

O Problema de Sequenciamento em Projeto com Restrição de Recurso aplicado na gestão de qualidade no atendimento de um Call Center

Lais Rivelli Matoso (Universidade Federal de Ouro Preto) *lais.rivelli@aluno.ufop.edu.br*

Clarisse da Silva Vieira (Universidade Federal de Ouro Preto) *clarisse@ufop.edu.br*

Resumo

Uma importante área de interesse no meio de gerenciamento de projetos é a otimização do sequenciamento das atividades e da alocação dos recursos. Várias formulações matemáticas já foram realizadas para tentar solucionar problemas desse tipo. Dessa forma, o presente artigo visa apresentar um modelo matemático para o Problema de Sequenciamento em Projetos com Restrição de Recursos (PSPRR). O modelo proposto será implementado computacionalmente e utilizado no processo de otimização de um atendimento de Call Center. A solução ótima do problema e os resultados obtidos mostram-se condizentes com os objetivos iniciais, indicando a modelagem como uma ferramenta no processo de tomada de decisão para a gestão da qualidade.

Palavras-Chaves: *Sequenciamento, Alocação de Recursos, Modelagem Matemática, Gestão da Qualidade, Call Center.*

Abstract

A Several mathematical formulations have already been developed to try to solve problems of this type. Therefore, this article aims to present a mathematical model for the Resource Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP). The proposed model will be computationally implemented and used in the optimization process of a Call Center service. The optimal solution to the problem and the results obtained are consistent with the initial objectives, indicating modeling as a tool in the decision-making process for quality management.

Keywords: *Sequencing, Resource Allocation, Mathematical Modeling, Quality Management, Call Center.*

1. Introdução

Diante da intensa competitividade das empresas e a busca incessante por melhores resultados, as organizações investem cada vez mais para reduzir o tempo da sua produção. Com isso, se uma empresa deseja estar, de algum modo, entre as melhores do mercado, ela deve ter um planejamento otimizado.

O “Planejamento e Controle da Produção” e a “Gestão da Qualidade” são áreas responsáveis por coordenar e aplicar de forma eficiente os recursos produtivos, fazendo com que as decisões deixem de ser tomadas de forma intuitiva e passem a seguir critérios de melhoria racionais e computacionais.

Entende-se que a competitividade está ligada ao conhecimento e novas formas de aplicá-lo. Segundo (Carpinetti 2016), a gestão da qualidade pode ser compreendida como um agente estratégico no aperfeiçoamento da produtividade e competitividade de uma organização. Diante da intensa competitividade do mercado e da busca incessante por melhores resultados, as organizações investem cada vez mais em estratégias para reduzir o tempo de seus processos e identificar gargalos tecnológicos que possam comprometer a eficiência operacional. Assim, a aplicação de modelos matemáticos para coordenar tarefas sequenciais e simultâneas não apenas refina o controle da produção, mas assegura que pequenos ganhos em produtividade resultem em benefícios significativos para a qualidade final do serviço prestado.

Para o cenário brasileiro, ganhos de produtividade podem significar a sobrevivência da empresa. Dessa forma, o gerenciamento de projetos é uma prática encontrada pelas empresas para criar vantagens com relação à eficiência da produtividade.

Dentro do gerenciamento de projetos, o Resource Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP) - Problema de Sequenciamento em Projetos com Restrição de Recurso (PSPRR) consiste no sequenciamento das atividades de um projeto, juntamente com a alocação de recursos necessários para executá-las (Blazewicz et al. 1983).

Segundo Brucker et al. (1999), o PSPRP é um problema de otimização combinatória que cobre muitas situações de programação "clássicas". Seja $V = \{1, \dots, n\}$ o conjunto de atividades que devem ser sequenciadas utilizando o conjunto de recursos $R = \{0, 1, \dots, k\}$. O recurso $k \in R$ tem R_k unidades disponíveis durante todo o horizonte de tempo do projeto. Cada atividade $i \in V$ tem um tempo de execução de p_i unidades de tempo, e utiliza uma quantidade específica q_{ik} do recurso k a cada instante do seu processamento. As atividades

devem ser sequenciadas sem preempção, ou seja, uma vez iniciada, a atividade deve ser completamente executada. As relações de precedências entre as atividades devem ser respeitadas e são representadas pelo conjunto $E = \{(i, j)\}$. Dessa forma, i deve começar sua execução antes da atividade j .

