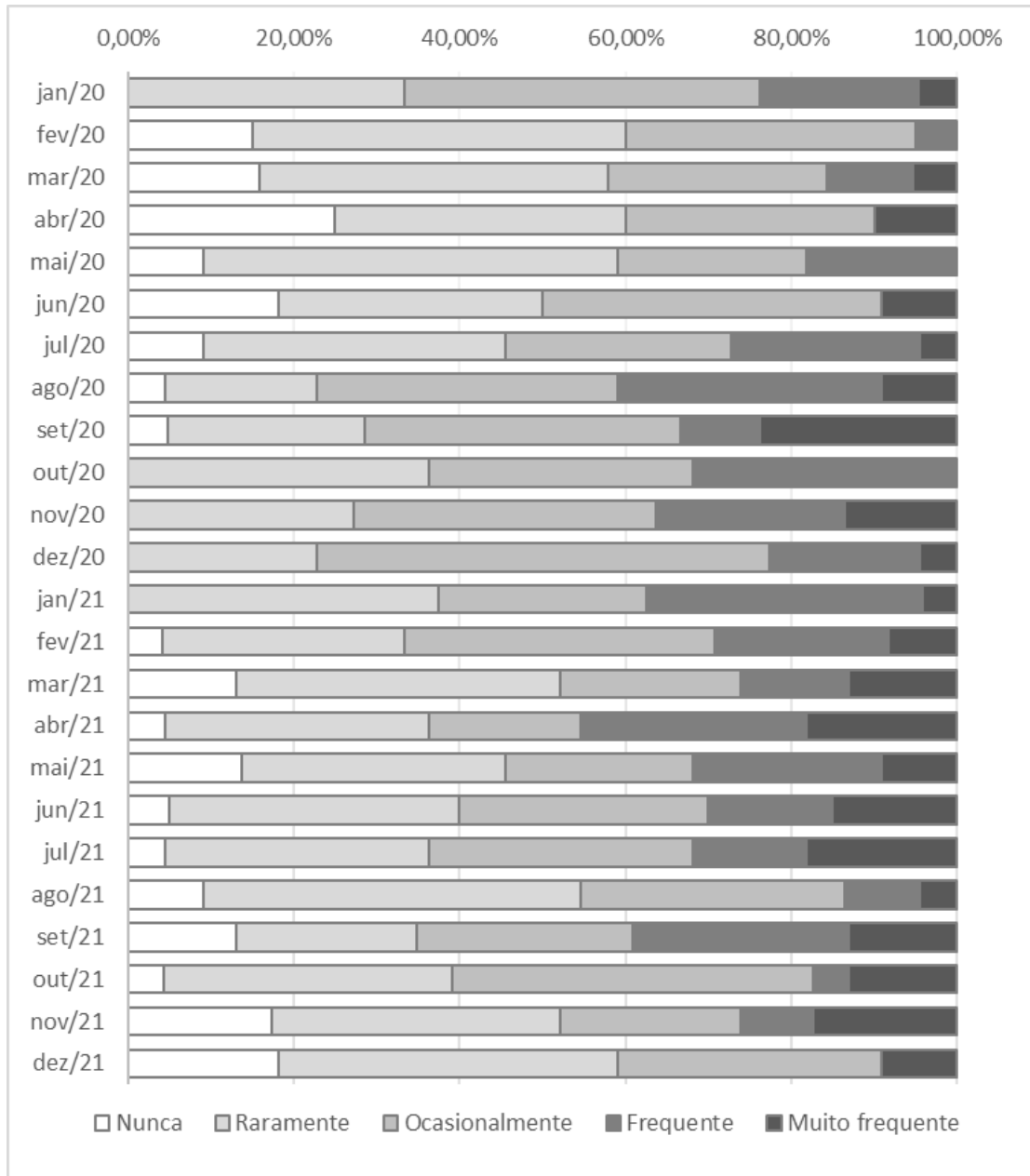
Tabela 9: Percepção de ociosidade - Volume de respostas por mês avaliado

Gestor	Respostas
janeiro/2020	21
fevereiro/2020	20
março/2020	19
abril/2020	20
maio/2020	22
junho/2020	22
julho/2020	22
agosto/2020	22
setembro/2020	21
outubro/2020	22
novembro/2020	22
dezembro/2020	22
janeiro/2021	24
fevereiro/2021	24
março/2021	23
abril/2021	22
maio/2021	22
junho/2021	20
julho/2021	22
agosto/2021	22
setembro/2021	23
outubro/2021	23
novembro/2021	23
dezembro/2021	22

Fonte: Resultado da pesquisa.

A Figura 58 exibe a representação gráfica da concentração de respostas por mês.

Figura 58: Percepção de ociosidade - Gráfico de concentração de respostas



Fonte: Resultado da pesquisa.

A Figura 59 apresenta as mesmas informações organizadas em tabelas com os percentuais de representatividade de cada resposta por mês.

