

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

Vanessa Andréia Schneider

**ANÁLISE DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA O PROBLEMA DE
MARKETING DIRETO COM OFERTA DE PRODUTOS**

Santa Maria, RS

2019

Vanessa Andréia Schneider

**ANÁLISE DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA O PROBLEMA DE MARKETING
DIRETO COM OFERTA DE PRODUTOS**

Qualificação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, na área de pesquisa de Métodos Quantitativos para a Tomada de Decisão, da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Martins Müller

Santa Maria, RS
2019

Schneider, Vanessa Andréia
Análise de modelos matemáticos para o problema de
marketing direto com oferta de produtos / Vanessa
Andréia Schneider.- 2019.
111 p.; 30 cm

Orientador: Felipe Martins Müller
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, RS, 2019

1. Marketing Direto 2. Otimização 3. Modelagem
Matemática 4. CPLEX I. Müller, Felipe Martins II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2019

Todos os direitos autorais reservados a Vanessa Andréia Schneider. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.
E-mail:vanessaandreias@gmail.com.br

Vanessa Andréia Schneider

**ANÁLISE DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA O PROBLEMA DE MARKETING
DIRETO COM OFERTA DE PRODUTOS**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, na área de pesquisa de Métodos Quantitativos para a Tomada de Decisão, da Universidade Federal de Santa Maria, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Aprovado em 15 de Março de 2019:

**Felipe Martins Müller, Prof. Dr. (UFSM)
(Orientador/Presidente)**

Vinícius Jacques Garcia, Prof. Dr. (UFSM)

João Carlos Furtado, Prof. Dr. (UNISC)

Santa Maria, RS
2019

AGRADECIMENTOS

Durante estes dois anos o percurso do mestrado concretizou-se como a realização de um sonho projetado desde o primeiro ano de faculdade. Apesar dos desafios encontrados no caminho, foi uma experiência transformadora e certamente responsável por modificar minha visão de mundo.

Em especial, agradeço a Deus que tem me guiado, guardado e iluminado todos os dias, ofertando amparo nos momentos difíceis e através da fé me permitindo ter forças para superar os desafios e esperanças para seguir em frente.

Agradeço com muito amor aos meus pais Bruno Schneider, Zilda Rosa Viera Schneider e ao meu irmão Márcio Fabiano Schneider, pois estiveram ao meu lado não só nesta caminhada, mas durante toda a vida, sempre me incentivando a estudar e ser uma mulher batalhadora, auxiliando em tudo que estivesse ao alcance, abdicando muitas vezes de seus sonhos, para realizar os meus. Agradeço os valores e afirmo que tudo o que sou e conquistei devo a eles.

Com enorme carinho, agradeço ao meu professor orientador Felipe Martins Müller, pois a partir do momento em que fui aceita como sua aluna no mestrado, minha vida ressignificou. Agradeço por toda paciência e compreensão neste período, terá sempre minha gratidão e admiração.

Agradeço também aos professores da UFSM que de alguma maneira dispuseram de seu tempo para auxiliar nas dúvidas da dissertação. Ao professor Adalberto Lovato, que foi um grande incentivador ao ingresso no mestrado, oferecendo o seu apoio e conhecimento .

Agradeço ao meu companheiro Luiz Moacyr de Carvalho Filho, que esteve presente ativamente em todos os momentos, proporcionando apoio, tranquilidade e afeto.

A minha querida colega de graduação, de mestrado, companheira de apartamento e, principalmente, amiga, Patrícia Stefan de Carvalho, meu agradecimento. Com muito apreço, agradeço ao meu amigo Claudio Roberto Scheer Junior, pela paciência e auxílio, sendo fundamental para a conclusão desta etapa.

Aos familiares e amigos, que abraçaram este sonho comigo, pela força, pelo apoio e pela compreensão de minha ausência. A todos, muito obrigada!

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”. (Isaac Newton)

RESUMO

ANÁLISE DE MODELOS MATEMÁTICOS PARA O PROBLEMA DE MARKETING DIRETO COM OFERTA DE PRODUTOS

AUTORA: Vanessa Andréia Schneider
ORIENTADOR: Prof. Dr. Felipe Martins Müller

A crescente complexidade dos ambientes de negócios modernos e o vasto volume de dados disponíveis tornam necessário o uso de modelos avançados e métodos informatizados nas organizações. Com a competitividade aumentando de forma acelerada, as organizações necessitam buscar o seu diferencial e os dados são, muitas vezes, a base para cálculos e simulações que suportam a tomada de decisão em diversas áreas, incluindo o marketing direto. O marketing direto é uma estratégia que diferencia os clientes e os expõe à informações personalizadas, buscando suprir a necessidade e desejos individuais da melhor maneira possível. A presente pesquisa tem o objetivo de analisar o comportamento de modelos matemáticos para resolução do problema de marketing direto com oferta de produtos, considerando também o efeito do canibalismo entre produtos, comparando a qualidade das soluções obtidas, o GAP e o tempo computacional empregado para obtenção dos resultados, desta forma, observando o desempenho do solver comercial adotado. O método de estudo abordado fundamenta-se na Pesquisa Operacional, em especial na modelagem matemática. Os modelos matemáticos investigados, partiram de estudos anteriores, explorando métodos exatos e heurísticas para a resolução de problemas de marketing direto com oferta de produtos. Realizaram-se seis execuções de 324 instâncias para os problemas Sem Canibalismo, M+, M+ Canibalismo, Com Canibalismo, Dissimilaridade e Similaridade. A modelagem matemática na linguagem Zimpl gerou arquivos LP, posteriormente executados no solver ILOG CPLEX Optimization Studio para resolução dos problemas. Os seis métodos exatos executados na presente pesquisa, demonstraram bom desempenho nos problemas em que foram aplicados, dado que, para o problema Sem Canibalismo 91,67% dos conjuntos alcançaram a otimalidade, para as alterações do problema M+ Canibalismo e M+, 93,21% e 94,14% dos conjuntos, respectivamente, obtiveram os resultados ótimos. O problema Com Canibalismo correspondeu a 91,98% de soluções ótimas, sendo que, o problema com pares Dissimilares chegou a 95,37% e o de Similidade 93,21%. O método exato aplicado mostrou-se suficiente para os problemas em questão. Comprovou-se a eficiência do solver CPLEX para os problemas já citados, visto que o mesmo forneceu os limitantes superiores para todos os problemas e em sua maioria, na otimalidade, executando os mesmos em tempo computacional aceitável. Os arquivos resultantes da aplicação dos métodos exatos utilizados nesta pesquisa, estão disponíveis no GitHub, objetivando fomentar novas pesquisas de otimização para problemas de marketing direto com oferta de produtos.

Palavras-chave: Marketing Direto. Otimização. Modelagem Matemática. CPLEX.

ABSTRACT

ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODELS FOR DIRECT MARKETING PROBLEM WITH PRODUCT OFFERING

AUTHOR: Vanessa Andréia Schneider
ADVISOR: Prof. Dr. Felipe Martins Müller

The increasing complexity of modern business environments and the vast volume of data available make it necessary to use advanced models and computerized methods in organizations. With competitiveness increasing rapidly, organizations need to seek their differential and data are, often, the basis for calculations and simulations that support decision-making in a number of areas, including direct marketing. Direct marketing is a strategy that differentiates customers and exposes them to personalized information, seeking to supply individual needs and desires in the best possible way. The present research has the objective of analyze the behavior of mathematical models to solve the problem of direct marketing with product offer, whose purpose is to obtain the maximization of the problem, also considering the effect of cannibalism between products, comparing the quality of solutions obtained, GAP and computational time employed to obtain the results, thus, observing the performance of the commercial solver adopted. The method of study is based on Operational Research, especially in mathematical modeling. The mathematical models investigated, started from previous studies, exploring exact and heuristic methods to solve problems of direct marketing with offer of products. There were six executions of 324 instances for the problems No Cannibalism, M+, M+ Cannibalism, With Cannibalism, Dissimilarity and Similarity. The mathematical modeling in the Zimpl language generated LP files, later executed in the ILOG CPLEX Optimization Studio solver to solve the problems. The six exact methods performed in the present research, demonstrated good performance in the problems in which they were applied, since for the problem No Cannibalism 91.67% of the sets reached optimality, for the changes in the problem M+ Cannibalism and M+, 93.21% and 94.14% of the sets, respectively, obtained the optimal results. The problem With Cannibalism corresponded to 91.98% of optimal solutions, being that, the problem with Dissimilar pairs reached 95.37% and Similiridade 93.21%. The exact method applied proved be sufficient for the problems in question. It was verified the efficiency of the CPLEX solver for the problems already mentioned, since it provided the upper limits for all problems and in the majority, in the optimality, executing them in acceptable computational time. The files resulting from the application of the exact methods used in this research, are available at GitHub, aiming to foster new optimization research for problems of direct marketing with product offerings.

Keywords: Direct Marketing. Optimization. Mathematical Modeling. Commercial Solvers.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AML	Algebraic Modeling Language
AMPL	A Mathematical Programming Language
API	Application Programming Interface
LP	Programação Linear
MIP	Programação Inteira Mista
OPL	Optimization Programming Language
PO	Pesquisa Operacional
SIM	Sistemas de Informação de Marketing
TXT	Arquivo de texto
XML	Extensible Markup Language

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do projeto de dissertação	11
Figura 2 - Métodos clássicos de otimização.....	15
Figura 3 - Exemplo do funcionamento de um SIM	21
Figura 4 - Demonstração do funcionamento do problema de marketing direto com oferta de produtos	29
Figura 5 - Exemplo da distribuição de produtos pertencentes aos pares canibais....	34
Figura 6 - Padronização do arquivo de texto.....	43
Figura 7 - Fases para elaboração de um estudo em PO.....	47
Figura 8 - Metodologia problema de marketing direto com oferta de produtos	49
Figura 9 - GAP% Solver	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conjuntos utilizados no modelo	31
Quadro 2 - Parâmetros utilizados no modelo	31
Quadro 3 - Variáveis de decisão	32
Quadro 4 - Combinação de pares	37
Quadro 5 - Modelo matemático na linguagem Zimpl.....	80
Quadro 6 - Código utilizado para otimização dos problemas	82
Quadro 7 - Log da solução Sem Canibalismo	93
Quadro 8 - Log da solução M+ Canibalismo	97
Quadro 9 - Log da solução M+	98
Quadro 10 - Log da solução com delimitação do tempo	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação de capacidade entre CPLEX, Gurobi e Xpress.....	24
Tabela 2 - Evolução do Solver CPLEX.....	24
Tabela 3 - Nomenclatura dos arquivos de instâncias.....	41
Tabela 4 - Identificação dos subgrupos das instâncias.....	41
Tabela 5 - Análise do problema Sem Canibalismo.....	53
Tabela 6 - Delimitação do tempo de execução do solucionador I.....	55
Tabela 7 - Resumo de médias I.....	55
Tabela 8 - Análise do problema Com Canibalismo.....	58
Tabela 9 - Identificação de equívoco.....	58
Tabela 10 - Delimitação do tempo de execução do solucionador II.....	60
Tabela 11 - Resumo de médias II.....	60
Tabela 12 - Arquivos disponíveis para a comunidade acadêmica.....	62
Tabela 13 - Pares mutuamente excludentes para instâncias com 5 produtos.....	70
Tabela 14 - Pares mutuamente excludentes para instâncias com 10 produtos.....	72
Tabela 15 - Pares mutuamente excludentes para instâncias com 15 produtos.....	74
Tabela 16 - Pares mutuamente excludentes para o problema M+ Canibalismo.....	77
Tabela 17 - Resultados da aplicação do método exato I.....	85
Tabela 18 - Resultados da aplicação do método exato II.....	104

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVOS.....	8
1.1.1	Objetivo Geral	8
1.1.2	Objetivos Específicos	9
1.2	JUSTIFICATIVA.....	9
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	11
2	PESQUISA OPERACIONAL	13
2.1	VISÃO GERAL DA PESQUISA OPERACIONAL.....	13
2.2	MÉTODOS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	14
3	MARKETING	17
3.1	VISÃO GERAL DO MARKETING	17
3.1.1	Marketing Direto	18
3.1.2	Sistema de Informação de Marketing	20
4	SOLVER PARA OTIMIZAÇÃO DE PROBLEMAS	23
5	MARKETING DIRETO COM OFERTA DE PRODUTOS	26
5.1	ESTUDOS ANTERIORES	26
5.2	O PROBLEMA DE MARKETING DIRETO COM OFERTA DE PRODUTOS ...	27
5.3	O MODELO ESTUDADO	30
5.3.1	Nomenclatura dos conjuntos do modelo	31
5.3.2	Nomenclatura dos parâmetros do problema	31
5.3.3	Variáveis de decisão	32
5.3.4	Formulação Matemática	32
5.3.5	Conjuntos de instâncias	40
6	METODOLOGIA	45
6.1	METODOLOGIA DA PESQUISA OPERACIONAL.....	45
6.2	APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL NO ESTUDO.....	48
6.2.1	Definição do Problema	48
6.2.2	Construção do Modelo Matemático	48
6.2.3	Solução do Modelo	50
6.2.4	Divulgação dos Resultados	51
7	EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS	52
7.1	FERRAMENTAS.....	52
7.2	RESULTADOS	52
7.2.1	Resultados Método Exato I: Sem Canibalismo, M+ Canibalismo e M+	53
7.2.2	Resultados Método Exato II: Com Canibalismo, Dissimilaridade e Similaridade	57
7.2.3	Arquivos disponibilizados para comunidade acadêmica	61
8	CONCLUSÕES FINAIS E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	63
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
	APÊNDICE A – PARES MUTUAMENTE EXCLUDENTES	70
	APÊNDICE B – PARES MUTUAMENTE EXCLUDENTES PARA O PROBLEMA M+ CANIBALISMO	77
	APÊNDICE C – MODELO MATEMÁTICO NA LINGUAGEM ZIMPL	80
	APÊNDICE D – CÓDIGO UTILIZADO PARA OTIMIZAÇÃO DOS PROBLEMAS	82
	APÊNDICE E – RESULTADOS MÉTODO EXATO I	85
	APÊNDICE F – LOG DE DADOS DE SOLUÇÃO DO CONJUNTO DE INSTÂNCIA L-5-15-2-I	93
	APÊNDICE G – RESULTADOS MÉTODO EXATO II	104

1 INTRODUÇÃO

A crescente complexidade dos ambientes de negócios modernos e o vasto volume de dados disponíveis tornam necessário o uso de modelos avançados e métodos informatizados nas organizações. Com a competitividade aumentando de forma acelerada, as organizações necessitam buscar o seu diferencial e os dados são, muitas vezes, a base para cálculos e simulações que suportam a tomada de decisão em diversas áreas, incluindo o marketing direto.