O objetivo geral desse artigo é propor um modelo matemático para o PSPRR e utilizá-lo em um caso real, com o intuito de analisar e identificar melhorias de eficiência no processo.

2. Referencial Teórico

A Gestão da Qualidade evoluiu ao longo das últimas décadas de uma abordagem restrita ao controle final do produto para um modelo estratégico, integrado aos processos organizacionais e à tomada de decisão. Para Garvin (1987), a qualidade pode ser compreendida sob múltiplas dimensões, incluindo desempenho, confiabilidade, conformidade e rapidez, sendo esta última especialmente crítica em organizações prestadoras de serviços, como os Call Centers.

Segundo Juran e Godfrey (1999), a qualidade está diretamente relacionada à capacidade de planejar processos de forma estruturada, prevenindo falhas antes que elas ocorram. Essa visão reforça a importância do planejamento e controle das atividades operacionais, uma vez que atrasos, gargalos e má alocação de recursos impactam diretamente indicadores como nível de serviço, tempo médio de atendimento e satisfação do cliente.

No contexto da qualidade em serviços, Parasuraman, Zeithaml e Berry (1988) destacam que a percepção do cliente é fortemente influenciada pelo tempo de resposta e pela consistência do atendimento. Em Call Centers, esses fatores dependem diretamente do sequenciamento adequado das atividades e da disponibilidade de recursos humanos. Assim, falhas no planejamento operacional tendem a comprometer a qualidade percebida, mesmo quando os atendentes possuem treinamento adequado.

De acordo com Carpinetti (2016), a gestão da qualidade deve ser entendida como um sistema integrado, no qual ferramentas quantitativas e modelos analíticos desempenham papel fundamental no suporte à decisão. O autor ressalta que a aplicação de métodos matemáticos contribui para a redução da variabilidade dos processos, aumento da previsibilidade operacional e melhoria contínua, princípios alinhados às abordagens do Total Quality Management (TQM).

A utilização de modelos matemáticos para representar o PSPRR, pode ser compreendida como uma ferramenta de apoio à gestão da qualidade, uma vez que possibilita estruturar processos de forma racional e otimizada. Conforme apontam Demeulemeester e Herroelen (2002), o PSPRR permite minimizar o tempo total de execução dos processos, respeitando limitações operacionais, o que contribui diretamente para a eficiência e confiabilidade do sistema produtivo.

Estudos como o de Johnston e Clark (2008) reforçam que a melhoria da qualidade em serviços depende da integração entre gestão de processos, tecnologia e métodos quantitativos. No caso específico de Call Centers, Gans, Koole e Mandelbaum (2003) destacam que o desempenho do atendimento está fortemente associado à gestão da capacidade e à alocação eficiente de operadores ao longo do tempo. Assim, a aplicação de modelos de otimização ao sequenciamento das atividades operacionais, torna-se um elemento estratégico para garantir níveis adequados de qualidade, produtividade e satisfação do cliente.

No âmbito das discussões contemporâneas sobre o PSPRR, destaca-se o trabalho de Ortiz-Pimiento e Díaz-Serna (2020), que propõe um modelo de otimização voltado para o desenvolvimento de novos produtos. Diferente das abordagens determinísticas convencionais, os autores introduzem um contexto probabilístico para lidar com os riscos inerentes a projetos inovadores, utilizando distribuições de probabilidade para representar durações e a inserção estocástica de tarefas.

De acordo com Ichihara (2002), a formulação clássica do PSPRP pode ser definida também para projetos com diferentes atividades, no formato atividade no-nó, um grafo acíclico, no qual, os nós representam as atividades e os arcos representam as restrições, com as seguintes definições: duas atividades fantasmas são introduzidas: a atividade 0 que representa a primeira do projeto e é a predecessora direta ou indireta de todas as outras do projeto, e a atividade $n+1$ que representa a atividade de conclusão e é a sucessora direta ou indireta de todas as atividades. As atividades estão associadas a um jogo de relacionamento de precedência End-Start com atraso zero. O que significa que nenhuma atividade pode ser iniciada antes que suas predecessoras tenham terminado. Não há data de início ou término definida para qualquer atividade do projeto. Cada atividade i tem uma duração fixa (os tempos de preparação são ignorados ou incluídos na duração fixa). Para cada atividade é preciso um número fixo de unidades de recurso renovável do tipo k . Requisitos de recursos (q_{ik}) são constantes conhecidas durante o processamento do trabalho. A disponibilidade de recurso renovável (R_k) também é uma constante conhecida ao longo do projeto. Nenhuma atividade

pode ser interrompida depois de iniciada. O objetivo é completar o projeto tão logo quanto possível, sem violar qualquer restrição de recurso e de precedência.