Figura 59: Percepção de ociosidade - Concentração percentual de respostas

Período	Nunca	Raramente	Ocasionalmente	Frequente	Muito frequente
jan/20	0,00%	33,33%	42,86%	19,05%	4,76%
fev/20	15,00%	45,00%	35,00%	5,00%	0,00%
mar/20	15,79%	42,11%	26,32%	10,53%	5,26%
abr/20	25,00%	35,00%	30,00%	0,00%	10,00%
mai/20	9,09%	50,00%	22,73%	18,18%	0,00%
jun/20	18,18%	31,82%	40,91%	0,00%	9,09%
jul/20	9,09%	36,36%	27,27%	22,73%	4,55%
ago/20	4,55%	18,18%	36,36%	31,82%	9,09%
set/20	4,76%	23,81%	38,10%	9,52%	23,81%
out/20	0,00%	36,36%	31,82%	31,82%	0,00%
nov/20	0,00%	27,27%	36,36%	22,73%	13,64%
dez/20	0,00%	22,73%	54,55%	18,18%	4,55%
jan/21	0,00%	37,50%	25,00%	33,33%	4,17%
fev/21	4,17%	29,17%	37,50%	20,83%	8,33%
mar/21	13,04%	39,13%	21,74%	13,04%	13,04%
abr/21	4,55%	31,82%	18,18%	27,27%	18,18%
mai/21	13,64%	31,82%	22,73%	22,73%	9,09%
jun/21	5,00%	35,00%	30,00%	15,00%	15,00%
jul/21	4,55%	31,82%	31,82%	13,64%	18,18%
ago/21	9,09%	45,45%	31,82%	9,09%	4,55%
set/21	13,04%	21,74%	26,09%	26,09%	13,04%
out/21	4,35%	34,78%	43,48%	4,35%	13,04%
nov/21	17,39%	34,78%	21,74%	8,70%	17,39%
dez/21	18,18%	40,91%	31,82%	0,00%	9,09%

Fonte: Resultado da pesquisa.

Para o cálculo do resultado de percepção de ociosidade foi atribuído um valor para cada resposta, quanto maior a percepção de ociosidade menor o valor atribuído, os valores por resposta são exibidos na Tabela 10.

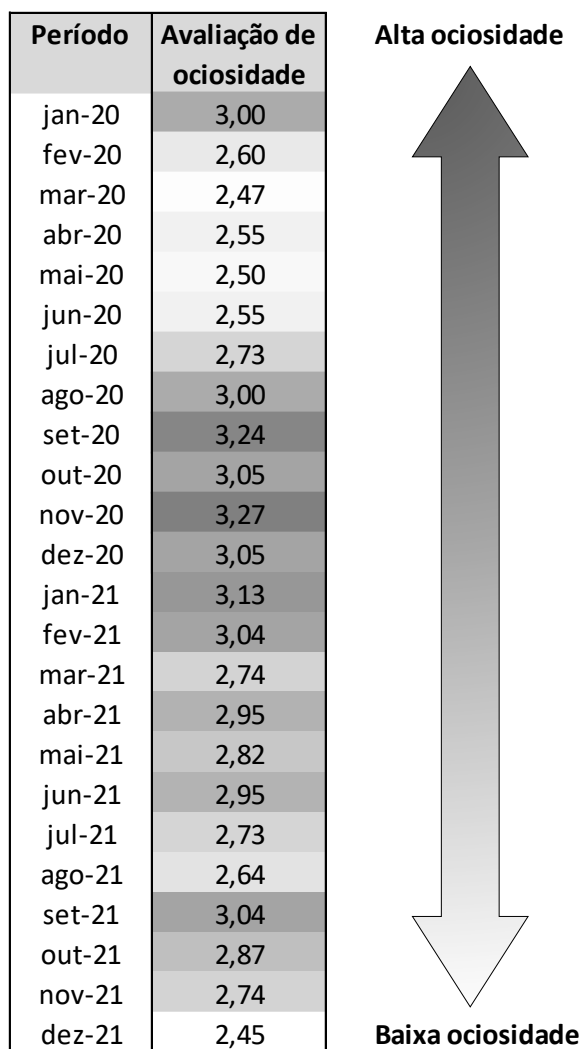
Tabela 10: Percepção de ociosidade - Valores por alternativa de resposta

Resposta	Valor
Nunca	1
Raramente	2
Ocasionalmente	3
Frequente	4
Muito frequente	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na sequência, foi calculada a média dos valores das respostas para cada mês do período analisado, resultado disponível na Figura 60.

Figura 60: Percepção de ociosidade - Média dos valores das respostas por mês



Fonte: Resultado da pesquisa.

#### Análise de correlação – Fundamentação teórica

Huang (2016) cita o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) como uma forma de avaliar a força de uma relação linear entre duas variáveis. A variação dessa relação transita em um intervalo de -1 até +1, sendo que um valor positivo indica correlação linear positiva e um valor negativo indica uma correlação linear negativa. Quanto mais próximo das extremidades for o valor, +1 ou -1, mais forte a correlação linear.

Momber et al. (2017) considera os seguintes parâmetros para o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ):

- a)  $r \leq 0,39$  – Correlações fraca;
- b) entre 0,40 e 0,69 – Correlação moderada;
- c) entre 0,70 e 1 – Correlações forte;
- d)  $r \geq 0,9$  – Correlação muito forte.