Contínuos avanços tecnológicos e no gerenciamento de bancos de dados, têm acelerado a capacidade do marketing de se tornar mais direto, altamente focado e cada vez mais interativo (CSIKÓSOVÁ; ANTOŠOVÁ; ČULKOVÁ, 2014).

O marketing direto, cujas estratégias são diretamente apoiadas pelos dados de clientes, busca uma vantagem competitiva na oferta de seus produtos e/ou serviços. É um marketing de relacionamento voltado ao cliente em nível individual, promovendo campanhas de promoção mais focadas a fim obter ofertas cada vez mais assertivas e, conseqüentemente, a maximização do retorno financeiro. O marketing direto é um campo de atuação interessante e em expansão (CSIKÓSOVÁ; ANTOŠOVÁ; ČULKOVÁ, 2014).

No entanto, uma campanha de promoção pode tornar-se um problema de difícil resolução. As organizações podem contar com um banco de dados com informações de milhares e até milhões de clientes, também chamado de *big-data*, e um complexo conjunto de restrições de negócio, não sendo uma tarefa simples a análise de tais informações e a escolha de quais produtos ofertar e para quais clientes, de forma que a campanha tenha o maior retorno possível, visto que a resposta dos clientes é um tópico importante no marketing direto.

Conjuntos de dados que não podem ser manipulados nas maneiras tradicionais, requerem técnicas de processamento de informações avançadas. A extração de informações a partir de um grande número de dados exige métodos não convencionais de classificação, manipulação e análise.

Hillier e Lieberman (2013), afirmam que o emprego da Pesquisa Operacional (PO) e suas técnicas, contribuem de forma considerável para o aumento da produtividade da economia ao redor do mundo, apresentando notáveis impactos para melhorar a eficiência de muitas organizações. A PO emprega técnicas da matemática, tais como modelagem matemática, otimização e heurísticas na

obtenção de resultados ótimos ou quase ótimos para problemas que envolvem lucro, desempenho, riscos, custos, entre outros.

Nobibon, Leus e Spieksma (2011), desenvolveram um modelo de otimização relacionado ao problema de marketing direto com oferta de produtos para maximizar o lucro total, sujeito a um conjunto de limitações. O estudo dos autores foi utilizado como base para alguns autores, dentre eles Oliveira et al. (2014) e Souza (2018), que empregaram modificações nos algoritmos propostos, resultando em contribuições teóricas e práticas.

Nobibon, Leus e Spieksma (2011) desenvolveram em seu estudo oito algoritmos, sete baseados em métodos exatos e um baseado na meta-heurística Busca Tabu, já Souza (2018) explora em seu trabalho o estudo de heurísticas e a inclusão do efeito de canibalismo nas mesmas. Conforme Traylor (1986), o canibalismo entre produtos acontece no momento em que a organização oferece dois ou mais itens similares e eles concorrem entre si no mesmo segmento de mercado.

O presente trabalho aborda o problema de campanha de promoção iniciando o desenvolvimento da pesquisa com a modelagem matemática e posterior resolução em um *software* de otimização de decisão, com a finalidade de realizar análises do comportamento do problema de marketing direto com oferta de produtos, observando o desempenho do solver adotado.

Os modelos matemáticos interpretados pelo solver, foram testados a partir do problema de marketing direto com e sem a inclusão do efeito de canibalismo. Este trabalho baseia-se nos estudos realizados por Nobibon, Leus e Spieksma (2011) e Souza (2018).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar o comportamento de modelos matemáticos para resolução do problema de marketing direto com oferta de produtos, considerando também o efeito do canibalismo entre produtos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Com o propósito de alcançar o objetivo geral deste trabalho e obter o sucesso do mesmo foram definidos os objetivos específicos:

- Realizar testes no Solver Comercial utilizando instâncias com e sem o canibalismo entre produtos;
- Determinar critérios para novos pares de produtos canibais e posteriormente realizar os testes no Solver Comercial adotado, com as instâncias modificadas.
- Encontrar os valores exatos ou limitantes superiores para instâncias sem e com tratamento de canibalismo;
- Analisar o desempenho do Solver Comercial IBM ILOG CPLEX Optimization Studio para o problema de marketing direto com oferta de produtos.

1.2 JUSTIFICATIVA

A constante e crescente competitividade do mercado estimula as organizações a buscarem estratégias para promover seus produtos e serviços buscando satisfazer desejos dos seus consumidores. A Internet tem proporcionado ao consumidor fácil acesso a bens e serviços através de buscas online, para tanto, o desafio dos profissionais de marketing é decidir que tipos de produtos ou serviços os clientes querem adquirir e quais recursos eles querem para comparar os produtos ou serviços (BOSE; CHEN, 2009).

O marketing direto tem sido relacionado como um dos métodos de marketing mais eficazes com o objetivo de maximizar o valor da vida útil do cliente (KIM; SONG; KIM, 2009). No marketing direto tem-se utilizado técnicas inovadoras com o intuito de obter vantagens competitivas. Desta forma, essas técnicas oferecem ao profissional de marketing direto as ferramentas necessárias para tomar decisões precisas, rápidas e que agregam valor (SERET et al., 2012).

Para Kotler e Armstrong (2007), as campanhas de promoção são importantes ferramentas de marketing direto para melhorar o lucro econômico de uma empresa, seja adquirindo novos clientes ou gerando receita adicional de clientes existentes.

Dentre as indagações geradas em campanhas de promoção, uma delas é seguinte interrogação: quais produtos segmentados na campanha devem ser oferecidos a quais clientes, a fim de maximizar o lucro? Esta pergunta torna-se vitalmente importante sob as condições de um orçamento limitado e um limite inferior no objetivo de vendas de cada produto (CETIN; ALABAS-USLU, 2015).

Nobibon, Leus e Spieksma (2011) desenvolveram um relevante estudo sobre modelos de otimização para ofertas direcionadas em marketing direto, que serviu de embasamento para este e outros trabalhos.

O estudo realizado nesta pesquisa busca complementar o trabalho de Souza (2018), sugerindo que se conheçam os valores exatos ou limitantes superiores para instâncias com tratamento de canibalismo para uma melhor comparação dos resultados. Ao longo desta pesquisa, estes resultados serão tratados com a nomenclatura Com Canibalismo.

Souza (2018), em seu trabalho, reproduziu também as heurísticas de Nobibon, Leus e Spieksma (2011), sendo assim, a presente pesquisa irá reproduzir o método exato que encontra os limitantes superiores de Nobibon, Leus e Spieksma (2011), considerando estes resultados como Sem Canibalismo.

Buscou-se também adotar novos critérios para originar pares canibais, distintos dos já conhecidos para o problema e suas respectivas instâncias, desta forma, oferecendo ao solucionador novos problemas, originando novas soluções, a fim de realizar contribuir com análises do desempenho do método exato aplicado.

Dado que o grande público alvo deste trabalho são Instituições de Ensino, acadêmicos e pesquisadores que podem vir a apropriar-se do mesmo, a fim de oportunizar novas contribuições aos estudos ligados a métodos quantitativos para a tomada de decisão, a pesquisa justifica-se principalmente por sua relevância teórica, pois irá contribuir para a literatura e futuras pesquisas, posto que atualmente os estudos referentes aos métodos exatos e marketing direto são escassos, ou, em sua maioria baseiam-se unicamente em algoritmos heurísticos.

Por consequência da utilização de um solucionador de apoio a decisão para a resolução do problema de marketing direto com oferta de produtos, com e sem a inclusão do efeito de canibalismo entre produtos, a pesquisa avalia também o desempenho do Solver Comercial IBM ILOG CPLEX Optimization Studio para o problema em questão. Sendo assim, o trabalho justifica-se também pelo apoio que pode oferecer as organizações e pesquisadores que trabalham com solvers

comerciais, sintetizando informações e expondo benefícios e limitações dos mesmos.

Por fim, reconhecendo a importância que as ações voltadas ao marketing direto concedem as empresas, o trabalho justifica-se conjuntamente pela contribuição ao campo do marketing direto com oferta de produtos, pois apresenta um estudo que procura se assemelhar as situações reais de uma organização, cujos dados possuem conjuntos de clientes, produtos a serem ofertados, restrições que devem ser consideradas e a busca pelo melhor retorno da campanha com o intuito de maximizar os lucros através da melhor oferta.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação estrutura-se em oito capítulos, conforme ilustra Figura 1. No presente capítulo apresenta-se uma breve introdução sobre o estudo a ser realizado, assim como, os objetivos que devem ser atingidos para que o trabalho obtenha êxito.

Figura 1 - Estrutura do projeto de dissertação



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

O capítulo dois apresenta a contextualização da Pesquisa Operacional (PO), definições sobre complexidade computacional e métodos de resolução dos

problemas de otimização. O terceiro capítulo referencia o marketing, conceitos sobre o marketing direto e sistemas de informação de marketing (SIM).

O capítulo quatro, explana sobre o solucionador de otimização ou solver comercial, utilizado na pesquisa. O quinto capítulo descreve o problema de marketing direto com oferta de produtos e alguns estudos relacionados a problemática em questão.

O sexto capítulo refere-se a metodologia que será aplicada ao estudo e a fundamentação na qual a mesma está baseada, que de acordo com as características do trabalho, é a PO. O sétimo capítulo apresenta os resultados e análises dos testes provenientes dos estudos realizados no decorrer da pesquisa. Por fim, as considerações finais, referências e apêndices.

2 PESQUISA OPERACIONAL

Neste capítulo serão abordados conceitos básicos referentes a pesquisa operacional, cuja finalidade é fornecer técnicas que auxiliam organizações nas tomadas de decisões para proporcionar melhores resultados.

2.1 VISÃO GERAL DA PESQUISA OPERACIONAL

A Pesquisa Operacional (PO) é uma ferramenta para auxiliar na tomada de decisões embasadas em dados e aplicável a diversos setores, permitindo realizar escolhas prudentes e adequadas através de previsões das situações-problema, minimizando custos e maximizando os lucros. Ao encontrar, após análises de um conjunto de restrições, a melhor solução para um problema, pode-se dizer que se tem a solução ótima.

Conforme apontado por Hillier e Lieberman (2013), a PO tem crescido de forma notável desde a passagem da Revolução Industrial, visto que após esse período as organizações evoluíram e acompanhado deste progresso a complexidade nos processos.

Como ferramenta de tomada de decisão, PO é uma ciência e também uma arte. Em virtude das técnicas matemáticas utilizadas considera-se uma ciência, no entanto, o sucesso do modelo matemático utilizado depende da criatividade e experiência da equipe, tornando-se uma arte (TAHA, 2008).

Hillier e Lieberman (2013) compartilham sobre o início da atividade que deu nome à pesquisa operacional está ligada à Segunda Guerra Mundial, onde havia necessidade de alocar os escassos recursos em diversas operações militares e de maneira eficiente, sendo assim, convocou-se um grande número de cientistas para realizar pesquisas sobre operações (militares). Ao final da guerra, o sucesso da PO no empreendimento bélico promoveu interesse fora da aplicação militar, voltando-se novamente aos problemas de difícil resolução nas organizações que em muito se assemelhavam aos desafios no período da guerra, apenas em outro contexto.

De acordo com Belfiore e Fávero (2013), a crescente necessidade da utilização das ferramentas da PO, está relacionada a alguns fatores como o aprimoramento das técnicas de pesquisa e de levantamento de dados, o entendimento de pesquisadores das mais diversas áreas de estudo sobre a

importância da pesquisa operacional e o desenvolvimento de pacotes computacionais que possibilitem a inclusão de uma quantidade grande de dados e proporcionem a elaboração de modelos com maior rapidez e precisão.

Em virtude de sua eficiência, a PO está sendo aplicada em áreas distintas como manufatura, transporte, construção, telecomunicações, planejamento financeiro, assistência médica, militar, serviços públicos dentre outros que compõem a excepcional gama de aplicações (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

Belfiore e Fávero (2013) manifestam o interesse das empresas e da academia nas ferramentas da pesquisa operacional, cuja utilização, permite gerar respostas rápidas, precisas e algumas vezes inesperadas além de informações de grande valor que podem ser determinantes em decisões como novos investimentos, expansões, continuidade de projetos, realocação de recursos, ou até para a investigação de determinado fenômeno pouco explorado.

2.2 MÉTODOS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Problemas de otimização objetivam encontrar soluções viáveis que utilizem da melhor maneira os recursos disponíveis. Barbosa (2016), reflete sobre o desafio que está relacionado a resolução eficiente de problemas de otimização combinatória, onde é necessário encontrar soluções de boa qualidade em tempo aceitável, independentemente se o método utilizado for pesquisa local, métodos exatos ou heurísticas.

No pensamento de Belfiore e Fávero (2013), após a construção do modelo, a próxima fase será a solução do mesmo, utilizando técnicas de PO. Para Talbi (2009) problemas de otimização podem ser solucionados através de um método exato ou um método aproximado.