De acordo com Herroelen (2005), as relações de precedência entre as atividades definem quais são as atividades sucessoras que não podem iniciar sem que as atividades predecessoras tenham sido concluídas. Assim, o início da atividade sucessora depende do término da predecessora. Este é o tipo de precedência mais comum. No entanto, outros tipos de relações podem existir como variações do problema original.

Os valores dos tempos de precedência apenas restringem o início ou término das atividades. Mas, em certas situações, esse tempo pode ser relacionado com o tempo de espera, ou seja, um tempo mínimo entre as datas de início e/ ou término das atividades, segundo (Coelho, 2004).

O PSPRR, para Mingozi et al. (1998), possui um único objetivo a ser minimizado: o makespan, ou seja, o tempo total de duração do projeto. Dessa forma, o que se espera deste objetivo é a minimização do tempo decorrido entre o início da primeira atividade e o fim da última atividade. O que pode ser comprovado em trabalhos como o de Bock e Patterson (2007).

Outro tipo de objetivo possível é a maximização do valor presente do projeto. Para Martins (2000), este objetivo se refere ao balanço entre as despesas para a execução das atividades e a receita obtida após a sua conclusão. Casos como esses também podem ser encontrados em trabalhos de Herroelen e Leus (2005), entre outros.

Segundo Dimande (2011), o PSPRR padrão considera só um tipo de recursos o qual é conhecido como renovável. Porém, algumas variações desse problema podem considerar outros tipos de recursos em um projeto. Os recursos utilizados podem ser classificados, segundo Coelho (2004), em quatro categorias, sendo elas: renovável, não renovável, duplamente restrito e parcialmente restrito. Quando o recurso é renovável, ele é limitado em quantidade, mas reutilizado de período a período, por exemplo, mão de obra e máquinas. O recurso é não renovável quando a soma do recurso analisado é limitada para o projeto como um todo, não havendo renovação por período, como por exemplo, valores monetários e matérias primas. Ele ainda pode ser duplamente restrito, quando o recurso destinado ao projeto é limitado duplamente, na soma total e por período. Pode ser também parcialmente restrito, quando a disponibilidade se renova em intervalos específicos de tempo. Este tipo de recurso pode ser visto como um tipo genérico de todos os tipos de recursos. Dessa forma, um

projeto pode apresentar um único tipo de recurso ou múltiplos tipos de recursos, presentes em artigos como Ichihara (2002).

Brucker e Knust (2000) consideram que é possível dividir o horizonte de planejamento em sucessivos intervalos de tempo. Consideram também que as atividades do projeto podem ser particionadas e que as partes das atividades diferentes podem ser executadas simultaneamente. No entanto, as partes de uma mesma atividade devem ser executadas de uma maneira sequencial. Sendo assim, o problema consiste em determinar quais as partes das atividades que poderão ser executadas simultaneamente dentro de um mesmo intervalo, obedecendo às restrições de recursos e precedência e com o intuito de minimizar o tempo total de execução do projeto.

Carlier e Néron (2003) também consideram que o horizonte de planejamento pode ser dividido em sucessivos intervalos de tempo e que as atividades de um projeto podem ser particionadas. No entanto, as partes das atividades são executadas em intervalos consecutivos de tempo, não podendo mais ser executadas simultaneamente.

Para os principais problemas de minimização e duração das atividades, Patterson et al. (1990) apresentam uma solução que busca resolver esses problemas em uma rede de atividades com recursos limitados.

Kim et al. (2009) apresentam um algoritmo genético que simula uma busca para encontrar uma solução ideal para o problema de alocação de recursos. O resultado inicial encontrado é transferido para outro algoritmo para realizar a busca local do melhor resultado para o problema. Pesquisas realizadas pelos autores apontam que a aplicação do algoritmo pode ser ampliada para grandes PSPRR.

Para Reyck et al. (1998), a solução para minimizar o makespan é dada através das relações de precedência generalizadas. A solução estabelece um tempo mínimo e máximo arbitrário que fica entre o início e a conclusão das atividades. Para isso, apresenta um algoritmo do tipo Branch-and-Bound, onde uma árvore de recursos e atividades da rede original do projeto é estendida com relações de precedência extras para resolver uma série de conflitos de recursos.