#### Análise de correlação – Aplicação

Os índices de atrasos e de percepção de ociosidades foram relacionados com a índice de ocupação da capacidade, disponível na Figura 61.

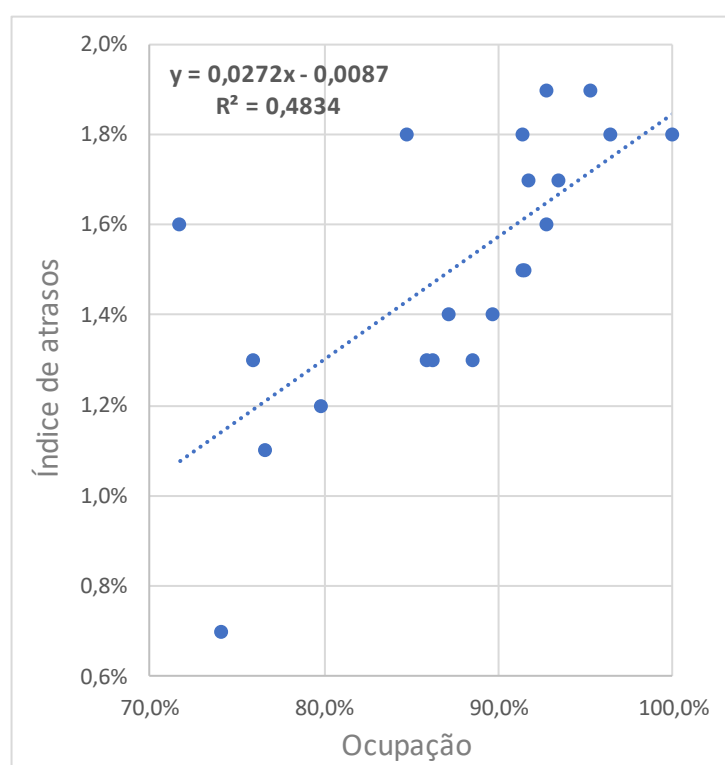
Figura 61: Avaliação de ociosidade, índice de ocupação e índice de atrasos

Período	Avaliação de ociosidade	Ocupação	Índice de atrasos
jan-20	3,00	82,0%	
fev-20	2,60	88,7%	
mar-20	2,47	92,2%	
abr-20	2,55	93,4%	1,7%
mai-20	2,50	91,4%	1,5%
jun-20	2,55	92,8%	1,9%
jul-20	2,73	91,4%	1,8%
ago-20	3,00	91,7%	1,7%
set-20	3,24	79,8%	1,2%
out-20	3,05	74,1%	0,7%
nov-20	3,27	76,6%	1,1%
dez-20	3,05	88,5%	1,3%
jan-21	3,13	75,9%	1,3%
fev-21	3,04	71,7%	1,6%
mar-21	2,74	85,9%	1,3%
abr-21	2,95	86,2%	1,3%
mai-21	2,82	87,1%	1,4%
jun-21	2,95	84,8%	1,8%
jul-21	2,73	92,8%	1,6%
ago-21	2,64	96,4%	1,8%
set-21	3,04	91,5%	1,5%
out-21	2,87	89,7%	1,4%
nov-21	2,74	95,3%	1,9%
dez-21	2,45	100,0%	1,8%

Fonte: Resultado da pesquisa.

Em seguida, foi realizada a análise da correlação entre o índice de ocupação e o índice de atrasos, o coeficiente de correlação R foi de 0,7, que indica uma correlação forte entre as duas variáveis. Dessa forma, índices elevados de ocupação possuem conexão com índices elevados de atrasos pelo motivo de capacidade, o comportamento apresentado indica que a medição da ocupação de capacidade é coerente por apresentar a correlação esperada entre as variáveis. Gráfico de correlação disponível na Figura 62.

Figura 62: Coeficiente de correlação entre o índice de ocupação e o índice de atrasos

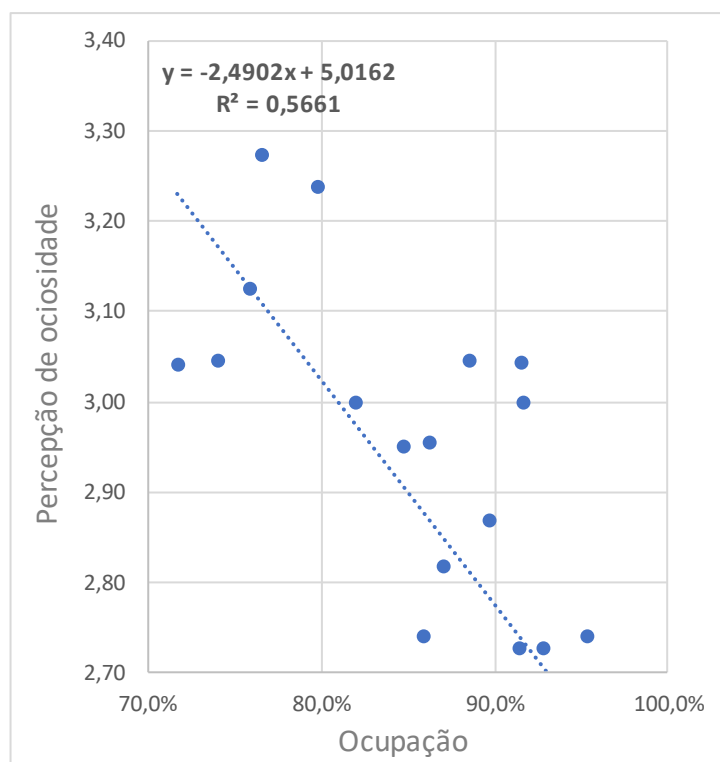


<b>Coeficiente de determinação <math>R^2</math></b>	<b>0,4834</b>
<b>Coeficiente de correlação R</b>	<b>0,70</b>

Fonte: Resultado da pesquisa.