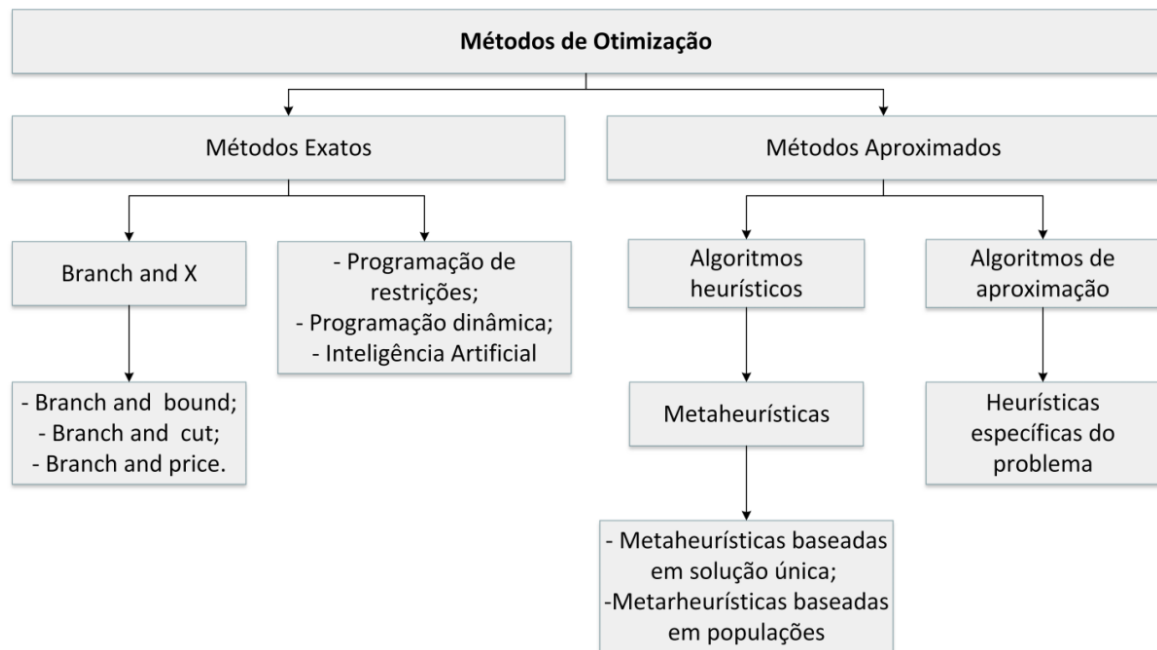
Métodos exatos tem potencial para encontrar soluções ótimas, no entanto, ao serem aplicados na resolução de problemas da vida real com grandes dimensões, muitas variáveis e restrições podem apresentar-se ineficientes e demorados (BARBOSA, 2016). Algumas técnicas relacionadas aos métodos exatos são *branch and bound*, *branch and cut*, *branch and price*, programação de restrições; programação dinâmica e inteligência artificial.

Em casos onde não é viável encontrar uma solução ótima é comum utilizar métodos aproximados, os quais subdividem-se em: Algoritmos de Aproximação e Algoritmos Heurísticos.

Algoritmos de aproximação fornecem qualidade de solução próxima ao ótimo e limites de tempo de execução prováveis (TALBI, 2009). Algoritmos heurísticos, são capazes de encontrar boas soluções e quando bem formulados, podem fornecer uma solução muito próxima ao ótimo ou ainda concluir que tais soluções não existem (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

A Figura 2 é adaptada de Talbi (2009) e ilustra os métodos clássicos de otimização.

Figura 2 - Métodos clássicos de otimização



Fonte: Adaptado de Talbi, (2009).

Para Goldberg e Luna (2005) a combinação de técnicas heurísticas com os métodos exatos são utilizadas especialmente para produzir limites e soluções viáveis de boa qualidade.

Em problemas de minimização, o limite superior pode ser atingido através de heurísticas eficientes que acarretem em soluções de boa qualidade (ou a melhor solução encontrada até o momento), cujo o limite inferior pode ser encontrado através da relaxação do problema (BELFIORE; FAVERO, 2013).

Os autores Belfiore e Favero (2013), complementam que em problemas de maximização o limite inferior pode ser obtido por meio de heurísticas resultantes do algoritmo, já o limite superior pode ser obtido pela relaxação do problema.

No segundo capítulo deste trabalho, apresentou-se a visão geral da Pesquisa Operacional e os métodos utilizados para resolver problemas de otimização, introduzindo assim, o assunto constantemente mencionado ao longo da pesquisa. Serão dispostos no próximo capítulo, conceitos referente ao marketing, cuja temática é abordada e otimizada neste estudo.

3 MARKETING

Neste capítulo apresentam-se fundamentos básicos referente ao marketing embasando a problemática do estudo que une a pesquisa operacional ao marketing direto.

3.1 VISÃO GERAL DO MARKETING

Conforme Kotler e Armstrong (2007) muitas pessoas entendem o marketing simplesmente como vendas e propaganda, o que não é nada inexplicável, posto que todos os dias apresentam-se um grande número de comerciais de televisão, malas diretas e ofertas na internet, no entanto, todas essas informações representam uma pequena parte do marketing

Pride e Ferrell (2012) fortalecem a ideia de que o marketing está além de ser apenas simples propaganda e vendas, ele engloba diversos processos que iniciam com o desenvolvimento do produto, a gestão do mesmo e os serviços disponibilizados de acordo com as necessidades dos clientes

Drucker (1973) considera que a necessidade de vender sempre irá existir, no entanto, o marketing tem o propósito de tornar supérfluo o esforço de venda, conhecendo e entendendo o cliente tão bem que o produto ou serviço o satisfaça de tal forma que se venda sozinho.

Marketing pode ser visto como a função empresarial capaz de perceber necessidades e desejos insatisfeitos e selecionar quais serão os mercados-alvo, produtos, serviços e delineamentos apropriados para servir os mercados definidos, além de estabelecer que toda a organização volta-se para pensar no cliente e atender o cliente (KOTLER, 2003).

Kotler e Armstrong (2007) definem marketing como um processo administrativo e social pelo qual indivíduos e organizações alcançam o que necessitam e desejam por meio da criação, troca de valor e construção de fortes relacionamentos.

De acordo com Thomas e Housden (2017), marketing é o processo de gestão que identifica, antecipa e satisfaz os requisitos do cliente de forma rentável.

Para que os gestores elaborarem a combinação adequada de estratégias de marketing é fundamental que se tenha informações suficientes que embasem a tomada de decisão (KOTLER; KELLER, 2006).

Como forma de auxiliar as estratégias de marketing, Perreault e McCarthy (2002), sugerem a estrutura chamada de 4Ps: produto (*product*), lugar (*place*), promoção (*promotion*) e preço (*price*), compondo o mix de marketing, desenvolvendo o produto oportuno, tornando-o disponível no lugar apropriado com a promoção e preço adequados para satisfazer o público alvo e atingir os objetivos do negócio. Ressalta-se que o mix de marketing é composto por variáveis controláveis que influenciam a forma como os consumidores respondem ao mercado (MCCARTHY, 1978).

Rowley (2006) propõe a adição de 3Ps aos 4Ps sugeridos anteriormente, alegando ser fundamental incluir para o setor de serviços: pessoas (*people*), processos (*process*) e espaço físico (*physical environment*).

Com o passar dos anos o marketing está cada vez mais tecnológico e o comportamento do consumidor também se alterou com a tecnologia, desta forma, Adolpho (2011), propõe um processo cíclico constituído como uma estratégia para o marketing digital. O autor denomina os 8Ps de pesquisa, planejamento, produção, publicação, promoção, propagação, personalização e precisão.

3.1.1 Marketing Direto

É notável a constante e crescente preocupação das organizações com seus clientes, utilizando cada vez mais, estratégias para promover seus produtos e serviços, buscando satisfazer desejos dos seus consumidores. Muitas empresas têm adotado abordagens de marketing direto, esta abordagem tem o propósito de aumentar a taxa de resposta das campanhas (MIGUÉIS; CAMANHO; BORGES, 2017).

De maneira geral, conforme apontado por Bose e Chen (2009), existem duas abordagens que são utilizadas na prática, o marketing de massa e o marketing direto. Os autores acrescentam, o marketing de massa atinge grandes grupos de clientes, normalmente a mídia de massa utilizada engloba televisão, rádio, revistas e jornais, no entanto não existe distinção do que interessa para determinado cliente, já

o marketing direto distingue os clientes e os submete a diferentes informações de marketing.

Para Thomas e Housden (2007), o marketing direto pode conter os aspectos relacionados aos processos de marketing e não é uma alternativa ao marketing, mas parte integrante dele. Os autores ainda determinam que as diferenças entre o marketing e o marketing direto, estão relacionadas em o marketing se concentrar no nível mais amplo do mercado, enquanto o marketing direto é mais focado no nível individual, utilizando técnicas de gerenciamento de informações.

O marketing direto define-se como um sistema de marketing interativo de diversos canais de mídias publicitárias estabelecendo uma relação direta contínua entre uma organização e seus clientes (Rowley, 2006). Desta forma, Lima (2015), considera o marketing direto como uma ferramenta de comunicação personalizada, cuja intenção é transmitir mensagens customizadas ao consumidor, almejando retorno rápido à campanha promovida.

Conforme apontado por Kotler e Armstrong (2007), estratégias de marketing direto eficazes estão ligadas a um bom banco de dados. Para Belch e Belch (2014), esses bancos de dados são elementos fundamentais na gestão de relacionamento com o consumidor, envolvendo o acompanhamento das preferências e do comportamento dos mesmos, bem como alterações nos bens ou serviços oferecidos, buscando assim, suprir a necessidade e desejos individuais da melhor maneira possível.

Um grande número de empresas possui bancos de dados com características e informações relevantes sobre seus clientes, como por exemplo, nomes, perfis, padrões de compra, preferências de mídia, classificação de crédito e informações financeiras (BELCH; BELCH, 2014). O desempenho de uma organização está diretamente ligado ao conhecimento que ela tem sobre seus consumidores (KOTLER; ARMSTRONG, 2007).

Atualmente o marketing online é uma das mais importantes ferramentas de marketing, em virtude do seu poder de abrangência de cobertura da internet (LIMA, 2015) Ressalta-se, que grande parte das empresas, até mesmo as tradicionais, possuem presença na *web*, muitas vezes tornando-se concorrentes físicos e virtuais (KOTLER; ARMSTRONG, 2007). Para Lima (2015), o marketing online desperta uma nova forma de relacionamento com os consumidores, chamado de marketing interativo.

Para Thomas e Housden (2017), a combinação das comunicações digitais instantâneas de hoje com técnicas de marketing desenvolvidas e aperfeiçoadas, possibilita fornecer aos profissionais de marketing informações em minutos em vez de semanas. Assim, novas tecnologias combinadas com o processo de marketing direto e digital tornam-se eficientes instrumentos para orientar e executar campanhas e estratégias de marketing objetivando atingir maiores retornos.

3.1.2 Sistema de Informação de Marketing

Cada vez mais as organizações buscam recursos e ferramentas de gerenciamento que lhes permitem responder as necessidades e a alta competitividade do mercado, com agilidade.

O gerenciamento de marketing requer informações relevantes para planejar e tomar decisões sobre uma estratégia de marketing, incluindo informações sobre o mercado, consumidores, concorrentes e fatores ambientais que possam afetar a estratégia de marketing (WIID; DIGGINES, 2009).

A informação é fundamental para o processo de tomada de decisão, essa informação é fornecida principalmente pela tecnologia da informação (TI) e tem grande relevância para finanças, operações, logística e marketing (KUBIAK; KOWALIK, 2010).

Para Semenik e Bamossy (1995), o sistema de informações de marketing (SIM ou em inglês MIS, marketing information systems) se estabelece como um conjunto de pessoas e máquinas que interagem para gerar informações a partir de uma base de dados, originários de fontes internas e externas da organização, auxiliando o processo decisório de marketing.

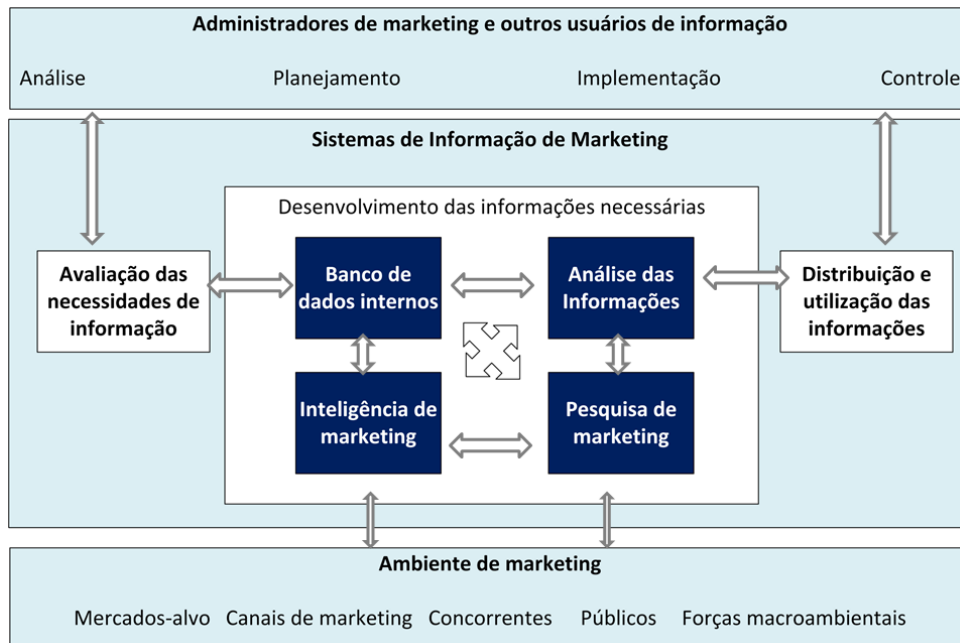
Kubiak e Kowalik (2010) afirmam que as ferramentas de tecnologia da informação implicam em um importante papel nas organizações, pois promovem confiabilidade e informações rápidas, contribuindo para minimizar os riscos no processo de tomada de decisão.

Na Figura 3 de acordo com a explanação de Kotler e Armstrong (2007), o sistema funciona da seguinte forma:

- Primeiramente o sistema interage com os usuários para identificar as necessidades de informação;

- O segundo passo é gerar as informações necessárias de acordo com o banco de dados interno da organização, das atividades de inteligência de marketing e da pesquisa de marketing;
- Após essa etapa, o SIM auxilia os usuários nas análises, para que as informações sejam apresentadas adequadamente aos interessados;
- Por último ocorre a etapa em que o SIM repassa as informações de marketing para os administradores e os auxilia para que elas sejam utilizadas como suporte na tomada de decisões.