De acordo com Demeulemeester e Herroelen (2002), o caminho para minimizar a duração do projeto é por meio de uma árvore de possíveis soluções. Para isso, a solução se baseia em uma rede de precedência de atividades e recursos disponíveis. Os autores tratam o PSPRR como um problema de agendamento de recursos restritos. O objetivo é sequenciar as

atividades sujeitas às restrições de precedência e de recursos. O algoritmo explora a ideia de sequenciar as atividades na data mais cedo possível, sendo possível a execução na data mais tarde possível, desde que não viole as restrições do problema. Eles também apresentam testes relativos ao algoritmo.

A resolução do Problema de Sequenciamento em Projetos com Restrição de Recursos (PSPRR) fundamenta-se em duas abordagens principais: os métodos heurísticos e os métodos exatos. Conforme Morillo et al. (2014), as heurísticas primitivas são métodos iterativos de raciocínio simples que buscam a melhoria contínua da solução atual através de Regras de Prioridade e Esquemas de Geração de Cronograma, embora sua eficácia seja limitada em problemas de alta complexidade.

Em contrapartida, os métodos exatos utilizam técnicas analíticas e matemáticas, como a Programação Linear Inteira Mista (MIP) e o Branch and Bound, para garantir a obtenção de uma solução ótima. Entretanto, como apontado por Fahmy et al. (2014), esses métodos enfrentam o desafio da inviabilidade computacional à medida que a dimensão do problema aumenta, tornando o tempo de análise impraticável para cenários excessivamente complexos.

No presente estudo, optou-se pela utilização de um modelo de Programação Linear Inteira Mista, implementado via software Gusek, para buscar a otimização no atendimento do Call Center.

3. Metodologia

A estrutura metodológica deste trabalho foi desenvolvida com o suporte da ferramenta Metodika. A presente pesquisa caracteriza-se, quanto à sua natureza, como aplicada, uma vez que tem como objetivo a geração de conhecimento voltado à solução de um problema prático relacionado ao sequenciamento de atividades em ambientes operacionais. No que se refere à abordagem, o estudo adota um enfoque quantitativo, fundamentado na utilização de modelagem matemática e análise numérica dos dados. Em relação aos objetivos, a pesquisa é classificada como descritiva, pois busca analisar e compreender o comportamento do processo de atendimento em um Call Center, com foco na organização das atividades e na utilização dos recursos disponíveis.

A construção do referencial teórico foi realizada por meio de pesquisa bibliográfica, com levantamento de materiais nas bases de dados da CAPES, abrangendo artigos científicos, livros e teses relevantes à temática. Não houve delimitação temporal para as publicações,

priorizando-se trabalhos clássicos e contemporâneos sobre o Problema de Sequenciamento em Projetos com Restrição de Recursos (PSPRR), modelagem matemática, alocação de recursos, *makespan* e gestão da qualidade em serviços. As buscas foram conduzidas a partir de palavras-chave em português e inglês, tais como “sequenciamento”, “resource constrained project scheduling problem”, “mathematical modeling”, “quality management” e “call center”.

O procedimento metodológico central consiste em um estudo de caso, desenvolvido em uma empresa do setor de atendimento ao cliente, denominada neste trabalho como “Alfa”, localizada no estado de Minas Gerais. A unidade de análise corresponde ao fluxo operacional de atendimento do Call Center, estruturado em 16 atividades, incluindo etapas sequenciais e simultâneas, desde o início do atendimento até sua finalização.

A coleta de dados foi realizada por meio de observação direta do processo, permitindo o levantamento dos tempos de processamento das atividades e das relações de precedência existentes entre elas. As observações foram conduzidas ao longo de um período determinado, contemplando múltiplas execuções do processo, com o objetivo de reduzir variações e garantir maior confiabilidade aos dados coletados. Os tempos das atividades foram posteriormente tratados por meio de medidas representativas, sendo utilizados como parâmetros de entrada no modelo matemático.

Os recursos considerados no estudo correspondem aos atendentes envolvidos no processo de atendimento, sendo modelados como recursos renováveis, com disponibilidade limitada ao longo do horizonte de planejamento. Assumiu-se que tais recursos são homogêneos, ou seja, possuem capacidade equivalente para execução das atividades, hipótese compatível com o contexto operacional analisado.