O resultado obtido na análise de correlação R para os índices de percepção de ociosidade e índice de ocupação de capacidade foi de 0,75, o que aponta uma conexão forte entre as variáveis, quanto maior o nível de ociosidade menor a ocupação de capacidade (Figura 63).

Figura 63: Coeficiente de correlação entre o índice de ocupação e a percepção de ociosidade



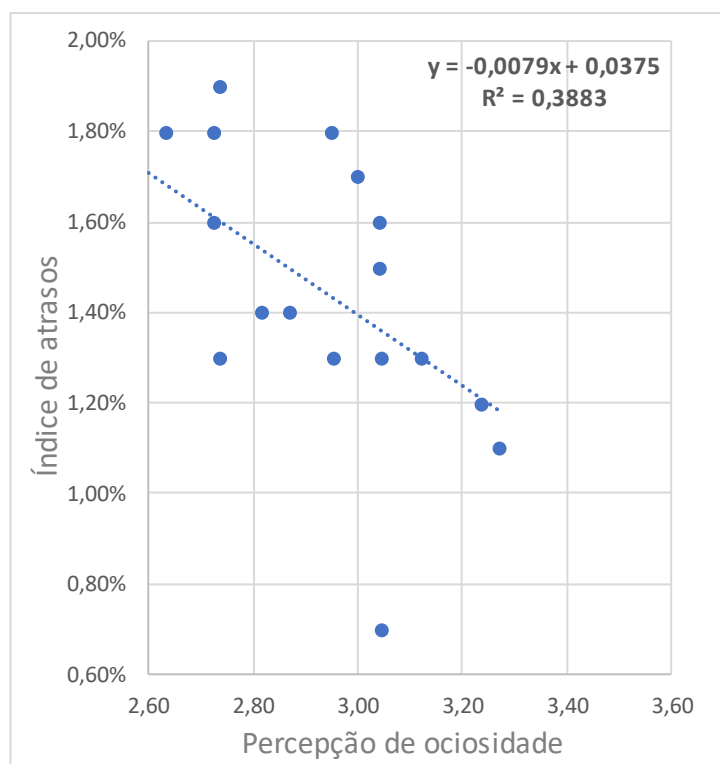
Coeficiente de determinação $R^2$	0,5661
Coeficiente de correlação R	0,75

Fonte: Resultado da pesquisa.

Por fim, foi verificada a correlação R para os índices de percepção de ociosidade e índice de atrasos, o resultado obtido foi de 0,62, o que aponta uma correlação moderada entre os índices. Disponível na Figura 64.



Figura 64: Coeficiente de correlação entre a percepção de ociosidade e o índice de atrasos



<b>Coeficiente de determinação <math>R^2</math></b>	<b>0,3883</b>
<b>Coeficiente de correlação R</b>	<b>0,62</b>

Fonte: Resultado da pesquisa.

### Limitações

O artefato proposto busca a resolução de uma classe de problemas no âmbito do cálculo de capacidade produtiva. Dessa maneira, apesar de ser possível o emprego do artefato em condições similares, as condições são específicas e devem ser atendidas para que o artefato seja uma solução viável. As condições específicas para a aplicação do artefato são a existência de barreira ou inviabilidade para a medição dos tempos das atividades da operação, atividades de gestão ou afins, demandas simultâneas e não lineares e variáveis de esforço conhecidas.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho tem como objetivo geral propor um modelo baseado em histórico de demanda para o cálculo da necessidade de recursos para o atendimento de demanda em áreas de gestão de processos. Para isso, o ponto de partida foi a análise bibliográfica das práticas do planejamento e controle da produção, capacidade produtiva e pesquisa operacional para composição do modelo proposto, fundamentado em benchmarking com os conceitos de cálculo de capacidade produtiva industrial.

Assim, com a função de orientar o desenvolvimento do artefato, foi abordado e aplicado o método *design science research*, que trata desde a identificação do problema até a comunicação dos resultados. A etapa final do DSR, comunicação, é compreendida pela presente dissertação de mestrado, com o objetivo de divulgação para o meio acadêmico e disponibilização para a sociedade geral. Para o desenvolvimento do artefato foram mapeadas atividades, variáveis, e práticas da área em que o modelo foi aplicado, bem como e a descrição de todas as etapas da sua progressão, da concepção até os testes de avaliação de resultado e benefícios percebidos.