Figura 3 - Exemplo do funcionamento de um SIM



Fonte: Adaptado de Kotler e Armstrong (2007)

Nota-se na Figura 3 que o SIM tem seu início e fim ligado aos usuários da informação, que podem ser identificados como os administradores de marketing, parceiros internos, externos e demais partes que necessitem das informações do marketing (KOTLER; ARMSTRONG, 2007).

Para Queiroz e Oliveira (2014), o SIM é um sistema complexo, estruturado e interativo, envolvendo pessoas, máquinas e procedimentos, gerando fluxo de dados ordenados e contínuos, a partir de fontes internas e externas da empresa servindo de base para a tomada de decisões.

O capítulo que se encerra, aborda conceitos fundamentais do marketing e evidencia a relevância do marketing direto, visto que por ser um problema real, as

investigações científicas são valorosas, pois buscam fornecer embasamento para aprimorar as estratégias de maximização de lucros. Sendo assim, o próximo capítulo explana sobre o solver comercial IBM ILOG CPLEX Optimization Studio, utilizado neste trabalho como método exato para a resolução do problema de marketing direto com oferta de produtos.

4 SOLVER PARA OTIMIZAÇÃO DE PROBLEMAS

Neste capítulo é apresentado o solver, utilizado no decorrer do estudo para resolução do problema de marketing direto com oferta de produtos.

Hillier e Lieberman (2013) relatam que os problemas de programação linear eram resolvidos, quase que exclusivamente por mainframes. É comum utilizar o termo mainframe para se referir à unidade de processamento central de um grande computador (ANDERSON, 1998).

Belfiore e Fávero (2012) apontam a existência de diversos *softwares* no mercado voltados para solução de problemas de programação linear, como softwares de planilhas eletrônicas e GAMS, AMPL, AIMMS, que estão classificadas como linguagens ou sistemas de modelagem algébrica (*Algebraic Modeling Language* - AML). A disponibilidade de uma linguagem de modelagem algébrica permite enfatizar a tipos gerais de modelos que podem ser usados para descrever problemas de otimização em larga escala. Belfiore e Fávero (2012), complementam referente às linguagens mencionadas, pois as mesmas possuem uma interface aberta que possibilita a conexão com diversos pacotes de otimização ou solver, que encontram a solução do modelo.

Se for possível expressar o problema em programação linear, mesmo que o problema tenha milhares de restrições e variáveis, será possível também encontrar uma solução ideal com precisão e rapidez, pois a simplicidade das funções lineares possibilitam modelos lineares descomplicados de formular, interpretar e analisar (FOURER; GAY; KERNIGHAN, 2002).

Borodin et al. (2018), em sua pesquisa une técnicas de simulação e otimização integrando o *software* ARENA e CPLEX e afirma que simulação e otimização representam duas importantes ferramentas amplamente exploradas para auxiliar em aplicações nas industriais, na área de engenharia, gestão e tomada de decisão, sendo assim, métodos de otimização e simulação tem ganhado destaque, estudados e especializados, bem como as ferramentas de *software* que tem surgido no mercado. Entre essas ferramentas, o IBM ILOG CPLEX Optimization Studio, geralmente referido simplesmente como CPLEX (DONOGHUE, 2015).

Anand, Aggarwal e Kumar (2017), compararam em sua pesquisa três solucionadores: CPLEX, Gurobi e XPRESS, e, através dos resultados os autores concluíram que o CPLEX e o Gurobi fornecem soluções de otimização competitivas,

contudo, o CPLEX demonstra um desempenho melhor que o Gurobi sob alta dimensionalidade.

Para Donoghue (2015), que realizou em seu estudo comparação de solvers de programação inteira, afirma que o *software* de otimização CPLEX é o mais utilizado, tonando-se o líder de mercado em tecnologia de solver, onde além de o solver básico, o CPLEX tem uma linguagem de modelagem, OPL e ligações Java e oferece um ambiente de modelagem integrado.

Em seu trabalho, Anand, Aggarwal e Kumar (2017), apresentaram algumas tabelas, a Tabela 1 refere-se a comparação dos três solvers, já a Tabela 2 ilustra a evolução do solver comercial IBM ILOG CPLEX Optimization Studio.

Tabela 1 - Comparação de capacidade entre CPLEX, Gurobi e Xpress

	CPLEX	Gurobi	XPRESS
Ampla gama de API suportada	Sim	Sim	Sim
Idioma exclusivo aceito	OPL	-	Mosel
Funciona na nuvem	Sim	Sim	Sim
Convexo LP / MIQP	Sim	Sim	Sim
Migração para outros	Sim	Sim	-
Suporta Multi Objetivos	Sim	Sim	-
LP / MIQP não convexo	Sim	-	-
GUI	Sim	-	Sim
Melhor desempenho	Único núcleo	Multi núcleo	Único núcleo

Fonte: Adaptado de Anand, Aggarwal e Kumar (2017)

Conforme IBM (2017), a ferramenta IBM ILOG CPLEX Optimizer foi desenvolvida para solucionar problemas de otimização linear, conhecidos também como problemas de programação linear (LP). O CPLEX é um dos *softwares* de otimização mais avançados atualmente - após a versão 12.2 - o pacote do solucionador está mais completo e apresenta suporte para problemas em larga escala (Anand; Aggarwal; Kumar, 2017).

Tabela 2 - Evolução do Solver CPLEX

Versão	Ano	Melhorias	Problema dominante
CPLEX 1.0	1988	Solver LP	Simplex LP
CPLEX 2.0	1992	Branch and bound simples, cortes limitados	MIP
CPLEX 6.0	1998	Branch and bound simples, cortes limitados, dual simplex mais rápido	

CPLEX 6.5	1999	Cinco heurísticas de nó diferentes, Seis tipos de planos de corte	
CPLEX 7.0	2000	LP padrão método dual simplex, pré-processamento, valor semi-contínuo e semi-inteiro	
CPLEX 8.0	2002	Novo método adicionado ao modelo LP, otimização simultânea	QP Simplex Convex MIQP
CPLEX 9.0	2003	Pesquisa de vizinhança induzida por relaxamento - Relaxation induced Neighborhood search(RNS)	Convex QCP, MIQCP,SOCP
CPLEX 10.0	2006	Melhorias para MIQPs, Alterações no comportamento de início do MIP, Relaxamento viável, Indicadores, Solução de polimento (Solution Polishing)	
CPLEX 11.0	2007	Solution pool, Tuning tool, Parallel mode	
CPLEX 12.1	2009	Conector para mathWorks, MATLAB, Excel, API python CPLEX, algoritmo determinístico de barreira paralela, algoritmos paralelos	
CPLEX 12.2	2010	Nova funcionalidade para o MATLAB e PYTHON, MIP kappa, MSF	
CPLEX 12.4	2011	Interface de expressão quadrática, duplas de SOCP e custos reduzidos, limite de tempo determinístico, novo formato de arquivo - Programa Linear Anotado (ALP)	Non Convex QP, MIQP
CPLEX 12.6	2013	Solução Global de MQP Não Convexo, Otimização MIP Paralela Distribuída	
CPLEX 12.7	2016	<i>Modeling assistance, Annotating the model</i> , Novos códigos de erro	
CPLEX 12.8	2017	Melhorias de desempenho em uma ampla gama de tipos de problemas; OPL e IDE disponíveis no MacOS; Nova estrutura de callback no CPLEX.	

Fonte: Adaptado de Anand, Aggarwal e Kumar (2017) e IBM Decision Optimization (2019)

Com o intuito de difundir e incentivar pesquisas de otimização, atualmente o solucionador CPLEX está disponível ao uso acadêmico gratuitamente, em sua versão integral, onde o requisito para solicitação do *software* é a comprovação de vínculo, através de um endereço de e-mail fornecido pela Instituição.

O solver encontra-se disponível para diversas plataformas, tais como Windows e UNIX, sua interface funciona da mesma forma e oferece as mesmas funcionalidades (IBM, 2017).

Desta forma, o capítulo 4 retrata o embasamento dos fatores pelos quais adotou-se o solver comercial IBM ILOG CPLEX Optimization Studio como solucionador dos problemas delineados pela pesquisa, definindo assim, o método exato utilizado. O capítulo que segue, aborda estudos de otimização referente ao marketing direto com oferta de produtos e informações sobre o modelo matemático explorado na presente pesquisa.

5 MARKETING DIRETO COM OFERTA DE PRODUTOS

O presente capítulo relata o problema de marketing direto com oferta de produtos e estudos anteriores realizados com a problemática em questão, fornecendo desta forma, embasamento para melhor compreensão do trabalho em questão.

5.1 ESTUDOS ANTERIORES

Embora o assunto do marketing direto com oferta de produtos seja relevante, ainda tem recebido pouca atenção da literatura, os estudos são escassos e em sua maioria as abordagens estão relacionadas as heurísticas. Neste tópico, serão apresentados alguns autores que se dedicaram a esta temática e tornaram-se direcionador para o presente estudo.

Cetin e Alabas-Uslu (2015) propõem para o problema de segmentação de produtos duas abordagens heurísticas nomeadas de H-R1 E H-R2, resolvendo o problema de forma bifásica, as fases são conectadas por meio de heurísticas. Na fase I, apresenta-se um novo modelo de programação linear, cujo intuito é prever quais produtos são selecionados ou removidos da campanha. Já na fase II, os produtos selecionados na fase I são distribuídos aos clientes de forma otimizada por outro modelo de otimização.

Conforme Cetin e Alabas-Uslu (2015), os resultados obtidos dos experimentos, apontam que ambas as abordagens apresentam-se superiores aos métodos propostos na literatura em termos de qualidade da solução dentro de um tempo de computador mais curto ou mais razoável, lembrando que as abordagens propostas possibilitam a resolução de problemas até 40.000 clientes e 40 produtos.

Coelho et al. (2017), aborda uma versão mais complexa do problema de marketing direto, que trata além da maximização do lucro da campanha de promoção também do risco associado a oferta, ou seja, a probabilidade do cliente responder negativamente a campanha. Este modelo utiliza o índice de Sharpe que refere-se a uma medida do desempenho ajustada ao risco; este índice é calculado dividindo o índice de prêmio de risco pelo seu desvio padrão, onde a carteira com o maior índice de Sharpe é chamada de carteira ótima (ROSS et al., 2015).

Coelho et al. (2017), utiliza em seu estudo técnicas como *Greedy Randomized Neighborhood Structure* juntamente com uma técnica *Greedy Randomized Constructive*, aliadas a uma busca local Pareto com vizinhança variável. *Pareto local search algorithms* (Algoritmos de pesquisa local Pareto), fundamenta-se em uma estratégia de exploração para passar de um conjunto de soluções atuais para um conjunto vizinho que melhora a solução atual (DRUGAN; THIERENS, 2012)

No estudo de Coelho et al. (2017), as soluções candidatas devem respeitar as restrições da campanha, que estão relacionadas ao lucro mínimo desejado dos investidores, orçamento disponível, viabilidade das ofertas de produtos e restrições do cliente.

O presente trabalho está fortemente fundamentado na pesquisa realizada por Nobibon, Leus e Spieksma (2011), e proporciona continuidade ao seu estudo, que investigou o desenvolvimento de modelos de otimização para ofertas segmentadas em uma campanha de promoção, objetivando maximizar o lucro sujeito a restrições de negócio. Os autores desenvolveram oito algoritmos, sete baseados em métodos exatos e um baseado na meta-heurística Busca Tabu. Os melhores resultados foram apresentados pelo algoritmo Busca Tabu e *Branch-and-Price*.

Müller, Bonilha e Souza (2018) realizaram testes heurísticos utilizando os mesmos conjuntos de instâncias da presente pesquisa, onde propuseram um algoritmo genético, que gera uma solução inicial de boa qualidade, cuja solução é melhorada por uma versão modificada do procedimento de Busca Tabu implementado por Nobibon, Leus e Spieksma (2011). O algoritmo elaborado pelos autores, foi desenvolvido para com potencial para lidar com diferentes combinações de produtos nas soluções-mãe, mantendo-se viável na solução da prole.

5.2 O PROBLEMA DE MARKETING DIRETO COM OFERTA DE PRODUTOS

A ligação entre uma organização e seus clientes é um vínculo que pode ser desfeito, sendo assim, os gerentes de marketing se concentram em adquirir e também a manter seus clientes, e, uma das estratégias utilizadas é oferecer diferentes campanhas de promoção (CETIN; ALABAS-USLU, 2015).

O problema de marketing direto com oferta de produtos pode ser encontrado também com o nome: problema de campanha de promoção. O propósito do problema de marketing direto é realizar a análise de quais produtos devem ser ofertados para quais clientes com a finalidade de maximizar os lucros respeitando as restrições estabelecidas.

Este problema é considerado um problema de otimização. Problemas de otimização são caracterizados por terem diferentes soluções possíveis, as soluções analisadas e comparadas buscam encontrar uma resposta viável, ou valor ótimo para um determinado problema levando em conta várias restrições de negócios. Otimização combinatória refere-se a um ramo da matemática e da ciência da computação que analisa problemas de otimização em conjuntos, normalmente em um tempo determinado (CORDENONSI, 2008).

De acordo com Nobibon, Leus e Spieksma (2008) uma campanha de promoção objetiva encontrar uma maneira de obter um lucro máximo oferecendo um número de diferentes produtos para determinados clientes, considerando as restrições, como por exemplo, a taxa de retorno sobre o investimento, o limite orçamentário atribuído a cada produto é limitado e o número máximo de produtos que podem ser oferecidos a cada cliente.

Nesta mesma linha de pensamento Oliveira et al. (2014) explana que o Problemas de Marketing Direto com Oferta de Produtos (PMDOP), busca definir os clientes potenciais para receber uma determinada oferta, maximizando os lucros e respeitando as restrições, conforme já mencionado por outros autores.