Para a resolução do problema, foi proposto um modelo de Programação Linear Inteira Mista (PLIM), adaptado a partir de Vieira e Rola (2022), com o objetivo de minimizar o *makespan*, isto é, o tempo total de duração do processo. O modelo incorpora restrições de precedência entre atividades e limitações de disponibilidade de recursos, permitindo representar de forma estruturada o problema de sequenciamento.

A escolha da abordagem PLIM justifica-se pela sua capacidade de fornecer soluções ótimas para problemas de sequenciamento com restrições, sendo especialmente adequada para instâncias de pequeno e médio porte, como o caso analisado neste estudo. Embora métodos heurísticos apresentem menor custo computacional, optou-se pelo uso de um método exato visando maior precisão nos resultados.

A implementação computacional do modelo foi realizada por meio do software GLPK (GNU Linear Programming Kit), utilizando a interface Gusek. O processamento do modelo possibilitou a obtenção do sequenciamento ótimo das atividades, bem como das respectivas datas de início, respeitando todas as restrições impostas.

Para a análise dos resultados, foram considerados dois indicadores principais: (i) a duração total do processo (*makespan*) e (ii) a programação temporal das atividades, representada por meio de um Diagrama de Gantt. Esses elementos permitiram avaliar a eficiência do sequenciamento proposto em comparação ao fluxo operacional observado.

Por fim, a validação dos resultados foi realizada por meio da comparação entre o cenário atual do processo e o cenário otimizado, possibilitando identificar potenciais ganhos em termos de redução do tempo de atendimento e melhoria na utilização dos recursos. Dessa forma, a metodologia adotada assegura consistência analítica e aplicabilidade prática aos resultados obtidos.

Apresenta-se, neste capítulo, o modelo matemático desenvolvido para o Problema de Sequenciamento de Projeto com Restrição de Recurso, proposta por Vieira e Rola (2022) :

$$\min S_t \quad (1)$$

$$x_{ij} = 1 \quad \forall (i, j) \in E \quad (2)$$

$$x_{ji} = 0 \quad \forall (i, j) \in E \quad (3)$$

$$S_j - S_i - p_i - x_{ij} \left(\sum_{l \in V} p_l \right) + \left(\sum_{l \in V} p_l \right) \geq 0 \quad \forall i \in V \cup \{s\}, \forall j \in V \cup \{t\}, i \neq j \quad (4)$$

$$f_{ijk} - (\max\{r_{ik}\}) \cdot x_{ij} \leq 0 \quad \forall i \in V \cup \{s\}, \forall j \in V \cup \{t\}, \forall k \in R, i \neq j \quad (5)$$

$$\sum_{j \in V \cup \{t\}} f_{ijk} = r_{ik} \quad \forall i \in V \cup \{s\}, \forall k \in R, i \neq j \quad (6)$$

$$\sum_{j \in V \cup \{s\}} f_{ijk} = r_{jk} \quad \forall j \in V \cup \{t\}, \forall k \in R, i \neq j \quad (7)$$

$$S_i \geq 0 \quad \forall i \in V \cup \{s\} \cup \{t\} \quad (8)$$

$$f_{ijk} \geq 0 \quad \forall i \in V \cup \{s\}, \forall j \in V \cup \{t\}, \forall k \in R \quad (9)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in V \cup \{s\}, \forall j \in V \cup \{t\} \quad (10)$$

Considerando:

$V = \{1, 2, \dots, n\}$: conjunto de n atividades do projeto;

$R = \{1, 2, \dots, m\}$: conjunto de m recursos renováveis;

E : conjunto das atividades cuja relação de precedência é conhecida a priori;

s e t : atividades fictícias que representam, respectivamente, o início e o fim do projeto;

rik : quantidade do recurso renovável k que a atividade i necessita para ser executada;

pi : tempo de processamento da atividade i ;

$fijk$: fluxo do recurso k da atividade i para a atividade j ;

xij : variável binária que estabelece se a atividade i precede a atividade j ;

Si : data de início da atividade i .

A função objetivo (1) minimiza a data de início da atividade fictícia final t , consequentemente a duração total do projeto. As restrições (2) estabelecem as relações de precedência definidas a priori. O conjunto de restrições (3) fixam os valores das variáveis xji igual a zero quando a relação de precedência é estabelecida. O conjunto de restrições (4) representam as relações de sequenciamento entre as atividades. As restrições (5) definem o fluxo de recursos entre duas atividades. As restrições (6) e (7) representam que a quantidade de recurso renovável alocada para a execução de uma atividade deve ser a mesma a ser transferida para as atividades sucessoras. Por fim, as restrições (8), (9) e (10) representam os respectivos domínios das variáveis de decisão.

