

Pesquisa Operacional Aplicada na Maximização de Caixas Eletrônicos com a Ferramenta Solver do Excel: controle dos gastos com manutenção de equipamentos

Autores

Felipe Yamazaki¹

Silvia Pierre Irazusta²

Alexandre Formigoni³

Resumo

Os caixas eletrônicos são dispositivos de telecomunicações informatizados instalados em postos de serviços e agências para a disponibilização de produtos aos clientes do setor bancário. Apesar dos investimentos necessários para a aquisição de novos equipamentos e os custos operacionais com manutenção, os caixas eletrônicos são fontes de receitas para as instituições financeiras, sendo necessários estabelecer parâmetros para o alcance da sustentabilidade financeira. Este estudo aborda uma análise de maximização do número de caixas eletrônicos por meio da ferramenta de pesquisa operacional Solver do Software Microsoft Excel para amparar a tomada de decisão em um setor de planejamento orçamentário de um banco comercial, por meio da análise da dotação orçamentária, para a conta contábil de manutenção de equipamentos. O objetivo principal foi utilizar o suplemento solver para a definição da melhor quantidade de Terminais de Autoatendimento Bancário (ATM) por modelo de equipamentos em cada criticidade operacional da instituição financeira. Os resultados demonstraram que por meio do suplemento Solver do software Microsoft Excel foi possível otimizar a utilização da dotação orçamentária de manutenção de um banco comercial em 99,996% com uma variação percentual de -0,004%, equivalente a R\$ 36,71, entre o orçado e o realizado. Verificou-se que a utilização do suplemento é viável e aplicável para facilitar a tomada de decisão no setor de planejamento orçamentário da instituição. A utilização da modelagem matemática apresentada deve ser incorporada nas decisões estratégicas da instituição bancária não só como uma decisão econômica, mas também, pela aderência aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) propostos pela agenda 2030 da ONU (Organização das Nações Unidas). O modelo trouxe inovação nos controles de valores orçados e realizados e agilidade para os setores de controladoria e contabilidade na correção de desvios orçamentários.

Palavras-chave: Pesquisa operacional. Caixas eletrônicos. Manutenção. Inovação contábil.

Operational Research Applied to Maximizing ATMs with the Excel Solver Tool: Controlling Equipment Maintenance Costs

Abstract

ATMs are computerized telecommunications devices installed in service stations and agencies to make products available to customers in the banking sector. Despite the investments required to acquire new equipment and operational maintenance costs, ATMs are sources of revenue for financial institutions and it is necessary to establish parameters to achieve financial sustainability. This study addresses an analysis of maximizing the number of ATMs using the Microsoft Excel Software Solver operational research tool to support decision-making in a budget planning sector of a commercial bank, through the analysis of the budget allocation, to the accounting account for equipment maintenance. The main objective was to use the solver supplement to define the best number of Bank Self-Service Terminals (ATM) per equipment model in each operational criticality of the financial institution. The results

¹ Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos no Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS. Orcid: 0009-0005-4021-1704

² Pós-Doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP e docente no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS. Orcid: 0000-0002-6856-4035

³ Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista – UNIP e docente no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – CEETEPS. Orcid: 0000-0001-7487-0541

demonstrated that, using the Microsoft Excel software Solver supplement, it was possible to optimize the use of the maintenance budget allocation of a commercial bank by 99.996% with a percentage variation of -0.004%, equivalent to R\$ 36.71, between the budget and accomplished. It was found that the use of the supplement is viable and applicable to facilitate decision-making in the institution's budget planning sector. The use of the mathematical modeling presented must be incorporated into the strategic decisions of the banking institution not only as an economic decision, but also, due to adherence to the sustainable development objectives (SDGs) proposed by the UN (United Nations) 2030 agenda. The model brought innovation in the controls of budgeted and realized values and agility for the controlling and accounting sectors in correcting budget deviations.

Keywords: Operational research. Automated teller machine. Maintenance. Accounting innovation.

INTRODUÇÃO

Os caixas eletrônicos, também conhecidos como terminais de autoatendimento (ATMs) são dispositivos de telecomunicações informatizados que permitem que clientes de instituições financeiras acessem suas contas bancárias e executem transações financeiras com segurança (Sahua; Moquillaza, 2020).