Diante do desafio apresentado, foram coletados dados históricos de 18 meses, de janeiro de 2020 até junho de 2021, que serviram como massa de dados para a robustez do modelo, e mais 6 meses de testes, de julho de 2021 até dezembro de 2021.

Nessa perspectiva, a combinação de plataforma para desenvolvimento do artefato utilizada, *Microsoft Excel* e suplemento solver, foi suficiente para o funcionamento do algoritmo, em nenhum momento dos testes houve problemas relacionados a processamento ou sobrecarga dos equipamentos utilizados. O equipamento utilizado possui processador Intel® Core™ i5 de sétima geração e 2.50GHz, com 8 GB de memória RAM e sistema operacional Windows 10.

Além disso, com os resultados obtidos ao longo dos testes foi possível reduzir a referência de tempo médio das atividades em 6,8%, o que refletiu na redução de 16,9 FTEs e consequentemente no custo evitado de R\$ 372.627,62. Não é possível, entretanto, afirmar que não é possível reduzir o padrão atual, visto que o método utilizado usa como referência o melhor desempenho conhecido, dessa forma, um melhor desempenho futuro pode evidenciar ociosidade nos meses anteriores.

Outro aspecto relevante foi que para balizamento dos padrões dos tempos das atividades foi agregado ao modelo os indicadores de ociosidade e de atrasos por capacidade, sendo que o

indicador de atraso por capacidade é o principal indicador para o equilíbrio do modelo, caso o resultado desse indicador ultrapasse 2% existe a indicação de que os recursos atribuídos para a execução da demanda estão em sobrecarga, portanto os parâmetros de tempos não devem ser atualizados. Logo, O índice inferior a 2% no indicador citado foi determinado pela organização de forma conservadora, portanto cabe análise futura sobre qual o ponto de equilíbrio ideal entre redução de recursos e atrasos nas atividades.

Por fim, o artefato apresentado cumpriu os objetivos propostos com o uso de *softwares* comuns e geralmente disponíveis em organizações, buscou-se a simplicidade no desenvolvimento para que seja viável a replicação do modelo em situações similares para potencializar o uso da alternativa na sociedade.

## REFERÊNCIAS

- AL-DARRAB, Ibrahim A. Relationships between productivity, efficiency, utilization, and quality. **Work Study**, v.49, n.3, p.97-103, 2000.
- ALDINO, Ahmad Ari; ULFA, Marchamah. Optimization of lampung batik production using the simplex method. **Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan**, v. 15, n 2, p. 297-304, 2021.
- ANDRADE, Eduardo Leopoldino. **Introdução a pesquisa operacional**: métodos e modelos para análise de decisões. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- ANDRADE, Eron Passos; SARTORI, Isabel; EMBIRUÇU, Marcelo. Avaliação de desempenho por indicadores-chave de desempenho, benchmarking e scorecard. **Cadernos de Prospecção**, v. 8, n. 3, p. 502-515, 2015.
- ANDRADE, Fábila Kamilly; LORDSLEEM, Allison Caetano. Benchmarking em empresas de construção civil: identificação das melhores práticas. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 1. 2016.
- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em questão**, v. 12, n.1, p. 11-32, 2006.
- BAYDOUN, Georges; HAÏT, Alain; PELLERIN, Robert; CLÉMENT, Bernard; BOUVIGNIES, Guillaume. A rough-cut capacity planning model with overlapping. **OR Spectrum**. n. 38, p. 335-364, 2016.
- BORGES, Ana Verônica Gonçalves. **Proposta de um sistema de indicadores de desempenho para a prática de benchmarking para a construção civil cearense**. 245 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- BUSHUEV, Maxim. Convex optimization for aggregate production planning. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 4, p. 1050-1058, 2014.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade**. São Paulo: GEN-Atlas, 2016. Cap. 11.
- CHUEKE, Gabriel Vouga; AMATUCCI, Marcos. O que é bibliometria? Uma introdução ao Fórum. **Internext**, v. 10, n. 2, p. 1-5, 2015.
- CLAVERIA, Oscar. A new metric of consensus for Likert-type scale questionnaires: An application to consumer expectations. **Journal of Banking and Financial Technology**, v. 5, n. 1, p. 35-43, 2021.
- COLPO, Iliane, WEISE, Andreas Dittmar, MEDEIROS, Flaviani Souto Bolzan; LOBLER, Mauri Lobler. Atrasos na execução das obras públicas: estudo em uma instituição federal de ensino superior. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 4, p. 1322-1343, dez. 2018.
- DA SILVA, Rafael Maciel; DUARTE, Lenita; DA SILVA, Macaliston Gonçalves. Analysis of production planning and control (PPC) through the approach of systems thinking. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24182-24198, 2019.

DE BOER, Ronald. **Resource-constrained multi-project management** – a hierarchical decision support system. 187 f. Tese (Doutorado em Gestão de Produção e Operações). University of Twente, Enschede, Netherlands, 1998.

DRESCH, Aline; PACHECO, Daniel Lacerda; VALLE, José Antônio. **Design science research: a method for science and technology advancement**. Springer International Publishing: Cham, 2015.

DUARTE, Carolina Mendonça de Moraes. **Desenvolvimento de sistema de indicadores para benchmarking em empresas de construção civil**. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 2011.