4. Resultados e Discussão

Situada no estado de Minas Gerais, a empresa identificada como “Alfa”, foi desenvolvido com base no fluxo operacional de atendimento de um Call Center, cujo processo foi estruturado em 16 atividades, desde o início do atendimento até o encerramento e envio da pesquisa de satisfação ao usuário.

O processo analisado apresenta atividades sequenciais e simultâneas, envolvendo a interação entre sistemas automatizados e recursos humanos, característica típica de operações de atendimento ao cliente. Além disso, o elevado impacto do tempo de resposta e da alocação de atendentes na percepção da qualidade do serviço torna o Call Center um ambiente adequado para a aplicação do modelo proposto.

O processo de atendimento do Call Center analisado tem início com o contato do cliente junto à central, momento em que o sistema registra a solicitação e prepara o ambiente para o atendimento. Inicialmente, são realizadas de forma estritamente sequencial as etapas de acesso aos sistemas, filtragem automática da demanda e reconhecimento do usuário, as quais são fundamentais para a correta identificação do cliente e para o direcionamento inicial do atendimento. Na sequência, ocorre a classificação da demanda apresentada, seguida da

confirmação de segurança, garantindo a autenticidade das informações antes do prosseguimento do atendimento. Essas etapas configuram um bloco de atividades sequenciais obrigatórias, pois dependem diretamente da conclusão das fases anteriores para que o atendimento possa avançar.

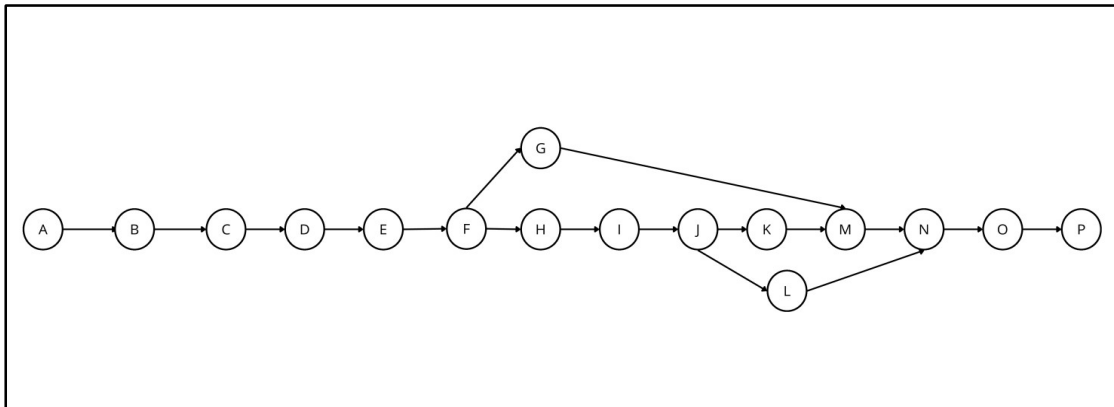
Após a validação das informações do usuário, o processo passa a incorporar atividades que podem ser executadas de forma simultânea. O registro das informações no sistema ocorre paralelamente ao início do suporte prestado pelo atendente, permitindo que dados relevantes sejam inseridos enquanto o atendimento ao cliente é realizado. De maneira complementar, a análise do problema pode ser conduzida em paralelo a essas ações, contribuindo para a agilidade na identificação da solução.

Em seguida, realiza-se a verificação do histórico do usuário no sistema, etapa necessária para subsidiar a tomada de decisão e que ocorre de forma sequencial em relação à análise do problema. Com base nessas informações, procede-se à resolução da solicitação, considerada uma das etapas mais críticas do processo, por demandar maior tempo de processamento e maior envolvimento do recurso humano.

Durante as etapas finais do atendimento, o registro formal por meio da geração de protocolo ou abertura de chamado pode ocorrer de forma simultânea às demais atividades administrativas. Após a resolução, a solução é comunicada ao usuário, consolidando o atendimento prestado. Na sequência, o atendimento é encerrado no sistema e o cliente é direcionado para a pesquisa de satisfação, etapa que permite a avaliação da qualidade do serviço oferecido. Por fim, o processo é concluído com o encerramento definitivo do atendimento.