O presente trabalho visa determinar o número de caixas eletrônicos por criticidade operacional de um banco comercial, por meio da pesquisa operacional a fim de responder a seguinte questão de pesquisa: Como a pesquisa operacional pode maximizar o número de caixas eletrônicos respeitando o parâmetro da dotação orçamentária de manutenção de um banco comercial?

Os caixas eletrônicos são fontes de receitas de serviços bancários, porém os seus gastos mensais com manutenção devem apresentar o mínimo de desvio entre os valores orçados e realizados, motivo pelo qual é necessário estudar uma ferramenta para definir o número de equipamentos de acordo com o planejamento orçamentário de cada região atendida pela instituição. Entende-se por processo de tomada de decisão, destacado no objetivo da pesquisa, as estratégias adotadas para equilibrar o orçamento de acordo com as hipóteses e cenários identificados no Quadro 1:

Quadro 1: Tomada de Decisão - Estratégias e Cenários

Hipótese	Cenário	Estratégia
H1	Quantidade instalada no parque maior que o número proposto pela Solução (Solver) por tipo de equipamento e/ou zona de criticidade.	Remanejar equipamentos para outras regiões com déficit ou realizar trocas de modelos de equipamentos entre agências.
H2	Quantidade instalada no parque menor que o número proposto pela Solução (Solver) por tipo de equipamento e/ou zona de criticidade.	Buscar o remanejamento de equipamentos de outras regiões e zonas de criticidade para suprir o déficit ou iniciar processo para a compra de novos equipamentos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A resposta a questão de pesquisa poderá amparar a instituição financeira nas decisões futuras em relação ao planejamento orçamentário de serviços de manutenção e a definição de

futuros investimentos em aquisição de equipamentos, a fim de otimizar a gestão de suprimentos e contratação de serviços.

1.1 Objetivo

O objetivo do presente trabalho é maximizar e adequar a quantidade de caixas eletrônicos por modelo de equipamentos e zonas de criticidade, com controle de gastos de manutenção, por meio do método de Programação Linear (PL) com o intuito de amparar a tomada de decisão de um banco comercial. Para isso as etapas realizadas foram: a) Coleta de dados referente aos preços dos serviços de manutenção dos caixas eletrônicos, b) Levantamento dos tipos de equipamentos utilizados nas agências bancárias, c) Levantamento dos dados das dotações orçamentárias para a manutenção de equipamentos, d) Levantamento dos parâmetros de criticidade para a instalações dos equipamentos, e) Modelagem os dados por meio da ferramenta Solver do Excel e, f) Apresentação dos cálculos e resultados obtidos na pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A evolução da Pesquisa Operacional (PO) desenvolveu soluções objetivas para problemas relacionados à gestão das operações nas organizações, como a previsão de demandas de consumo, controle de gastos, adequação de custos, otimização da quantidade de funcionários e itens de estoques por meio da modelagem matemática (Miguel *et al.*, 2018).

Segundo Wu e Lisser (2022), problemas empresariais podem ser solucionados através da programação linear (PL). A modelagem matemática utilizada por aplicativos trabalha como redes neurais e pode ser usada para solucionar equações dificilmente resolvidas pelo ser humano. A eficácia do método de programação linear dentro da pesquisa operacional foi comprovada em problemas de otimização onde softwares aprendem através dos algoritmos de programação.

A estrutura da pesquisa operacional surgiu entre as décadas de 1940 e 1950. A necessidade de profissionais resolverem problemas difíceis de otimização contribuiu para a produção de soluções práticas por meio de softwares. Os suplementos *Solver* do Excel e o software *Lindo* são utilizados para a solução de problemas com a pesquisa operacional (Martí; Sevaux; Sörensen, 2024).

A programação linear auxilia agricultores e pequenos empresários na confecção de seus orçamentos, porque facilita a alocação de recursos e a tomada de decisão. O planejamento orçamentário com a programação linear pode aumentar a rentabilidade da produção agrícola com a proteção ambiental respeitando a disponibilidade de recursos como mão de obra,

prestadores de serviços de manutenção de equipamentos, fertilizantes, sementes, abastecimento de água e energia (Alotaibi; Nadeem, 2021).