FILIPPI, Giancarlo Azevedo De; MELHADO, Sílvio Burrattino. Um estudo sobre as causas de atrasos de obras de empreendimentos imobiliários na região Metropolitana de São Paulo. **Ambiente Construído**, v. 15, p. 161-173, 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, Adriano Ramos. **Método para planejamento de capacidade de redes atm baseado em simulação**. 126 f. Dissertação (Mestrado em computação). UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S. **Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica**. In: CINFORM – ENCONTRO NACIONAL DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, v. 6, n. 1, p. 18, **anais...**, 2005.

HEVNER, Alan; MARCH, Salvatore Tony; PARK, Jinsoo; RAM Sudha. Design research in information systems research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, 2004.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.

HU, Yaoguang; LIU, Yu; WANG, Zhe; WEN, Jingqian; LI, Jinliang; LU, Jie. A two-stage dynamic capacity planning approach for agricultural machinery maintenance service with demand uncertainty. **Biosystems Engineering**, v. 190, p. 201-217, 2019.

HUANG, Yongfang; YE, Xubin; HU, Benrun; CHEN, Lijie. Equivalent crack size model for pre-corrosion fatigue life prediction of aluminum alloy 7075-T6, **International Journal of Fatigue**, v. 88, p. 217-226, 2016.

IYER, K. C.; CHAPHALKAR, N. B.; JOSHI, G. A. Understanding time delay disputes in construction contracts. **International Journal of Project Management**, v. 26, n. 2, p. 174-184, 2008.

JAIN, Ekta; DAHIYA, Kalpana; VERMA, Vanita. A note on dual simplex algorithm for linear programming problem with bounded variables. **Advanced Modeling and Optimization (AMO)**, v. 20, n. 1, p. 135-153, 2018.

JANUÁRIO, Emiliane; CARPINETTI, Luiz César Ribeiro. A coleta de informações no processo de benchmarking: principais fontes utilizadas e dificuldades. **ENEGEP - XXIII**

ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, **anais...**, 2003.

JOSHI, Ankur; KALE, Saket; CHANDEL, Satish; PAL, Dinesh Kumar. Likert scale: Explored and explained. **British Journal of Applied Science & Technology**, v. 7, n. 4, p. 396-403, 2015.

KAIHARA Toshiya; KOKURYO Daisuke; FUJII Nobutada; HIRAI Kodai. A proposal of production scheduling method considering users' demand for mass customized production. International Federation for Information Processing. **Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing**, v. 513, p. 492-500, 2017.

KARO, Gidion Karo; ADIANTO, Erwin. Pengukuran Produktivitas Karyawan Dengan Metode Full Time Equivalent (FTE) PT. Astra International Tbk Divisi Astra Motor Penempatan Jakarta Honda Center. **Journal of Industrial Engineering and Management Systems**, v. 7, n. 1, 2017.

LANTZ, Bjorn; ROSÉN, Peter. Measuring effective capacity in an emergency department. **Journal of Health Organization and Management**, v. 30, p. 73-84, 2016.

LANTZ, Bjorn; ROSÉN, Peter. Using queueing models to estimate system capacity. **Production Planning & Control**, v. 28, n. 13, p. 1037-1046, 2017.

LE MOIGNE, Jean Louis. **Le constructivisme tome 1: Fondements**. Paris: ESF Editeur, 1994

LEÓN-MANTERO, Carmen; CASAS-ROSAL, José Carlos; PEDROSA-JESÚS, Cristina; MAZ-MACHADO, Alexander. Measuring attitude towards mathematics using Likert scale surveys: The weighted average. **Plos one**, v. 15, n. 10, p. 1-15, 2020.

LIMA, Ágatha Ressel; OLIVEIRA, Alan Santos. O processo de benchmarking: um estudo em empresas de construção civil no município de João Pessoa. **Escritos Contables y de Administración**, v. 9, n. 2, p. 13-35, 2018.

LU, Shan; SU, Hongye; JOHNSON, Charlotta; SHAO, Hanshan; XIE, Lei. A chance constrained programming approach for multi-product multi-stage integrated production planning under internal and external uncertainties. **IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)**, p. 880-885, 2015.

LYEME, Halidi; SELEMANI, Mohamed Abdallah. **Introduction to Operations Research Theory and Applications**. LAP Lambert Academic Publishing, 2012.

MARQUES, Luis Otavio do Amaral; CARVALHO, Rafael Santos; SA, Marcelo Otani Marques; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. Benchmarking enquanto ferramenta de diminuição das perdas físicas em sistemas de abastecimento de água. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, 2021.

MÖLLER, Eduardo Belmonte; SCHATTSCHEIDER, Guilherme Oliveira; FRANK, Alejandro Germán; RIBEIRO, José Luis Duarte. Qualidade da informação no PCP: análise dos fatores de influência e proposta de um método de diagnóstico. **Revista Produção Online**, v. 13, n. 1, p. 37-60, 2013.

MOMBER, Andreas; BUCHBACH, Sascha; PLAGEMANN, Peter; MARQUARDT, T. Edge coverage of organic coatings and corrosion protection over edges under simulated ballast water tank conditions, **Progress in Organic Coatings**, v. 108, p. 90-92, 2017.