Como forma de ilustrar o problema de marketing direto com oferta de produtos, Oliveira et al. (2014) sugere um modelo simplificado, que supõe dois produtos para oferta e três clientes, sendo $n = 2$ (produto) e $m = 3$ (cliente), conforme observa-se na Figura 4.

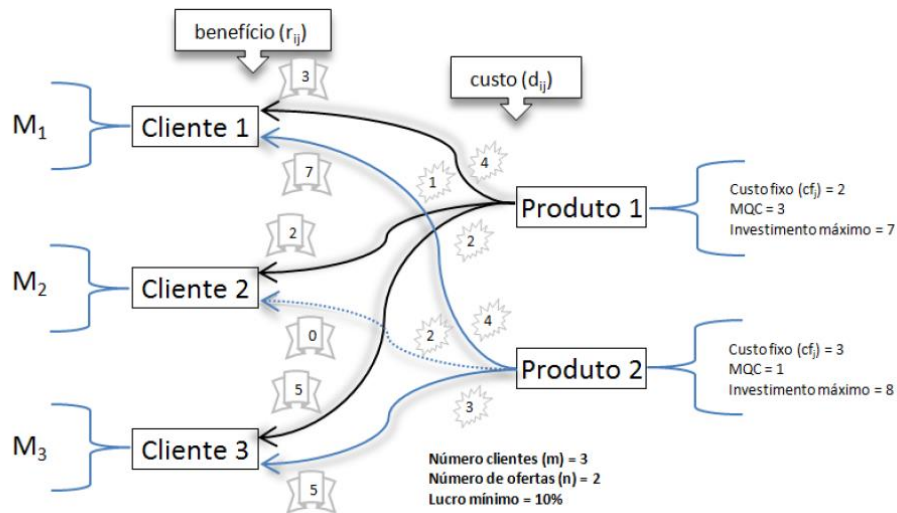
Conforme Oliveira et al.(2014), os valores obtidos são expressados em dólares (US\$). Nota-se que:

- O produto 1 foi oferecido para os clientes M_1 , M_2 e M_3 , agregando um custo (d_{ij}) igual a \$7 (respeitando a restrição de investimento máximo \$7) e \$10 de benefício (r_{ij}). O produto 1 foi ofertado 3 vezes, respeitando a restrição de oferta mínima (MQC);

- O produto 2 foi oferecido apenas para os clientes M_1 e M_3 , com um custo (d_{ij}), igual a \$7 (respeitando a restrição de investimento máximo \$8) e benefício total

de \$12 (r_{ij}). O produto 2 foi ofertado 2 vezes, onde a restrição de oferta mínima (MQC) é pelo menos 1 oferta, respeitando assim, a restrição estabelecida;

Figura 4 - Demonstração do funcionamento do problema de marketing direto com oferta de produtos



Fonte: Oliveira et al.(2014).

Percebe-se que todas as restrições do problema modelo são atendidas, resultando em:

- Retorno total da campanha igual \$22, dos quais, \$10 referem-se ao benefício do produto 1 e \$12 ao benefício do produto 2;
- Investimento total da campanha igual a \$19, sendo que:
 - o investimento total do produto 1 é \$9, dos quais, d_{ij} ($\$4+\$1+\2) = \$7 e de custo fixo cf_j = \$2
 - o investimento total do produto 2 é \$10, dos quais, d_{ij} ($\$4+\3) = \$7 e de custo fixo cf_j = \$3
- Lucro obtido com a campanha de aproximadamente 15,78%, obedecendo também a restrição de lucro mínimo deste problema, que é 10%.

No modelo sugerido por Oliveira et al.(2014), atendeu-se também as restrições individuais de cada produto, respeitando os investimentos máximos disponíveis para cada produto e um número mínimo de ofertas.

O problema em questão é um problema de otimização combinatória e pode ser considerado como um problema da mochila 0,1, ou em inglês, *knapsack problem* e é classificado pela literatura como pertencente à classe NP-difícil (NOBIBON;

LEUS; SPIEKSMASMA, 2011, OLIVEIRA et al., 2014), em que resolver o problema em um tempo razoável não é tarefa simples.

O chamado problema da mochila, usando uma metáfora, pode ser compreendido como o desafio de encher uma mochila sem ultrapassar um determinado limite de peso, otimizando o valor dos produtos carregados (GOLDBARG; LUNA, 2005). Relacionando ao problema de marketing direto com oferta de produtos, seria ofertar o número máximo de produtos ao máximo de clientes possíveis, respeitando as restrições estabelecidas pelo problema, objetivando maximizar o lucro.

5.3 O MODELO ESTUDADO

Seguindo o modelo exposto por Nobibon, Leus e Spieksma (2011), para problemas de campanha de promoção considera-se as seguintes restrições:

- Taxa de retorno do investimento deve ser atingida para a campanha;
- Orçamento alocado para cada produto é limitado;
- Limite superior é imposto sobre o número de produtos que podem ser oferecidos a cada cliente;
- Número mínimo de clientes para cada produto considerado para a campanha.

O modelo de Nobibon, Leus e Spieksma (2011), pode ser exposto através da seguinte explicação:

A partir de um conjunto de clientes $C = [c_1, c_2, \dots, c_m]$ e um conjunto de oferta de produtos $O = [o_1, o_2, \dots, o_n]$, associa-se um custo $c_{ij} > 0$ e um benefício $r_{ij} \geq 0$ em a oferta do produto $j \in O$ ser direcionada para o cliente $i \in C$.

Todo cliente $i \in C$, existe um número M_i que se refere ao número máximo de produtos que o cliente i , pode receber. Cada oferta de produto $j \in O$, possui um número mínimo $O_{min} j$ de produtos que devem ser oferecidos para determinada campanha, além do lucro mínimo esperado R ou *hurdle rate*, investimento B_j disponível para o produto j e, por último, um custo fixo f_j se o produto j for utilizado na campanha de divulgação.

5.3.1 Nomenclatura dos conjuntos do modelo

Para facilitar a compreensão, apresentam-se no Quadro 1 os conjuntos utilizados para o modelo.

Quadro 1 - Conjuntos utilizados no modelo

C	Conjunto de clientes
O	Conjunto de oferta de produtos
Can	Conjunto de pares (i,j) de produtos canibais

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2014).

5.3.2 Nomenclatura dos parâmetros do problema

Os parâmetros do problema estão relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 - Parâmetros utilizados no modelo

j	Produto ofertado, $j \in O$ (<i>produto pertence ao conjunto de ofertas de produtos</i>)
i	Cliente, $i \in C$ (<i>cliente pertence ao conjunto de clientes</i>)
r_{ij}	Refere-se a probabilidade de o cliente i reagir positivamente a uma oferta do produto j
DFV_{ij}	Retorno obtido pela empresa quando o cliente i responde positivamente à oferta do produto j
p_{ij}	Retorno esperado (receita) do cliente i quando o produto j é ofertado (logo $p_{ij} = r_{ij}DFV_{ij}$)
c_{ij}	Custo associado com a oferta do produto j ao cliente i
NPP_{ij}	Lucro potencial líquido, do inglês " <i>net potential profit</i> ", que representa a diferença de receitas e custos $(p_{ij} - c_{ij})$ associados à oferta do produto j ao cliente i
f_j	O custo fixo incorrido quando o produto j é utilizado na campanha
R	<i>Hurdle Rate</i> é a taxa mínima de retorno sobre o investimento global da campanha expresso em percentual e depende do risco do investimento
B_{ij}	Orçamento disponível para cada produto
M_i	Número máximo de ofertas que o cliente i pode receber
O_j	Refere-se ao compromisso de quantidade mínima (MQC – <i>minimum quantity commitment</i>), o número mínimo de clientes que devem receber uma oferta do produto j para que este produto faça parte da campanha.

Fonte: Adaptado de Nobibon, Leus e Spieksma (2011).

5.3.3 Variáveis de decisão

As variáveis de decisão do modelo podem ser descritas em variáveis binárias, para o problema de marketing direto com oferta de produtos; se apresentam duas decisões fundamentais:

- Se o produto j é ofertado ao cliente i ;
- Se o produto j irá fazer parte da campanha.

No Quadro 3 pode ser visualizada a descrição do funcionamento da variável.

Quadro 3 - Variáveis de decisão

$x_{ij} \in \{0,1\}$	1, se o produto j for ofertado ao cliente i , 0, caso não seja oferta
$y_j \in \{0,1\}$	1 se o produto j for utilizado na campanha, 0, caso não seja oferta

Fonte: Adaptado de Praag (2010).

De acordo com Belfiore e Fávero (2012), classifica-se como um problema de programação inteira, quando as variáveis de decisão do modelo são discretas - entende-se como variáveis discretas aquelas que assumem apenas um número finito ou infinito contável de valores, ou seja, valores inteiros - em casos em que as variáveis de decisão são binárias, 0-1, tem-se um problema de programação binária.

O problema de marketing direto com oferta de produtos caracteriza-se por suas variáveis de decisão serem inteiras e assumir valores de 0 ou 1, sendo assim, um problema de programação inteira binário.

5.3.4 Formulação Matemática

A seguir, observa-se a formulação matemática para o problema de marketing direto com oferta de produtos, conforme Nobibon, Leus e Spieksma (2011):

$$\text{Maximizar} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (p_{ij} - c_{ij})x_{ij} - \sum_{j=1}^n f_j y_j \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a:} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} x_{ij} \geq (1 + R) \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + \sum_{j=1}^n f_j y_j \right] \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m c_{ij} x_{ij} \leq B_j \quad j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq M_i \quad i = 1, \dots, m, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq m y_j \quad j = 1, \dots, n, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq O_j y_j \quad j = 1, \dots, n, \quad (6)$$

$$y_j, x_{ij} \in \{0,1\} \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n. \quad (7)$$

A função objetivo (1) refere-se à maximização da soma dos lucros líquidos, ligados a oferta de produtos aos clientes, menos o custo fixo de usar os produtos para a campanha.

A primeira restrição (2) garante que o retorno do investimento da campanha seja maior que o total de custos adicionado o percentual R (*hurdle rate*). A próxima restrição (3) possibilita que o orçamento B_j alocado ao produto j não seja ultrapassado. A terceira restrição (4) afirma que serão ofertados no máximo M_i produtos para o cliente i .

Os conjuntos de restrições (5) e (6) especificam que quando um produto j não faz parte da campanha, nenhum cliente receberá uma oferta deste produto, no entanto se o produto j participa da campanha $O_j > 0$ clientes irão receber a oferta. Por último (7) a restrição de integralidade.

Oliveira et al. (2014) baseia-se no modelo proposto por Nobibon, Leus e Spieksma (2011) e apresenta em seu estudo, variações nas abordagens heurísticas para o problema, sendo um algoritmo híbrido denominado GGVNS, a combinação dos procedimentos GRASP (*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*) e GVNS (Busca Geral em Vizinhança Variável), utilizando como busca local o método Descida em Vizinhança Variável (VND). Conforme Oliveira et al. (2014), os resultados e análises validaram a proposta, que se mostrou promissora.

O algoritmo heurístico proposto por Souza (2018), fundamentou-se na implementação de Busca Tabu proposta por Nobibon, Leus e Spieksma (2011), modificado e acrescido da meta-heurística GRASP e da restrição de canibalismo entre produtos. Conforme a autora, esta restrição acontece quando a venda de um dos produtos da empresa reduz a venda de outro produto da mesma empresa, ou seja, o algoritmo deve escolher pela promoção de apenas um produto entre dois similares.

A pesquisa realizada por Souza (2018) apresenta contribuição para comunidade científica, visto que além de existirem poucos estudos de otimização e aplicação de algoritmos heurísticos em problemas de marketing direto, até o estudo realizado pela autora, não havia na literatura a variação do problema com o efeito de canibalismo no modelo. A autora afirma que através da alteração do modelo, encontrou-se margem para evolução dos resultados encontrados e para extensões do problema que possibilita a simulação de situações reais encontradas no contexto organizacional.

Adição da restrição de canibalismo (8), proposta por Souza (2018):

$$y_i + y_j \leq 1 \forall (i, j) \in Can \quad (8)$$

A formulação matemática proposta por Souza (2018) acrescenta ao modelo de Nobibon, Leus e Spieksma (2011), anterior a restrição de integralidade, a restrição de canibalismo, que impede a oferta de produtos similares, tornando-os mutuamente excludentes.

Figura 5 - Exemplo da distribuição de produtos pertencentes aos pares canibais

$$y_i \quad \left. \vphantom{y_i} \right\} \begin{array}{l} y_{j1} = 1 \\ y_{j2} = 0 \end{array}$$

Fonte: Elaborado pela autora (2019):

Então, conforme ilustrado na Figura 5, quando um produto do par canibal receber a resposta positiva, $y_{j1}=1$, automaticamente o outro produto não é ofertado, $y_{j2}=0$.

5.3.4.1 Modelo Matemático Modificado M+

O modelo denominado M+, propõe uma alteração na formulação matemática original, neste modelo todas as restrições permanecem iguais as originais, com exceção da Equação (3).

$$\sum_{i=1}^m c_{ij}x_{ij} \leq B_j y_j, j = 1, \dots, n, \quad (9)$$

A Equação (3), é substituída pela equação (9), que multiplica o parâmetro B_j , que se refere ao orçamento disponível para abrir a oferta do produto, por y_j .

A partir desta alteração e em virtude de y_j assumir apenas valores binários, ou seja, 0 e 1, com esta modificação, desconsidera-se uma parcela de soluções que seriam possíveis.

Em virtude do descarte inicial de soluções, a implementação da estratégia do modelo M+, ocorreu com o intuito de promover impacto positivo nos tempos computacionais para a resolução do problema, visto que ao remover a parcela de soluções correspondentes a $y_j = 0$, torna-se desnecessário realizar uma série de combinações.

5.3.4.2 Análise de agrupamento para pares mutuamente excludentes

O marketing coleta grandes quantidades de dados todos os dias, no entanto, a exploração de informações em dimensões, que excedem a capacidade humana, torna necessário o uso de técnicas e métodos para identificar resultados.