Os serviços de manutenção são atividades realizadas em equipamentos, visando garantir a sua operacionalização dentro de parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazo, de custos e de vida útil (Lima, 2006).

Falta de manutenção, erros de dispensação e caixas eletrônicos fora de serviço são desafios para os gestores bancários e tem impacto significativo no declínio da utilização de ATMs. Os problemas mais frequentes no uso dos caixas eletrônicos são dinheiro insuficiente, ambiente desconfortável e clientes tendo que esperar em longas filas para utilizar os ATMs. Jovens adultos com melhor escolaridade e nível socioeconômico mais elevado são os principais usuários desse tipo de equipamento (Famose; Onamade, 2022).

3 MÉTODO

Nessa seção, apresenta-se os procedimentos utilizados para a coleta e análise de dados com objetivo de buscar responder à questão de pesquisa exposta neste trabalho.

O método estudo de caso foi utilizado para levantamento dos dados referentes aos custos com manutenção mensal por equipamentos e o valor da dotação orçamentária. As características e os custos dos serviços de manutenção foram obtidos por meio do contrato de prestação de serviços de manutenção firmado entre o banco comercial e a empresa responsável pela manutenção. A dotação orçamentária foi obtida em consulta ao planejamento orçamentário efetuado em 2023 para o ano de 2024.

Para a resolução do problema desenvolveu-se um modelo matemático linear utilizando a metodologia da Pesquisa Operacional. A modelagem foi desenvolvida e solucionada por meio do suplemento Solver do software Microsoft Excel 365 com licença livre e gratuita.

O Solver é um suplemento do Excel que permite fazer simulações em uma planilha e encontrar soluções para problemas complexos que necessitam de análise matemática (Mcfedries, 2011).

A formulação do modelo de programação linear envolveu três etapas: a) Identificação das variáveis de decisão; b) Identificação da função objetivo; c) Identificação das restrições.

Para a formulação da função objetivo de maximização e para a modelagem das restrições foram utilizadas variáveis de decisão com os dados coletados por meio do estudo caso realizado em um banco comercial. Busca-se no estudo definir a quantidade de caixas eletrônicos adequada para cada zona de criticidade, onde o valor total gasto com manutenção não ultrapasse a dotação orçamentária, de forma otimizada, com o mínimo de variação entre o orçado e realizado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A instituição financeira utilizada no estudo de caso é um banco comercial com agências em todo território nacional. O problema foi identificado no setor de planejamento orçamentário onde foi possível identificar a necessidade da criação de um modelo para amparar a programação de comprar de novos caixas eletrônicos em uma certa região. A quantidade de equipamentos deve considerar os tipos de equipamentos e as criticidades para a instalação sem prejudicar a dotação orçamentária de gastos com manutenção de equipamentos já definida em ano anterior. O estudo leva em consideração a possibilidade de trocas de equipamentos a cada 5 anos. As definições das condições de atendimento são baseadas em criticidades e/ou zonas. O Quadro 2 resume as características de cada criticidade.

Quadro 2: Condições de Criticidade e Períodos de atendimento.

Criticidade	Características
A	Terminais abastecidos por empresa terceirizada, com acesso em dias úteis e não úteis, com atendimento prioritário.
B	Terminais abastecidos por empresa terceirizada, com acesso em dias não úteis, que não se enquadrem na criticidade A ou E.
C	Terminais instalados em Capitais ou cidades com mais de 400 (quatrocentos) mil habitantes cujo acesso não é permitido em dias não úteis;
D	Terminais não terceirizados que não se enquadrem na criticidade "C" ou "E".
E	Equipamentos instalados em dependências localizadas em "praças de difícil acesso", ou seja, desprovidas de infraestrutura logística com acesso em dias úteis.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Os modelos de caixas eletrônicos (ATMs) a serem instalados nas agências bancárias são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Modelos de Caixas Eletrônicos.