MORAIS, Bruna Mendes; GUIMARÃES, Irce Fernandes Gomes. Uma análise do uso de métodos de planejamento e controle em operações de serviços de hospedagem em uma cidade histórica. **Navus: Revista de Gestão e Tecnologia**, n. 11, p. 1-22, 2021.

NARCIZO, Ramon Baptista; CORMACK, Allan; CAMATTA, Diogo Cevolani. Um método de apoio ao diagnóstico de demandas por serviços tecnológicos no programa Sebraetec. SIMPEP – XXII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, **anais...**, 2015.

OIKO, Olívia Toshie; YAMANAKA, Lie; SOUZA, Adriano; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Proposta de uma base de dados para benchmarking voltada a pequenas empresas e sua aplicação no arranjo produtivo local de Jaú-SP. *In*: SIMPEP – XIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, **anais...**, 2006.

OLHAGER, Jan.; JOHANSSON, Pontus. Linking long-term capacity management for manufacturing and service operations. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 29, n. 1, p. 22-33, 2012.

OLIVEIRA, Lucas Guedes; OLIVEIRA, John Anthony Amaral; MARTINS, Andre Xavier. Aplicação do planejamento e controle da produção em serviços: discussão de direcionamentos apontados na literatura. *In*: ENEGEP - XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, **anais...**, 2016.

PAGLIUSO, Antonio Tadeu. **Benchmarking**: relatório do comitê temático. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

PAIVA, Rafael Piatti Oiticica. **Modelagem do planejamento agregado da produção em usinas cooperadas do setor sucroenergético utilizando programação matemática e otimização robusta**. 241 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção). UFSCar – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

PERMANA, Sidik; ANDRIANI, Meri; DEWIYANA, Dewiyana. Production capacity requirements planning using the capacity method requirement planning. **International Journal of Engineering, Science and Information Technology**, v. 1, n. 4, p. 36-40, 2021.

PINEDO, Michael. **Planning and scheduling in manufacturing and services**. Springer, 2006

SAN CRISTÓBAL, José Ramón. Time, cost, and quality in a road building project. **Journal of construction engineering and management**, v. 135, n. 11, p. 1271-1274, 2009

SEIBEL, Silene. **Um modelo de benchmarking baseado no sistema produtivo classe mundial para avaliação de práticas e performances da indústria exportadora brasileira**. 217 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção), Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SILVA, Romilda Ramos; SOARES, Camila Mariane da Silva; AGUIAR, Aynaran Oliveira; GOMES, Douglas da Silva; MARTINS, Glêndara Aparecida de Souza; DA SILVA, Warley Gramacho. Uso da programação linear na otimização de processos dentro da indústria de

alimentos. **DESAFIOS** - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, v. 6, n. Especial, p. 24-30, 2019.

SILVA JÚNIOR, Severino Domingos da; COSTA, Francisco José. Mensuração e escalas de verificação: uma análise comparativa das escalas de Likert e Phrase Completion. **PMKT—Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia**, v. 15, n. 1-16, p. 61, 2014.

STAUDT, Francielly Hedler; COELHO, Antônio Sérgio; GONÇALVES, Mirian Buss. Determinação da capacidade real necessária de um processo produtivo utilizando cadeia de Markov. **Production**, v. 21, n. 4, p. 634-644, 2011.

TEIXEIRA, Láine De Cássia; SILVA, Shirley Lima; ALVES, Shayene; VIEIRA, Renato Rodrigues; COSTA, Carlos Roberto de Sousa. Aplicação da pesquisa operacional para minimização de custos na alimentação de coelhos. **ENEGEP - XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, anais...**, 2019.

THURER, Matthias; GODINHO FILHO, Moacir. Redução do lead time e entregas no prazo em pequenas e médias empresas que fabricam sob encomenda: a abordagem workload control (wlc) para o planejamento e controle da produção (pcp). **Gestão & Produção**, v. 19, n. 1, p. 43-58, 2012.

TONIN, Luiz Antonio; SANTOS, William Rodrigues; ASSERBY, Lucas; MENEGON, Nilton Luiz.; CAMAROTTO, João Alberto. Aplicação de otimização no planejamento agregado. O caso de uma fábrica de eletrodomésticos: ventiladores, exaustores e espremedores de frutas. **ENEGEP - XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, anais...**, 2019.

TORRES, Rui Sérgio; FONTES, Adolfo Pinto de Barros; BIAZZI, Jorge Luiz. Previsão de demanda e planejamento de capacidade de serviços de lavanderia em um empreendimento na cidade de são paulo. **EMPRAD - ENCONTRO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAIS EM ADMINISTRAÇÃO**, v.4, **anais...**, 2017.

TRIPATHI, Namrata; SRIVASTAVA, Namita. Optimization problems solved by different platforms say optimum toolbox (matlab) and excel solver. **IRJET - International Research Journal of Engineering and Technology**, v. 4, n. 9, p. 1283-1287, 2017.