Análise de agrupamentos ou *clustering*, é um dos métodos importantes de mineração, cujo objetivo é identificar padrões de grupos ou objetos semelhantes em um conjunto de dados de interesse (KASSAMBARA, 2017).

Para Kassambara (2017), a análise de *cluster* é popular em muitos campos, incluindo o marketing, na comercialização de segmentação de mercado, identificando subgrupos de clientes com perfil semelhante e que podem ser receptivos a uma forma particular de publicidade.

Souza (2018), em sua pesquisa, aplicou pares de produtos, considerados canibais, ou seja, quando um produto do par é ofertado, o outro é automaticamente excluído da oferta, sendo assim, mutuamente excludentes.

No estudo da autora, a definição de pares canibais deu-se através do método estatístico, distância euclidiana em conjunto com o método da ligação simples ou vizinho mais próximo chamado também de *Single Linkage Clustering*, cujo intuito foi avaliar quais as variáveis eram mais próximas, através do procedimento aglomerativo.

Para a definição dos pares canibais através de distância euclidiana foram identificados produtos similares, onde a autora realizou uma análise à nível de produto em função do lucro simulado por cliente, cuja seleção de variáveis mais próximas determina os pares canibais, de acordo com o número de produtos de cada instância.

Ao executar o método exato para o modelo matemático do problema Sem Canibalismo e também ao estudo com pares canibais definidos por Souza (2018), constatou-se que um número significativo de instâncias obtiveram os mesmos resultados de função objetivo em ambos problemas.

Após certificar-se que a estratégia de pares canibais definidos por distância euclidiana não alterou os resultados de uma parcela significativa das instâncias, optou-se por analisar também novos critérios de pares canibais.

Com o intuito de buscar conjuntos de instâncias que trouxessem resultados diferentes dos já conhecidos e a fim de avaliar diferentes estratégias em relação a pares mutuamente excludentes, definiu-se então, dois novos critérios para pares canibais, denominados Dissimilaridade e Similaridade.

Primeiramente, executou-se o método exato para as instâncias Sem Canibalismo, referente ao problema original descrito por Nobibon, Leus e Spieksma (2011), O Quadro 4 apresenta um esquema ilustrativo de como ocorre a combinação dos pares para a instância S1-5-5-1-I e estende-se a mesma lógica para todas as instâncias atualizadas com os novos critérios.

Após os possíveis pares mutuamente excludentes para cada conjunto de instâncias serem formados, compõe-se uma espécie de *ranking* de pares. Para o problema Dissimilar, o primeiro par do *ranking* será o que houver o maior número de clientes distintos, e assim sucessivamente. No problema com critério de

Similaridade, a diferença está na característica, cujos pares formados possuem o maior número de clientes em comum.

onde o solucionador oferece arquivos contendo a solução do problema, permitindo desta forma, classificar os produtos ofertados e não ofertados em cada campanha.

Após obter o conhecimento dos valores referentes aos limitantes superiores das 324 instâncias e dos produtos ofertados para cada uma delas, realizou-se a análise para agrupamento de novos pares de produtos canibais. Para a análise de agrupamento identificou-se, em cada arquivo de solução oferecido pela resolução do método exato do problema original Sem Canibalismo, os produtos que efetivamente foram ofertados.

A definição de pares de produtos Dissimilares ocorreu identificando dentre os produtos ofertados na campanha, aqueles que continham o maior número de ofertas realizadas para clientes distintos.

Em relação aos pares de produtos Similares, foram identificados, dentre os produtos ofertados na campanha, os produtos que haviam sido ofertados ao maior número de clientes iguais.

Quadro 4 - Combinação de pares

Instância S1-5-5-1-I				
Disponível para ser ofertado = $[j_1, j_2, j_3, j_4, j_5]$				
Produtos Ofertados na Campanha O = $[j_1, j_4, j_5]$				
1º Produto Selecionado	2º Produto Selecionado	Nº de Clientes em comum	Nº de Clientes distintos	Identificado como:
j_1	j_4	32	68	Par Dissimilar
j_4	j_5	44	56	-
j_1	j_5	47	53	Par Similar

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Sendo assim, os pares de produtos são formados com base nos resultados da aplicação do método exato nos conjuntos de instâncias gerados para o problema original Sem Canibalismo. Posteriormente, confronta-se os produtos ofertados de dois em dois, formando combinações de pares e identificando para cada uma das combinações, o número de clientes em comum.

O estudo de pares mutuamente excludentes definido por Souza (2018) assumiu os mesmos pares canibais para as instâncias indicada pelo índice *large* (- l) e *small* (- s), ao final da nomenclatura. As instâncias contêm as mesmas características de número de clientes, taxa de atratividade, número de produtos e orçamento médio.

A documentação do trabalho de Souza (2018) não aborda o motivo da repetição dos pares, porém, acredita-se que o método de distância euclidiana utilizado, tenha encontrado para a variação l (*large*) e s (*small*), dos conjuntos de instância, os mesmos valores em virtude da caracterização similar das instâncias.

Nota-se a duplicação dos pares canibais definidos para o critério de Dissimilaridade e Similaridade, nas instâncias *small* (- s) apresentadas no Apêndice A, Tabela 13. A situação ocorre em virtude da limitação de uma oferta por cliente (M_i), sendo assim, para este caso, não existe a possibilidade de um cliente estar em mais de uma oferta, impedindo os critérios de comparação estabelecidos. Deste modo, seleciona-se os produtos ofertados e eles são transformados nos pares Dissimilares e Similares.

Os conjuntos de instâncias, que possuem 5 produtos terão 1 par canibal identificado, para 10 produtos serão 2 pares canibais e para conjuntos com 15 produtos, utiliza-se 3 pares. As instâncias sofreram as atualizações, de acordo com o conjunto de dados correspondente da análise.

No apêndice A é possível verificar os pares canibais definidos por Souza (2018) e disponibilizados em sua documentação, e pares dissimilares e similares definidos pelo presente estudo para instâncias com 5, 10 e 15 produtos, respectivamente.

5.3.4.3 Modelo Matemático Modificado M+ Canibalismo

Como forma de avaliar uma nova estratégia para o problema de marketing direto, unindo o conceito de canibalismo entre produtos com o propósito de acelerar o solver ao resolver os problemas, definiram-se novos pares mutuamente excludentes. Denominou-se a alteração de M+ Canibalismo.

A definição de pares ocorreu identificando nas soluções do problema Sem Canibalismo, após a execução do método exato, os produtos ofertados e os não

ofertados. Criou-se um *ranking* onde a formação de pares utilizou os produtos que foram ofertados para o maior número de clientes e os produtos que não foram ofertados pela campanha, formando novos pares.

Para instâncias com 15 produtos, por exemplo, primeiramente realizou-se a distinção dos produtos ofertados e não ofertados. Em seguida, definiu-se os 3 produtos que tiveram o maior número de ofertas realizadas. Cada um destes 3 produtos, recebeu como par mutuamente excludente um produto anteriormente identificado como não ofertado.

Os agrupamentos são realizados utilizando a mesma lógica de quantitativo de pares aplicados ao problema Com Canibalismo, Dissimilaridade e Similaridade. Ou seja, conjuntos de instâncias, com 5 produtos terão 1 par canibal identificado, para 10 produtos serão 2 pares canibais e para conjuntos com 15 produtos, utiliza-se 3 pares.

A Tabela 16, exposta no Apêndice B, expõe os pares selecionados para instâncias de 5, 10 e 15 produtos. O primeiro produto do par corresponde ao produto que é ofertado pela campanha, já o segundo produto do par faz parte do conjunto de não ofertados.

Através desta variação e utilizando o conceito de pares canibais, buscou-se investigar se esta estratégia realmente proporciona ao solver um ganho em relação ao tempo computacional empregado para resolução do problema, como previsto.

5.3.4.4 Modelagem matemática em Zimpl.

Conforme Zimpl (2018), a linguagem Zimpl é utilizada com o propósito de traduzir o modelo matemático de um problema em um programa matemático inteiro linear ou misto, em formato de arquivo .lp ou .mps, que pode ser interpretado e resolvido por um solucionador LP ou MIP.

O Zimpl foi utilizado no estudo em função de auxiliar a manipulação dos dados do problema e prepara-los para o solver. A pesquisa utilizou o modelo matemático no Zimpl em três versões:

- modelo Zimpl para o problema sem canibalismo;
- modelo Zimpl para os problemas onde existe uma restrição de produtos mutuamente excludentes;

- modelo Zimpl aplicando a alteração M+.

Posteriormente, os arquivos em formato .lp são executados pelo solver CPLEX, a fim de maximizar o problema e obter as melhores soluções. O código utilizado para a modelagem matemática no Zimpl, está disponível no Apêndice C.

5.3.5 Conjuntos de instâncias

O conjunto de instâncias base utilizado na pesquisa resultam do estudo de Nobibon, Leus e Spieksma (2011). Conforme os autores, as instâncias foram geradas com custo c_{ij} gerado aleatoriamente entre os inteiros $\{1, 2, 3\}$ e retorno obtido pela empresa quando o cliente responde positivamente a oferta do produto j ($p_{ij} = r_{ij}DFV_{ij}$) é um inteiro gerado aleatoriamente entre 0 e 16.

O *Hurdle Rate* ou taxa mínima de retorno R , pertence ao conjunto $\{5\%, 10\%, 15\%\}$. As instâncias pequenas S1, S2 e S3 têm respectivamente 100, 200 e 300 clientes. As consideradas de tamanho médio 1000 e 2000 clientes, sendo elas M1 e M2. Por fim, as instâncias L, consideradas de grande porte, contêm 10.000 clientes.

Para cada número de clientes, apresentam-se instâncias com 5, 10 e 15 produtos. Para cada grupo, o autor gerou um compromisso de quantidade mínima O_j , sendo um inteiro aleatório entre o intervalo $\left\lfloor \frac{\sum_i M_i}{n} \right\rfloor$ e $\left\lceil \frac{2\sum_i M_i}{n} \right\rceil$.

Em relação ao orçamento disponível para cada produto B_j , considera-se um inteiro escolhido entre $o_j \frac{\sum_i c_{ij}}{m}$ e $\frac{2\sum_i c_{ij}}{n}$ e os dois orçamentos extremos $\left\lfloor o_j \frac{\sum_i c_{ij}}{m} \right\rfloor$ e $\left\lceil 2 \frac{\sum_i M_i \sum_i c_{ij}}{n m} \right\rceil$.

O custo fixo de quando o produto é utilizado na campanha, f_{ij} , é um inteiro aleatório entre $\frac{o_j}{2m(1+R)} \sum_i [p_{ij} - (1+R)c_{ij}]$ e $\frac{o_j}{m(1+R)} \sum_i [p_{ij} - (1+R)c_{ij}]$.

As instâncias também foram geradas com um limite de ofertas permitidos para cada cliente M_i , gerado aleatoriamente entre 1 e $\frac{n}{5}$ para instâncias s e $\left\lfloor \frac{n}{3} \right\rfloor$ e $\left\lceil \frac{2n}{3} \right\rceil$ para instâncias l.

As instâncias foram geradas por Nobibon, Leus e Spieksma (2011) examinando os dados da vida real utilizados por Cohen (2004).

Os conjuntos são arquivos de texto identificados conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Nomenclatura dos arquivos de instâncias

Grupo	<ul style="list-style-type: none"> • S1 para 100 clientes; • S2 para 200 clientes; • S3 para 300 clientes; • M1 para 1000 clientes; • M2 para 2000 clientes; • L para 10000 clientes.
Taxa de atratividade R	<ul style="list-style-type: none"> • 5 para 5%; • 10 para 10%; • 15 para 15%.
Número de produtos(j) n	<ul style="list-style-type: none"> • 5; • 10; • 15.
Indicativo de orçamento	<ul style="list-style-type: none"> • um orçamento apertado (1); • um orçamento médio (2); • um orçamento grande (3).
Letra indicativa	<ul style="list-style-type: none"> • a letra s indica que cada cliente pode receber apenas algumas ofertas; • a letra l indica que cada cliente puder receber um número maior de ofertas.

Fonte: Adaptado de Nobibon, Leus e Spieksma (2011).

Em conformidade com a Tabela 3, uma instância cuja nomenclatura S2-10-15-2-l refere-se a uma instância com 200 clientes, uma taxa de retorno de 10%, com 15 produtos, um orçamento médio e em que cada cliente pode receber um número maior de ofertas.

Ao total são 324 instâncias, divididas em 18 subgrupos, onde cada um contém 18 instâncias em arquivos formato txt.

Tabela 4 - Identificação dos subgrupos das instâncias

Grupo	Subgrupo
S1	S1-5
	S1-10
	S1-15
S2	S2-5
	S2-10
	S2-15
S3	S3-5
	S3-10
	S3-15
M1	M1-5
	M1-10
	M1-15
M2	M2-5
	M2-10
	M2-15
L	L-5

	L-10
	L-15

Fonte: Adaptado de Nobibon, Leus e Spieksma (2011).

Cada instâncias está organizada de uma forma padrão, iniciando, na primeira linha e primeira coluna do arquivo com a informação referente ao número de clientes da instância, seguido pelo número de produtos na segunda coluna e para finalizar a primeira linha, na terceira coluna encontra-se a taxa de retorno R apontada para a instância.

A partir da segunda linha do arquivo de texto, cada linha refere-se as informações ligadas à um cliente (até atingir o número de clientes da instância). O número de colunas da instância está ligado ao número de produtos, desta forma, para uma instância com 5 produtos, as 5 primeiras colunas irão representar o custo da oferta do produto ao cliente relacionado, as próximas 5 colunas referem-se a receita da oferta do produto ao cliente.

M_i é o número máximo de ofertas que o cliente i pode receber e encontra-se na última coluna do conjunto de instâncias. Para um conjunto de 5 produtos, por exemplo, será a coluna 11.

O_j refere-se ao compromisso de quantidade mínima (*MQC – minimum quantity commitment*), ou seja, o número mínimo de clientes que devem receber uma oferta do produto j para que este produto faça parte da campanha. O número mínimo de clientes para abrir uma oferta do produto j da respectiva coluna, está localizado na linha 1 das últimas 3 linhas quando a instância não contiver os pares canibais ou últimas 4 linhas quando a instância conter a restrição de canibalismo.