Modelos	Características
TAA Saque	Terminal de Autoatendimento com as funções de consulta e saques de cédulas
TAA Saque/Depósito	Terminal de Autoatendimento com as funções de consulta, saque e depósito de cédulas
TAA Cheque/Saque/Depósito	Terminal de Autoatendimento com as funções de consulta, impressão de cheques, saque e depósito de cédulas
TAA Reciclador	Terminal de Autoatendimento com as funções de consulta, saque e depósito com a reutilização de cédulas
TAA Leve	Terminal de Autoatendimento com as funções de consulta e transações virtuais.
TOP	Terminal do Operador com a função consulta

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Os valores mensais de manutenção são apresentados de acordo com o tipo de equipamento e o local de instalação conforme criticidades apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Valor mensal de manutenção por equipamentos até 5 anos de aquisição.

Equipamento/Modelo	Valor mensal de manutenção por equipamento/modelo até 5 anos de aquisição - R\$				
	Criticidade A	Criticidade B	Criticidade C	Criticidade D	Criticidade E
TAA Saque	1.329,57	1.087,83	864,07	771,14	664,69
TAA Saque/Depósito	1.461,54	1.263,01	996,70	876,40	812,43
TAA Cheque/Saque/Depósito	1.597,69	1.353,25	1.078,06	961,99	829,28
TAA Reciclador	2.211,32	2.023,17	1.904,30	1.629,91	1.597,64
TAA Leve	184,02	184,02	239,23	213,55	184,02
TOP	135,67	135,67	135,67	135,67	135,67

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Para a modelagem no suplemento Solver do Microsoft Excel, os números previstos de caixas eletrônicos foram convertidos em variáveis de decisão conforme Tabela 2.

Tabela 2: Quantidade de Caixas Eletrônicas na matriz de variáveis de decisão.

Equipamento/Modelo	Criticidade A	Criticidade B	Criticidade C	Criticidade D	Criticidade E
TAA Saque	X11	X12	X13	X14	X15
TAA Saque/Depósito	X21	X22	X23	X24	X25
TAA Cheque/Saque/Depósito	X31	X32	X33	X34	X35
TAA Reciclador	X41	X42	X43	X44	X45
TAA Leve	X51	X52	X53	X54	X55
TOP	X61	X62	X63	X64	X65

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Na construção da Função Objetiva (FO) deseja-se determinar a quantidade de caixas eletrônicos por criticidade e por modelo de equipamento, conhecendo-se os valores mensais orçados para manutenção, e com isso maximizar o número de equipamentos. A FO é apresentada na Equação 1.

$$\begin{aligned}
 FO = Max Z = & 1329,57x_{11} + 1087,83x_{12} + 864,07x_{13} + 771,14x_{14} + 664,69x_{15} \\
 & + 1461,54x_{21} + 1263,01x_{22} + 996,7x_{23} + 876,4x_{24} + 812,43x_{25} \\
 & + 1597,69x_{31} + 1353,25x_{32} + 1078,06x_{33} + 961,99x_{34} + 829,28x_{35} \\
 & + 2211,32x_{41} + 2023,17x_{42} + 1904,30x_{43} + 1629,91x_{44} + 1597,64x_{45} \\
 & + 184,02x_{51} + 184,02x_{52} + 239,23x_{53} + 213,55x_{54} + 184,02x_{55} + 135,67x_{61} \\
 & + 135,67x_{62} + 135,67x_{63} + 135,67x_{64} + 135,67x_{65} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Onde:

FO: Função Objetivo; Max Z: Maximização.

Na modelagem foi considerado o valor orçado no planejamento orçamentário para a conta contábil (rubrica) de manutenção para a região denominada “Alfa” no total de R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais) por mês. As restrições foram definidas de acordo com a capacidade operacional estabelecida no contrato de manutenção com a empresa de assistência técnica. A formulação é apresentada nas Equações de (2) a (14). A primeira série de restrições é referente a número mínimo de caixas eletrônicos por modelo:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} \geq 10 \quad (2)$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} \geq 10 \quad (3)$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} \geq 10 \quad (4)$$

$$x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + x_{45} \geq 10 \quad (5)$$