Para uma melhor visualização, foi desenvolvido o grafo do projeto na Figura 1, que representa o processo com suas atividades e as relações de precedência entre elas.

Figura 1 - Grafo do projeto



Fonte: Autoria própria (2026)

A Tabela 1 identifica cada uma das atividades com seus respectivos tempos de processamento (duração).

Tabela 1 - Atividades no atendimento Call Center

Código	Atividade	Duração	Dependência
A	Início do processo	-	-
B	Acesso aos sistemas	1 min	A
C	Filtragem automática	2 min	B
D	Reconhecimento de usuário	2 min	C
E	Classificação demanda	1 min	D
F	Realizar confirmação de segurança	1 min	E
G	Inserir informação no sistema	2 min	F
H	Suporte realizado por atendente	2 min	F
I	Análise do problema	2 min	H
J	Verificação do histórico no sistema	2 min	I
K	Resolver a solicitação	3 min	J
L	Gerar protocolo ou chamado	1 min	J
M	Comunicar a solução ao usuário	1 min	G e K
N	Encerrar atendimento	1 min	L e M
O	Enviar para pesquisa de satisfação	1 min	N
P	Fim do processo	-	O

Fonte: Autoria própria (2026)

Para a implementação dos dados apresentados e resolução do modelo matemático do Problema de Sequenciamento em Projetos com Restrição de Recursos (PSPRR) aplicado ao processo de atendimento do Call Center, utilizou-se o GLPK. A solução obtida, bem como o sequenciamento das atividades e a duração total do atendimento, em segundos, são mostrados pelo Diagramas de Gantt, na Figura 2, a seguir.

Figura 2 - Diagrama de Gantt

Atividade	1	3	5	6	7	9	11	13	14	16	17	18	19
Início do processo													
Acesso aos sistemas													
Filtragem automática													
Reconhecimento de usuário													
Classificação demanda													
Realizar confirmação de segurança													
Inserir informação no sistema													
Suporte realizado por atendente													
Análise do problema	9												
Verificação do histórico no sistema	10												
Resolver a solicitação	11												
Gerar protocolo ou chamado	12												
Comunicar a solução ao usuário	13												
Encerrar atendimento													
Enviar para pesquisa de Satisfação													
Fim do processo													

Fonte: Autoria própria (2026)

5. Considerações Finais

O presente estudo permitiu analisar a problemática operacional dos Call Centers, caracterizada principalmente pela elevada variabilidade da demanda, pela necessidade de manutenção de altos níveis de serviço e pela forte dependência de recursos humanos. Ao longo do artigo, evidenciou-se que esses fatores, quando não adequadamente gerenciados, comprometem o desempenho do sistema, resultando em aumento dos tempos de espera, queda na qualidade do atendimento, elevação dos custos operacionais e impactos negativos sobre os operadores.

A análise realizada permitiu demonstrar a relevância da utilização da ferramenta de apoio à tomada de decisão para o planejamento adequado da capacidade, sequenciando as atividades e alocando os recursos de forma a otimizar o nível de serviço prestado.

Por fim, ressalta-se que o aprofundamento dessas análises pode contribuir de forma significativa para o desenvolvimento de práticas de gestão mais eficientes e sustentáveis no



setor de Call Centers, auxiliando organizações a enfrentar os desafios impostos por um ambiente cada vez mais competitivo e orientado à qualidade do serviço.