VAISHNAVI, Vijay; KUECHLER, Bill; PETTER, Stacie. Design research in information systems. 2009. Disponível em: <http://desrist.org/design-research-in-information-systems>. Acesso em: 03 set. 2020.

VAN AKEN, Joan Ernst. Management research based on the paradigm of the design sciences: The quest for field-tested and grounded technological rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, p. 219-246, 2004.

VAN AKEN, Joan Ernst. **The research design for design science research in Management Eindhoven**. Eindhoven: Technische Universiteit, 2011.

VAN AKEN, Joan Ernst; BERENDS, Hans. **Problem solving in organizations**. Cambridge: University Press Cambridge, n. ed. 2, 2012.

VARELA, Maria; TROJANOWSKA, Justyna; CARMO-SILVA, Silvio; COSTA, Natalia;



MACHADO, Jose. Comparative simulation study of production scheduling in the hybrid and the parallel flow. **Management and Production Engineering Review**, v. 8, n. 2, p. 69-80, 2017.

WICAKSONO, Satrio; FADLILLAH, Alnisa Min. Implementation of Full Time Equivalent Method in Determining the Workload Analysis of Logistics Admin Employees of PT X in Jakarta, Indonesia. **European Journal of Business and Management Research**, v. 6, n. 5, p. 159-162, 2021.

ZYWICKI, K; OSINSKI, F. A comparison of production time calculation methods for customized products manufacturing. **Advances in Manufacturing II**, v. 2 – Production Engineering and Management, p. 117-128, 2019.

## ANEXO 1: DETALHAMENTO DO PRODUTO (CAPES)

### RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO<sup>1</sup>

**Organização:** Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS)

**PPG:** Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos

**Autores:** Anderson Eduardo Ramos Silva Belucci

Aluno: Anderson Eduardo Ramos Silva Belucci

Professor Orientador: Dr. Fabrício José Piacente

**Dissertação vinculada:** Cálculo da capacidade de atendimento em operações de gestão: proposta de modelo baseado em dados históricos para atendimento de demanda futura

Data da defesa: 20/06/2022

**Setor beneficiado com o projeto de pesquisa, realizado no âmbito do PPG:** Serviços

**A produção técnica é constituída pelo próprio produto?**

☒ (X) Sim

☐ ( ) Não. Qual o grau contribuição diretamente aplicada ao produto:

☐ ( ) Excepcional; ☐ ( ) Incremental; ☐ ( ) Residual

**Descrição do produto e finalidade:** Planilha eletrônica que realiza cálculo de capacidade produtiva por meio de fórmulas do software Microsoft Excel e do suplemento de teste de hipóteses Solver. Utiliza como entradas dados históricos, parâmetros de esforço e previsão de demanda. Tem como saída a necessidade de recursos de acordo com a demanda futura.

**Avanços tecnológicos / grau de novidade:**

☐ ( ) Produção com alto teor inovativo: Desenvolvimento com base em conhecimento inédito;

☐ ( ) Produção com médio teor inovativo: Combinação de conhecimentos pré-estabelecidos;

☒ (X) Produção com baixo teor inovativo: Adaptação de conhecimento existente;

☐ ( ) Produção sem inovação aparente: Produção técnica.

**Conexão com a Pesquisa:**

PPG: Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos

Projeto de pesquisa vinculado à produção: Cálculo da capacidade de atendimento em operações de gestão: proposta de modelo baseado em dados históricos para atendimento de demanda futura

Linha de pesquisa vinculada à produção: Gestão de Sistemas Produtivos

☐ ( ) Projeto isolado, sem vínculo com o PPG

**Conexão com a produção científica**

Título: Estudo Bibliométrico Sobre a Capacidade Produtiva Industrial

Evento: XVI SIMPROFI - Simpósio dos Programas de Mestrado Profissional

Anais: Ano 2021, vol.1, n.1, páginas: 701 a 711.

---

<sup>1</sup> Definição: Texto elaborado de maneira concisa, contendo informações sobre o projeto/atividade, realizada. Indica em seu conteúdo a relevância dos resultados e conclusão em termos de impacto social e/ou econômico e a aplicação do conhecimento produzido. Não se aplica a relatório de projeto de pesquisa financiados por agências de fomento

### **Aplicabilidade da Produção Tecnológica**

Descrição da Abrangência realizada: O modelo apresentado é aplicável em operações de gestão de atividades com durações variáveis, tais como disponibilidade para esclarecimento de dúvidas, supervisão de execução, suporte, facilitação ou atividades similares. O software utilizado, Microsoft Excel, foi escolhido por ser comum e geralmente disponível em organizações como software de base.

Descrição da Abrangência potencial: O artefato proposto pode abranger outros tipos de operações com a inclusão de novas variáveis no modelo proposto. Em caráter de exemplificação, a inclusão de previsão de demanda por horário para operações de ciclo rápido, ou da execução de atividades paralelas para operações com essa característica.

Descrição da Replicabilidade: A replicação do artefato é possível com adaptação da metodologia de desenvolvimento apresentada. É necessário o uso de software Microsoft excel com suplemento solver habilitado, base de dados histórica com as informações pertinentes de demanda atendida, bem como dados da disponibilidade de recursos, variáveis de esforço e previsão de demanda.