$$x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{55} \geq 10 \quad (6)$$

$$x_{61} + x_{62} + x_{63} + x_{64} + x_{65} \geq 10 \quad (7)$$

Onde:

x: Variáveis

A segunda séries de restrições é referente a número mínimo e máxima de caixas eletrônicos por criticidade:

$$12 \geq x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} + 61 \geq 50 \quad (8)$$

$$12 \geq x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{52} + 62 \geq 50 \quad (9)$$

$$12 \geq x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{53} + 63 \geq 50 \quad (10)$$

$$12 \geq x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} + x_{54} + 64 \geq 50 \quad (11)$$

$$12 \geq x_{15} + x_{25} + x_{35} + x_{45} + x_{55} + 65 \geq 50 \quad (12)$$

Onde:

x : Variáveis

A terceira série de restrições é referente aos limites da dotação orçamentária e das definições de números inteiros para a quantidade de caixas eletrônicos:

$$\text{Variáveis de Decisão} = \text{números inteiros} \quad (13)$$

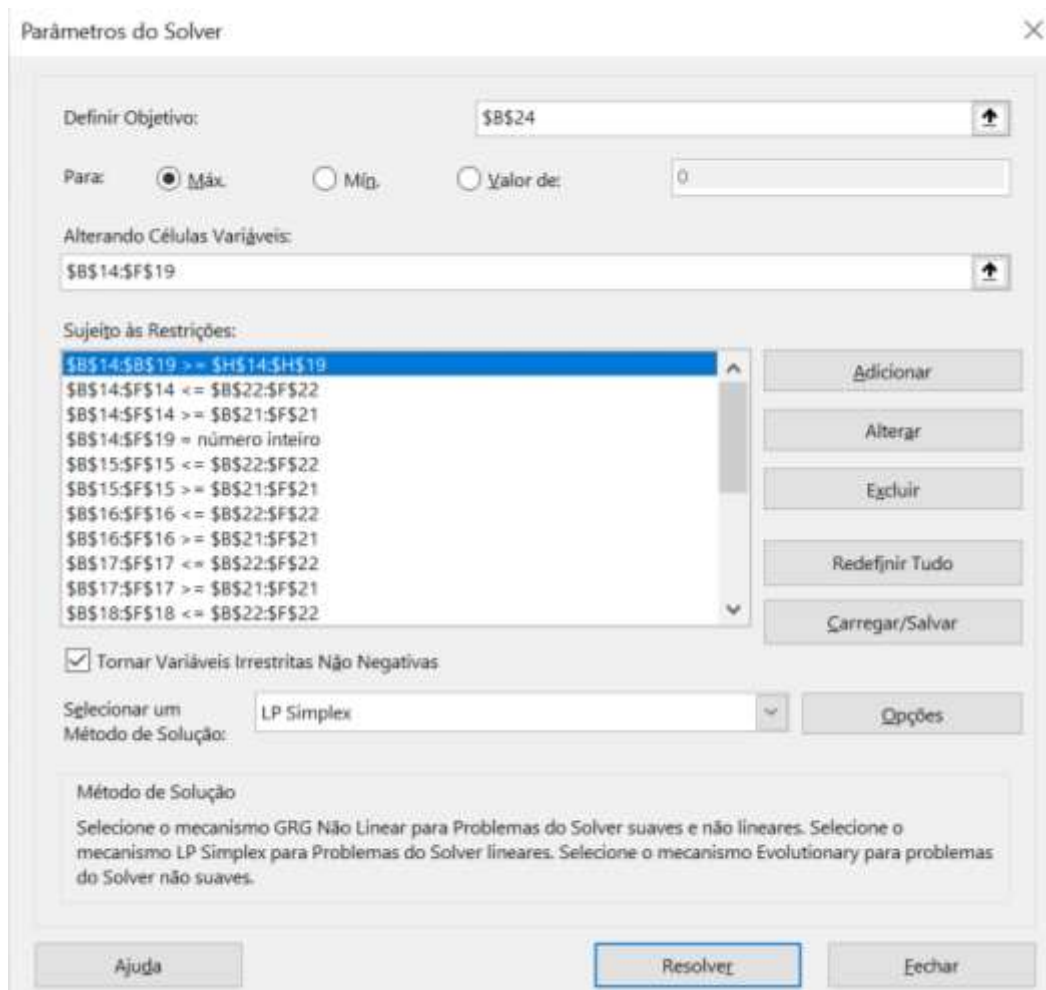
$$\text{Valor realizado (manutenção)} \leq \text{Dotação orçamentária (manutenção)} \quad (14)$$