O custo fixo, f_j , incorrido quando o produto j é utilizado na campanha e está relacionado ao custo fixo da oferta do produto em questão. Custo fixo para o produto j da respectiva coluna, está localizado na segunda linha das últimas 3 linhas quando a instância não contiver os pares canibais ou últimas 4 linhas quando a instância conter a restrição de canibalismo.

O orçamento disponível para abrir a oferta do produto B_{ij} , encontra-se na linha 3 das últimas 3 linhas do conjunto de instâncias quando a instância não contiver os pares canibais ou últimas 4 linhas quando a instância conter a restrição de canibalismo.

A Figura 6 ilustra a disposição dos dados no arquivo de texto, conforme mencionado. Trata-se de um exemplo de uma instância com 10000 clientes, 5 produtos e 15% de taxa retorno. As bordas aplicadas são apenas ilustrativas, visto que um arquivo de texto não contém formatos.

Quando os conjuntos de instâncias possuírem os pares canibais, a localização dos pares será a última linha do conjunto.

Figura 6 - Padronização do arquivo de texto

	C_{ij}					P_{ij}						
	10000	5	0,15									M_i
i_1	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5		
.												
.												
.												
.												
i_n												
O_j												
F_j												
B_{ij}												
Can												

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Nobibon, Leus e Spieksma (2011), geraram as instâncias de maneira que as mesmas fossem factíveis e consistentes.

Sendo assim, o capítulo 5 apresenta as particularidades do problema de marketing direto com oferta de produtos abordado na pesquisa, descrevendo o modelo matemático, as alterações sugeridas, nomenclaturas e como ocorreu a análise para o agrupamento de pares mutuamente excludentes.

Ao final deste capítulo, encontram-se definidas as nomenclaturas utilizadas pelos problemas durante todo o trabalho, assim sendo:

- Para o problema estudado por Nobibon, Leus e Spieksma (2011) e reproduzido pela presente pesquisa, ficou definida a nomenclatura, **Sem Canibalismo**;

- O problema designado de **M+ Canibalismo**, refere-se a união do conceito de pares mutuamente excludentes e da busca por formas de acelerar o problema, sugerindo assim, fornecer ao solver a partir das soluções já conhecidas, produtos ofertados e não ofertados pela campanha, formando pares canibais.

- O problema chamado de **M+**, propõe uma alteração do modelo matemático, que impacta no tempo computacional, onde a sugestão é multiplicar o

parâmetro que se refere ao orçamento disponível para abrir a oferta do produto por y_j .

- Para o problema onde Souza (2018) inclui o canibalismo entre produtos, cujos pares foram definidos através de distância euclidiana, a nomenclatura utilizada é **Com Canibalismo**;

- A partir de novos critérios foi definido com a nomenclatura de **Dissimilaridade**, o problema que apresentava, dentre os produtos ofertados, pares com maior número de clientes distintos;

- Já o problema chamado de **Similaridade**, proposto a partir do critério onde os produtos ofertados sejam identificados e se formem pares canibais com os produtos que oferecerem o maior número de clientes iguais;

O próximo capítulo retrata a metodologia utilizada para resolver os problemas, guiando e orientando o andamento do presente trabalho.

6 METODOLOGIA

Este capítulo divide-se em duas seções. A seção 6.1 descreve brevemente a metodologia dos estudos em pesquisa operacional, já a seção 6.2 apresenta a metodologia da pesquisa operacional aplicada ao estudo em questão.

6.1 METODOLOGIA DA PESQUISA OPERACIONAL

De acordo com as características do problema de marketing direto com oferta de produtos, neste trabalho, objetivando realizar a análise do problema de marketing direto com oferta de produtos, o método de estudo abordado fundamenta-se na Pesquisa Operacional, em especial na modelagem matemática.

A PO combina diversas consagradas técnicas de modelagem matemática, onde os modelos de PO são estruturados de forma lógica e amparados no ferramental matemático de representação, cujo objetivo é a determinação das melhores condições de funcionamento para os sistemas representados (GOLDBARG; LUNA, 2005).

Os modelos desempenham significativo papel nas ciências e no mundo dos negócios e suas representações idealizadas são expressas com símbolos e expressões matemáticas (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). O processo de modelagem depende do espírito criativo do homem, sendo assim, improvável definir os limites dos modelos de programação matemática e suas aplicações (GOLDBARG; LUNA, 2005).

Para Belfiore e Fávero (2013), sistemas reais envolvem diversas variáveis no processo de tomada de decisão, tornando-se complexos, e desta forma, sendo necessário a sua simplificação a partir de um modelo que considere as principais variáveis envolvidas no sistema ou projeto.

Taha (2008) sugere cinco fases da implementação da PO na prática, como as principais e podem ser observadas a seguir:

Definição do problema: na fase inicial, o objetivo é identificar os três elementos principais do problema de decisão: (1) descrição das alternativas de decisão, (2) determinação do objetivo de estudo, (3) especificação das limitações sob o qual o sistema modelado funciona. O trabalho de investigar o escopo do problema deve ser realizado por toda equipe de PO.

Construção do modelo: nesta fase está o desafio de traduzir a definição do problema em relações matemáticas. O modelo ajustando-se aos métodos padrões como programação linear é possível chegar a uma solução utilizando algoritmos disponíveis. Em casos onde as relações matemáticas são mais complexas, opta-se por simplificar o modelo e utilizar uma abordagem heurística ou considerar a utilização de simulação. Pode-se utilizar também a combinação entre modelos matemáticos de simulação e heurísticos.

Solução do modelo: baseia-se na utilização de algoritmos de otimização bem definidos. Nesta fase, a análise de sensibilidade é de grande importância, pois carrega informações adicionais sobre o comportamento da solução ótima quando o modelo passa por algumas mudanças de parâmetros, principalmente quando os parâmetros não podem ser estimados com precisão o que torna importante a investigação referente as vizinhanças dos parâmetros estimados da solução ótima.

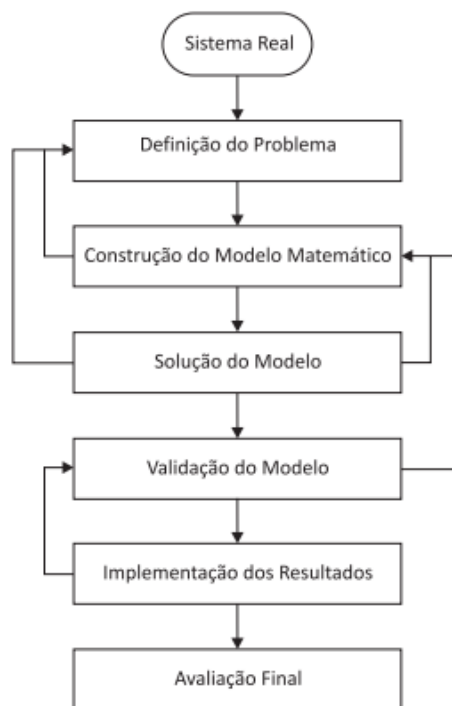
Validação do modelo: nesta etapa verifica-se se o modelo proposto atinge seus objetivos e prevê adequadamente o sistema em estudo. Os resultados devem fazer sentido e ser intuitivamente aceitáveis. Realizando um comparativo com resultados históricos é possível realizar uma análise e verificar se o modelo reproduz razoavelmente o desempenho anterior, no entanto, não existe garantia de que o desempenho futuro será similar ao passado. No caso de o modelo proposto representar um novo sistema, não existente, não haverá dados históricos aplicando-se então a simulação como ferramenta independente para verificar os resultados do modelo matemático.

Implementação da solução: a partir de um modelo validado acontece a tradução dos resultados em instruções operacionais para as pessoas que irão administrar o sistema recomendado.

Belfiore e Fávero (2013) sugerem um fluxograma exposto na Figura 7 que apresenta a dinâmica das fases para elaboração de um estudo em PO, no entanto destaca-se que a implementação de cada fase pode variar em função do tipo de problema e do ambiente considerado.

De acordo com Taha (2008), modelos de PO compõe-se basicamente de três itens: (1) Variáveis de decisão que buscam ser determinadas; (2) Objetivo a ser alcançado através da otimização, maximizando ou minimizando; (3) Restrições que devem ser satisfeitas ao solucionar o problema.

Figura 7 - Fases para elaboração de um estudo em PO



Fonte: Belfiore e Fávero (2013)

Conforme Hillier e Lieberman (2013) caso exista n decisões quantificáveis a serem feitas, elas serão representadas na forma de variáveis da decisão (x_1, x_2, \dots, x_n), elas são as incógnitas ou valores desconhecidos, que serão determinados pela solução do modelo e podem classificar-se em variáveis contínuas, discretas ou binárias devendo assumir valores não negativos Belfiore e Fávero (2013).

Para Goldberg e Luna (2005), os principais modelos de PO são denominados de Programação Matemática e compõe uma das mais importantes variedades dos modelos quantitativos, vale ressaltar que neste caso o uso da palavra programação refere-se ao sentido de planejamento. Os autores corroboram que a Programação Matemática irá implicar em programação computacional (termo programação relacionado ao processo de comando computacional), posto que na prática, o número de variáveis de decisão e restrições pode ser imenso.

Cada problema é composto de suas especificidades e complexidade, sendo assim, existem várias técnicas de resolução de problemas de otimização.

6.2 APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL NO ESTUDO

Neste estudo, foram abordadas técnicas de modelagem matemática para a resolução de problemas de otimização, cuja metodologia aplicada baseia-se no fluxograma desenvolvido por Belfiore e Fávero (2013) (Figura 7), sendo adaptado para o problema de marketing direto com oferta de produtos.

Aplicou-se na presente pesquisa um recorte da metodologia fundamentada, visto que o mesmo explorou um problema validado anteriormente, como é possível visualizar no fluxograma ilustrado pela Figura 8. A explicação da metodologia aplicada está disposta a seguir:

6.2.1 Definição do Problema

Inicialmente, ocorreu a definição do problema, que determina o objetivo do estudo a partir do sistema real. Neste caso o sistema real é o Marketing Direto, cuja problemática está relacionada ao Problema de Marketing Direto com Oferta de Produtos.

O presente trabalho busca analisar os modelos matemáticos e o desempenho do solucionador para o Problema de Marketing Direto com Oferta de Produtos. Os modelos matemáticos podem apresentar a inclusão do efeito de canibalismo, fundamentando-se em estudos anteriores com a mesma problemática.

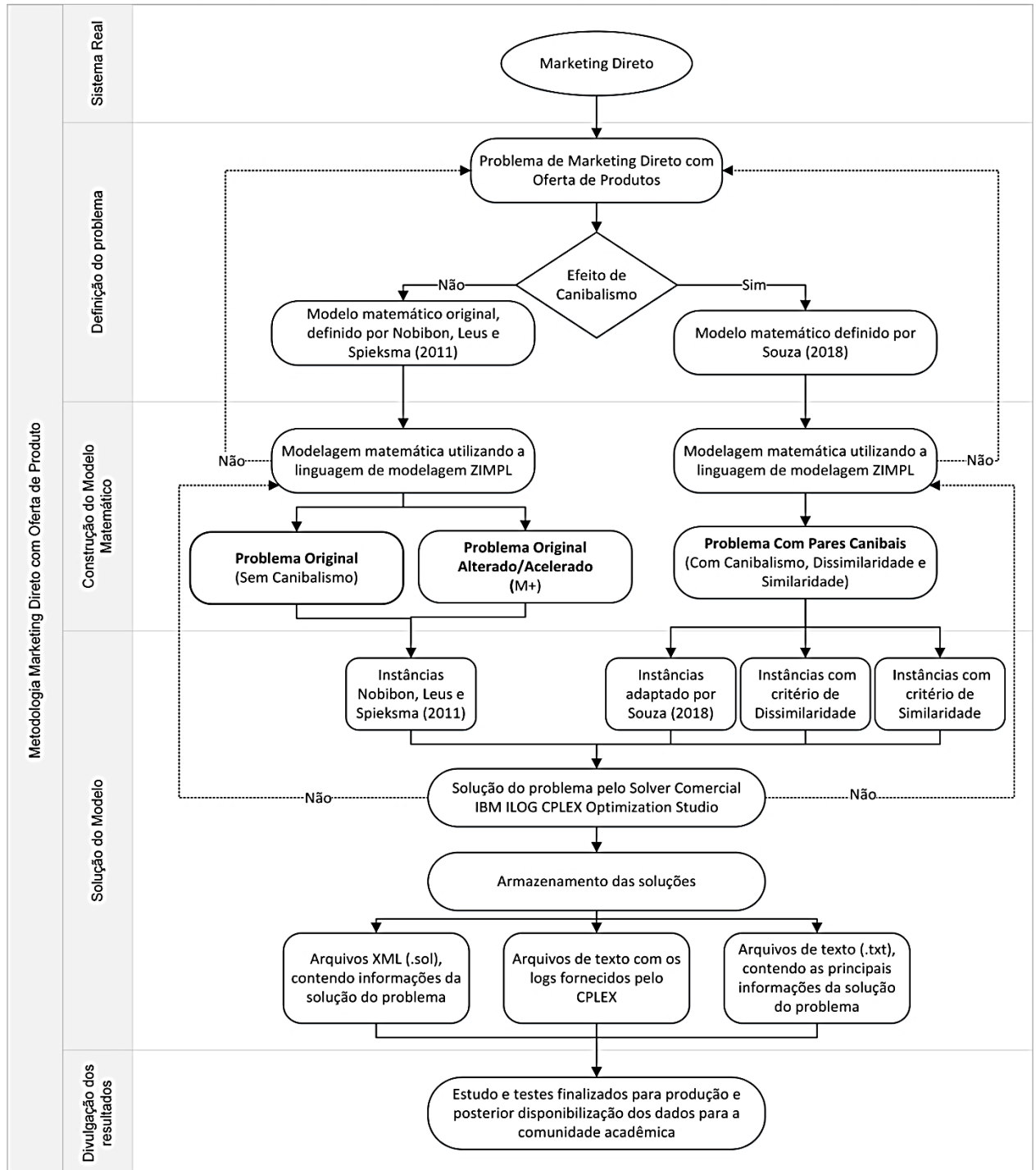
6.2.2 Construção do Modelo Matemático

A construção computacional do modelo matemático ocorreu no Zimpl, linguagem cuja finalidade é proporcionar para os solvers comerciais, de maneira eficiente e acessível, arquivos que contenham as informações necessárias a serem executadas pelos solucionadores.