REFERÊNCIAS

- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- COELHO, J.P.F.. **Modelo Genérico para Gestão de Projetos: SATPSP**. Tese de Doutorado. Instituto Superior Técnico de Lisboa, 2004.
- BLAŻEWICZ, J.; LENSTRA, J. K.; RINNOOY KAN, A. H. G. **Scheduling subject to resource constraints: classification and complexity**. *Discrete Applied Mathematics*, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 11–24, 1983.
- BOCK, D. B., PATTERSON, J.. **A Comparison of Due Date Setting, Resource Assignment, and Job Preemption Heuristics for the Multi-project Scheduling Problem**. *Decision Sciences*. Vol. 21, Issue2. pp. 384 - 402, 2007.
- BRUCKER, P. e KNUST, S.. **A Linear Programming and Constraint Propagation-Based Lower Bound for the RCPSP**. *European Journal of Operational Research*, v.127, p.355-362, 2000.
- BRUCKER, P., DREXL, A., MÖHRING, R., NEUMANN, K. e PESCH, E.. **Resource-constrained project scheduling: Notation, classification, models, and methods**. *European Journal of Operational Research*. Volume 112, Issue 1, Pages 3-41, 1999.
- CARLIER, J. e NÉRON, E.. **On linear bounds for the resource constrained project scheduling problem**. *European Journal of Operational Research*, September, 2003.
- DEMEULEMEESTER, E. e HERROELEN, W.. **A branch-and-bound procedure for the multiple resource-constrained project scheduling problem**. *Management Science*, 38, pp. 1803-1818, 2002.
- DIMANDE, C. D.. **Aceleração de projeto com recursos restritos mediante interrupção de atividades**. Tese de Doutorado. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós- graduação e pesquisa em Engenharia, 2011.
- FAHMY, A.; HASSAN, T. M.; BASSIONI, H.. **Improving RCPSP solutions quality with Stacking Justification – Application with particle swarm optimization**. *Expert Systems with Applications*, 41, p. 5870–5881, 2014.
- GANS, Noah; KOOLE, Ger; MANDELBAUM, Avishai. **Telephone call centers: tutorial, review, and research prospects**. *Manufacturing & Service Operations Management*, Linthicum, v. 5, n. 2, p. 79–141, 2003.
- GARVIN, David A. **Competing on the eight dimensions of quality**. *Harvard Business Review*, Boston, v. 65, n. 6, p. 101–109, 1987.
- HERROELEN, W., LEUS, R.. **Project Scheduling Under Uncertainty: Survey and Research Potentials**. *European Journal of Operational Research* 165, p. 289-306, 2005.
- ICHIHARA, J. A.. **O problema de programação de projetos com Restrição de recursos (resource-constrained Project scheduling problem)**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba - PR, 2002.
- JOHNSTON, Robert; CLARK, Graham. **Service operations management: improving service delivery**. 3. ed. Harlow: Pearson Education, 2008.
- JURAN, Joseph M.; GODFREY, A. Blanton. **Juran’s quality handbook**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1999.
- KIM, Y. K; SONG, W. S.; KIM J. H.. **A mathematical model and a genetic algorithm for two-sided assembly line balancing**. *Computers & Operations Research*, v. 36, p. 853-865, 2009.
- MARTINS, S. V.. **Gerenciamento de Projeto: Meta-Heurísticas para Otimização do Escalonamento de Atividades na Exploração e Produção de Petróleo**. Tese de Doutorado - Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000.



MINGOZZI, A., MANIEZZO, V., RICCIARDELLI, S. e BIANCO, L.. **An Exact Algorithm for the Resource-Constrained Project Scheduling Problem Based on a New Mathematical Formulation**, *Management Science*, v. 44, p.714-729, 1998.

MORILLO, D.; MORENO, L.; DÍAZ, J.. **Metodologías Analíticas y Heurísticas para la Solución del Problema de Programación de Tareas con Recursos Restringidos (RCPSP): una revisión**. Parte 1. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 10, Núm. 20, 2014.

ORTIZ-PIMIENTO, N. R.; DÍAZ-SERNA, F. J. **An Optimization Model to Solve the Resource Constrained Project Scheduling Problem (RCPSP) in New Product Development Projects**. 2020.

PATTERSON, J. H., TALBOT, F., SLOWINSKI, R. E WEGLARZ, J.. **Computational experience with a backtracking algorithm for solving a general class of precedence and resource-constrained scheduling problems**, *European Journal of Operational Research*, Volume 49, Issue 1, 1990.

PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, Valarie A.; BERRY, Leonard L. **SERVQUAL: a multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality**. *Journal of Retailing*, New York, v. 64, n. 1, p. 12–40, 1988.

REYCK, B., HERROELEN, W. e DEMEULEMEESTER, E.. **Resource-constrained project scheduling: A survey of recent developments**, *Computers & Operations Research*, Volume 25, Issue 4, 1998.

VIEIRA, C. da S.; ROLA, F. S. C. **Proposições de modelos matemáticos para o problema de sequenciamento em projetos com restrição de recursos e análise de desempenho**. *REVISTA FOCO*, v. 17, n. 6, p. 01–17, jun. 2024. Disponível em: <<https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/5350>>. vii, viii, 2, 7, 11, 14, 17, 20, 25