Onde:

Dotação Orçamentária (manutenção): valor aprovado de gastos com manutenção

Definida a modelagem, as variáveis de decisão, a função objetivo e as restrições, os dados foram planilhados e inseridos no suplemento Solver do Excel utilizando o Método “LP Simplex” de acordo com a Figura 1.

Figura 1: Tela do Suplemento Solver do Microsoft Excel



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

O resultado da modelagem foi apresentado na planilha do Microsoft Excel conforme Figura 2 de acordo com as informações coletadas durante a pesquisa.

Figura 2: Planilha do Microsoft Excel

Equipamento/Modelo	Criticidade 11	Criticidade 12	Criticidade 13	Criticidade 14	Criticidade 15	Total a ser instalado	Equipamento s
TAA Saque	50	50	12	12	12	136	10
TAA Saque/Depósito	50	50	12	12	12	136	10
TAA Cheque/Saque/Depósito	50	50	23	12	12	147	10
TAA Reciclador	50	50	50	50	50	250	10
TAA Leve	15	12	12	12	12	63	10
TOP	13	12	12	12	12	61	10
Quantidade a ser instalada (Total)	228	224	121	110	110		
Mínimo de Equipamentos por Criticidade	12	12	12	12	12		
Máximo de Equipamentos por Criticidade	50	50	50	50	50		

Previsão do Valor a ser Realizado (R\$)	999.903,29
Dotação Orçamentária (R\$)	1.000.000,00
Varição Percentual (%)	-0,004%
Varição (R\$): Orçado x Realizado	-R\$ 16,71

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Após a aplicação do Solver e a modelagem matemática apresentada na pesquisa foram encontrados resultados otimizados de maximização do número de caixas eletrônicos da instituição bancária, conforme Tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Modelagem com a quantidade de Caixas Eletrônicos por Criticidade

Equipamento /Modelo	Criticidade 11	Criticidade 12	Criticidade 13	Criticidade 14	Criticidade 15	Total a ser instalado	Mínimo de Equipamentos por Modelo
TAA Saque	50	50	12	12	12	136	10
TAA Saque/Depósito	50	50	12	12	12	136	10
TAA Cheque/Saque/Depósito	50	50	23	12	12	147	10
TAA Reciclador	50	50	50	50	50	250	10
TAA Leve	15	12	12	12	12	63	10
TOP	13	12	12	12	12	61	10
Quantidade a ser instalada (Total)	228	224	121	110	110		
Mínimo de Equipamentos por Criticidade	12	12	12	12	12		
Máximo de Equipamentos por Criticidade	50	50	50	50	50		

Fonte: Elaborado pelos autores por meio do Solver do Excel (2024)

Tabela 4: Valor mensal de manutenção por equipamentos até 5 anos de aquisição.

Previsão do valor a ser realizado (R\$)	999.963,29
Dotação Orçamentária (R\$)	1.000.000,00
Variação Percentual (%): Orçado x Realizado	-0,004%
Variação (R\$): Orçado x Realizado	-R\$ 36,71

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Percebe-se na Tabela 4 que o valor futuro a ser realizado se aproxima do valor orçado. Com a solução apresentada pelo Solver, a otimização de recursos é de 99,996% com uma variação percentual de -0,004%, equivalente a R\$ 36,71 (trinta e seis reais e setenta e um centavos). As quantidades propostas pelo Solver otimizam a dotação orçamentária de manutenção já aprovada em ano anterior.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do estudo de maximizar o número de caixas eletrônicos de acordo com a dotação orçamentária para gastos com manutenção de equipamentos, por meio da Programação Linear (PL) e, assim, auxiliar na tomada de decisão de um banco comercial, foi alcançado. Com a utilização da modelagem matemática foi feita a maximização no número de caixas eletrônicos com a otimização na utilização dos recursos disponíveis para manutenção.

Os caixas eletrônicos são dispositivos de telecomunicações informatizados instalados em postos de serviços e agências para a disponibilização de produtos aos clientes do setor bancário. Apesar dos investimentos necessários para a aquisição de novos equipamentos e os custos operacionais com manutenção, os caixas eletrônicos são fontes de receitas para as instituições financeiras sendo necessários estabelecer parâmetros para que a sustentabilidade econômica seja alcançada pelos gestores das áreas de orçamento, controladoria e atendimento.

Os resultados demonstraram que por meio do suplemento Solver do software Microsoft Excel foi possível otimizar a utilização da dotação orçamentária de manutenção de um banco comercial em 99,996% com uma variação percentual de -0,004%, equivalente a R\$ 36,71 (trinta e seis reais e setenta e um centavos), entre o orçado e o realizado.

Pode-se afirmar que a modelagem matemática facilitará a identificação de possíveis intervenções na área de atendimento para que os valores e custos propostos pela área de orçamento da instituição financeira sejam alcançados em todos os níveis hierárquicos. Com a definição dos números adequados de equipamentos por regiões, os gestores locais poderão propor remanejamento e solicitar novas aquisições antes do fechamento dos resultados financeiros. O modelo trouxe inovação nos controles de valores orçados e realizados e agilidade para os setores de controladoria e contabilidade na correção de desvios orçamentários.

Verificou-se que a utilização do suplemento é viável e aplicável para facilitar a tomada de decisão no setor de planejamento orçamentário da instituição com a melhor gestão dos recursos. A utilização da modelagem matemática apresentada deve ser uma decisão estratégica da instituição bancária não só como uma decisão econômica, mas também pela aderência aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) propostos pela agenda 2030 da ONU, em especial, a ações que visem o consumo e produções responsáveis (ODS número 12).

As pesquisas futuras devem expandir a aplicação da modelagem de otimização para outros recursos definidos pelo planejamento orçamentário de outras instituições e empresas.

REFERÊNCIAS

ALOTAIBI, Alanoud; NADEEM, Farrukh. A Review of Applications of Linear Programming to Optimize Agricultural Solutions. **International Journal of Information Engineering and Electronic Business**, v. 13, n. 2, p. 11-21, 8 abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5815/ijieeb.2021.02.02>. Acesso em: 22 abr. 2024.

FAMOSE, C. F.; ONAMADE, A. A. **An Improved Ergonomics Design of An Automated Teller Machine (ATM) Interface**. Department of Computer Science Adeleke University, Ede, State of Osun, Nigeria, 2022.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel**. Rio de Janeiro, 4ª Edição. Editora Campus Ltda – Elsevier, 2007.

LIMA, F. A.; CASTILHO, C. N. **Aspectos da Manutenção dos Equipamentos Científicos da Universidade de Brasília**. Brasília – DF. Dissertação apresentada á faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação (FACE), Brasília – DF, 2006.

MARTÍ, Rafael; SEVAUX, Marc; SÖRENSEN, Kenneth. 50 years of metaheuristics. **European Journal of Operational Research**, abr. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.04.004>. Acesso em: 22 abr. 2024.

MARTINS, Petrônio Garcia; ALT, Paulo Renato Campos. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo, 3ª Edição. Editora Saraiva, 2009.

MCFEDRIES, P. **Fórmulas e funções com Microsoft Office Excel**. Ed. Companion Website. 3ª tiragem. 2011.

MIGUEL, P. A. C. et al. **Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

SAHUA, Joe; MOQUILLAZA, Arturo. **A Systematic Review of Usability Evaluation Methods and Tools for ATM Interfaces**. A. Marcus and E. Rosenzweig (Eds.): HCII 2020, LNCS 12202, pp. 130–141, 2020., 2020.

WU, Dawen; LISSER, Abdel. **A deep learning approach for solving linear programming problems**. Neurocomputing, nov. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2022.11.053>. Acesso em: 22 abr. 2024.