Foram desenvolvidos três modelos matemáticos em linguagem Zimpl. O primeiro modelo considerado modelo original, refere-se a formulação matemática (1) – (7), apresentada no estudo de Nobibon, Leus e Spieksma (2011). Utilizou-se este

modelo matemático para reproduzir os resultados da aplicação do método exato exposto no estudo do autor referenciado, o modelo matemático e seus respectivos resultados foram nomeados pela presente pesquisa como Sem Canibalismo.

Figura 8 - Metodologia problema de marketing direto com oferta de produtos



Fonte: Adaptado de Belfiore e Fávero (2013).

O segundo modelo adiciona ao modelo original a restrição sugerida por Souza (2018), que inclui o canibalismo entre produtos na formulação matemática (8). A modelagem matemática para tratar de problemas que possuem produtos mutuamente excludentes, foi aplicada aos problemas de Dissimilaridade, Similaridade, M+ Canibalismo e também é utilizada para buscar os limitantes superiores da heurística de Souza (2018) denominada de Com Canibalismo.

Por último, o terceiro modelo está relacionado a modificação M+ sugerida como alternativa de aceleração de tempo computacional para a resolução do problema original.

6.2.3 Solução do Modelo

Nesta fase, após ter a modelagem matemática linear desenvolvida, realizou-se a execução dos arquivos gerados pelo Zimpl no solucionador designado, solver IBM ILOG CPLEX Optimization Studio.

Cada uma das execuções do modelo matemático, responsáveis por originar os arquivos .lp e .mip, utilizou como banco de dados, conjuntos de instâncias alteradas para satisfazer os critérios de cada situação. Para o problema Sem Canibalismo e M+, as instâncias manipuladas foram as originais, estudadas por Nobibon, Leus e Spieksma (2011).

Para o problema Com Canibalismo, os conjuntos de instâncias com as alterações dos pares de produtos canibais foram disponibilizadas por Souza (2018). As instâncias para os problemas de Dissimilaridade, Similaridade e M+ Canibalismo, sofreram alteração nos pares mutuamente excludentes, conforme os critérios citados nos itens 5.3.4.2 e 5.3.4.3, respectivamente.

Executou-se no solver CPLEX, seis baterias de testes: Sem canibalismo, M+ Canibalismo, M+, Com canibalismo, Dissimilaridade e Similaridade.

O CPLEX Optimization Studio disponibiliza API de integração, neste caso, com a linguagem de programação Python. Na API Python estão disponíveis operações do CPLEX para a otimização de problemas, com a possibilidade de algumas customizações no processo de automatização .

O Apêndice D exhibe o código desenvolvido com apoio da API Python para a resolução e automatização dos problemas. O código desenvolvido além de otimizar os problemas, salva as informações sobre a solução de cada instância em um

arquivo .xml, um arquivo de texto com o log do solucionador e um arquivo de texto contendo as principais informações do resultado do método exato.

Após todo o processo percorrido, através do conhecimento do problema estudado, verifica-se a solução e/ou comportamento do modelo, se o mesmo está correspondendo ao esperado.

6.2.4 Divulgação dos Resultados

Este estágio, representa o desenvolvimento da dissertação, as análises efetuadas e os dados disponibilizados para a comunidade acadêmica, com o intuito de enriquecer as informações de estudos já concretizados e fomentar posteriores pesquisas relacionadas às problemáticas que envolvem o marketing direto. Desta forma, o estudo será concluído e finalizado.

Goldberg e Luna (2005) comentam sobre a abrangência do campo da Programação Matemática, cujas técnicas consagraram-se em virtude de sua grande utilidade na solução de problemas de otimização, em consequência das várias especificidades intrínsecas de cada situação envolvendo a programação matemática, os métodos de solução sofrem especializações e particularizações. No entanto, o processo de modelagem matemática pouco varia, lembrando que este processo está fortemente relacionado ao espírito criativo do homem.

O capítulo que se encerra, apresentou a teoria guia utilizada como metodologia para que a pesquisa pudesse ser concluída alcançando os objetivos propostos inicialmente. O capítulo 7 irá expor as ferramentas aplicadas na pesquisa e os resultados dos modelos matemáticos ao serem executados pelo solucionador.

7 EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS

Esta seção compartilha as ferramentas utilizadas e os resultados alcançados com a execução dos modelos matemáticos no solucionador adotado .

7.1 FERRAMENTAS

Os experimentos foram executados em um Notebook Lenovo Ideapad 320, processador Intel® Core™ i5-7200U Dual Core 2.5 GHz, Turbo Max até 3.1 GHz. Memória RAM 8 GB DDR4 2133 MHz. Disco rígido (HD) 1 TB 5400 RPM. Placa de vídeo Integrada, tecnologia Intel® HD Graphics 620.

O Sistema operacional utilizado foi Windows 10 Home Single Language 64 bits. O solucionador adotado pelo estudo foi o IBM CPLEX Optimization Studio V12.8.

7.2 RESULTADOS

Os testes foram processados pelo solver em seis momentos, onde cada execução utilizou 324 instâncias. Duas execuções referem-se ao problema de marketing direto sem canibalismo entre produtos e quatro execuções são pertencentes ao problema com a restrição de canibalismo entre produtos.

Objetivando analisar as soluções encontradas pelo solver comercial, extraiu-se além do limitante superior, o tempo de execução e o GAP correspondente para a solução de cada conjunto de instância.

O GAP encontrado pelo solver expõe a diferença percentual entre a melhor solução inteira encontrada e entre a solução relaxada cujos valores não são inteiros. Deste modo, a solução encontrada pelo solver apresenta alguma diferença quando seu GAP for maior que 0%. A otimalidade é comprovada pelo CPLEX, quando o solver é capaz de resolver o problema encontrando o mesmo valor para limite superior e para o limite inferior.

As soluções obtidas nas implementações são apresentadas em tabelas, onde a primeira coluna contém a nomenclatura do conjunto de instância utilizado, seguida da coluna com o valor do resultado da função objetivo disponibilizado pelos

autores estudados, o limitante superior encontrado, o tempo empregado na execução e por fim o GAP, separados conforme os critérios estabelecidos.

A apresentação dos resultados está dividida conforme o número de produtos e os grupos de instâncias S1, S2, S3, M1, M2, L. As instâncias que atingiram as soluções na otimalidade possuem os resultados negritados.

7.2.1 Resultados Método Exato I: Sem Canibalismo, M+ Canibalismo e M+

O primeiro teste executado foi a reprodução do modelo matemático proposto por Nobibon, Leus e Spieksma (2011), nominado de Sem Canibalismo. Em sequência, as alterações denominadas como M+ Canibalismo e M+.

As soluções obtidas nas implementações são apresentadas na Tabela 17, disponível para observação no Apêndice E, juntamente com as soluções apresentadas por Nobibon, Leus e Spieksma (2011) e intituladas de E₁ a E₁₀.

Primeiramente, realizou-se o diagnóstico dos resultados fornecidos pelo solver, no problema Sem Canibalismo, sendo avaliado em relação às soluções obtidas anteriormente por Nobibon, Leus e Spieksma (2011), exposta na Tabela 5.

Tabela 5 - Análise do problema Sem Canibalismo

Conjuntos de instâncias	Análise	%	Avaliação em relação aos resultados anteriores
324	16	4,94	Analisando as 324 instâncias geradas, 16 apresentaram um GAP \geq 1%, representando 4,94% de todas as instâncias.
16	5	31,25	Dentre as 16 instâncias com GAP \geq 1%, 31,25% apresentaram o mesmo limitante superior encontrado pelo autor referenciado.
324	5	1,54	5 instâncias obtiveram resultados melhores do que as apresentadas pelo autor.
324	222	68,52	68,52% dos resultados encontrados foram iguais ou melhores.

Fonte: Elaborado pela autora (2019)..

Em relação aos resultados, foram encontradas ou melhoradas com o modelo aplicado pela presente pesquisa 68,52% das soluções, considerando desta forma para as demais análises, os resultados do método exato reproduzido por este estudo.

Dentre as 324 instâncias Sem Canibalismo, 297 solucionaram o problema na otimalidade. Os subgrupos de instâncias S1-5, S1-10, S1-15, S2-5, S2-10, S2-15, S3-5, S3-10, S3-15 e L-5 resolveram todos os conjuntos de instâncias na

otimalidade. Os subgrupos M1-5, M1-10, M1-15, M2-5, M2-10, M2-15, L-10, L-15, resolveram algumas instâncias informando otimalidade com certa tolerância.

Para o problema M+ Canibalismo, 302 instâncias encontraram a solução na otimalidade. Em relação ao problema M+, a otimalidade foi alcançada em 305 instâncias.

Os testes apresentados foram realizados sem delimitação de tempo, sendo empregado no total 15h35min para o modelo Sem Canibalismo, 9h57min para o critério de M+ Canibalismo e 7h38min para a alteração do modelo M+, totalizando 33h17min.

Conforme o tempo utilizado para a execução de cada conjunto de dados, notou-se que o problema Sem Canibalismo obteve em 42 instâncias o melhor tempo, já o modelo M+ Canibalismo em 130.

O melhor desempenho relacionado ao tempo apresentou-se no problema M+, contabilizando 145 instâncias. Ainda os modelos M+ Canibalismo e M+ executaram 4 instâncias no mesmo tempo, M+ Canibalismo e Sem Canibalismo 1 e M+ e Sem Canibalismo 2.

Em observação a instância L-5-15-2-I, é possível notar que o solver executa o problema Sem Canibalismo em 11653,141 segundos. Aplicando as estratégias M+ Canibalismo e M+ a mesma instâncias, ocorre redução significativa do tempo para que o problema seja solucionado sem piorar o valor da função objetivo encontrada inicialmente. Para a referida instância, o modelo M+ Canibalismo encontrou a mesma solução em 489,172 segundos, proporcionando redução de 11163,969 segundos.

Para a instância L-5-15-2-I, que apresentou tempo superior a 3600 segundos, realizou-se um teste com delimitação de tempo, que pode ser observado na Tabela 6, comprovando que o resultado da solução permaneceu o mesmo. No entanto o GAP apresentado pelo solver foi de 19,22%.

Ao executar o problema Sem Canibalismo e sem delimitação de tempo, é possível observar o valor de 284855 encontrado nas primeiras iterações que o solver realizada, com GAP de 45,30%. No restante do tempo empregado pelo solver, o solucionador realiza iterações sem melhora ou com pequenas melhoras.

Mesmo restringindo o tempo em 3600 segundos, o solver conclui o processo de iteração iniciado antes de atingir o tempo delimitado e somente ao ser finalizado, o solucionador encerra o problema e retorna às informações.

Tabela 6 - Delimitação do tempo de execução do solucionador I

Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011) – Com delimitação de tempo em 3600s		
Instância	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
L-5-15-2-I	284855	11653,141	1,59	284855	5440,06	19,22%

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

No Apêndice F, apresentam-se os logs fornecidos pelo CPLEX durante o processo de otimização, que incluem as soluções para os problemas Sem Canibalismo, M+ Canibalismo, M+, e com delimitação de tempo para o conjunto de instância L-5-15-2-I.

Na Tabela 7, verifica-se o compilado das médias em relação aos tempos. Analisando as médias gerais é possível notar que a alteração do modelo M+ alcança as mesmas soluções para a função objetivo, em comparação as outras duas estratégias, no entanto, em um tempo 51,06% menor, quando comparado com o modelo original, sem alterações, Sem Canibalismo.

Tabela 7 - Resumo de médias I

Grupos de Instâncias	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S1 - 5 produtos	816	816	0,086	0,05	816	0,11	0	816	0,083	0
S1 - 10 produtos	1643	1643	0,273	0	1643	0,234	0	1643	0,176	0
S1 - 15 produtos	2435	2435	0,908	0,1	2435	0,721	1,88	2435	0,754	0,04
S2 - 5 produtos	1628	1628	0,158	0	1628	0,128	0	1628	0,134	0,01
S2 - 10 produtos	3269	3269	0,578	0	3269	0,412	0	3269	0,329	0
S2 - 15 produtos	4554	4554	2,708	0,16	4554	2,348	5,91	4554	2,048	0,01
S3 - 5 produtos	2432	2432	0,171	0	2432	0,157	0	2432	0,2	0,01
S3 - 10 produtos	4703	4703	1,071	0	4703	0,715	2,76	4703	0,543	0
S3 - 15 produtos	7018	7018	5,187	0,07	7018	5,208	5,32	7018	2,975	0
M1 - 5 produtos	8389	8346	0,57	2,83	8346	0,559	2,83	8346	0,793	1,97
M1 - 10 produtos	15829	15751	4,935	5,52	15751	3,053	0,66	15751	3,108	1,09
M1 - 15 produtos	23021	22710	42,06	8,27	22710	34,174	3,44	22710	19,544	0,07
M2 - 5 produtos	16677	16547	1,943	4,3	16547	1,851	5,99	16547	2,406	1,73
M2 - 10 produtos	32266	31389	18,867	4,3	31389	11,743	6,18	31390	12,012	0
M2 - 15 produtos	49641	48767	92,522	3,53	48767	83,41	11,98	48767	52,24	3,62
L - 5 produtos	89975	85415	37,73	0	85415	32,222	3,64	85414	32,917	0,92
L - 10 produtos	168802	160995	273,916	0,15	160995	194,249	0,39	160996	108,92	0
L - 15 produtos	249987	244124	2633,382	1,22	244124	1617,639	4,69	244124	1286,19	5,08
Médias	37949	36808	173,170	1,69	36808	110,496	3,09	36808	84,743	0,81

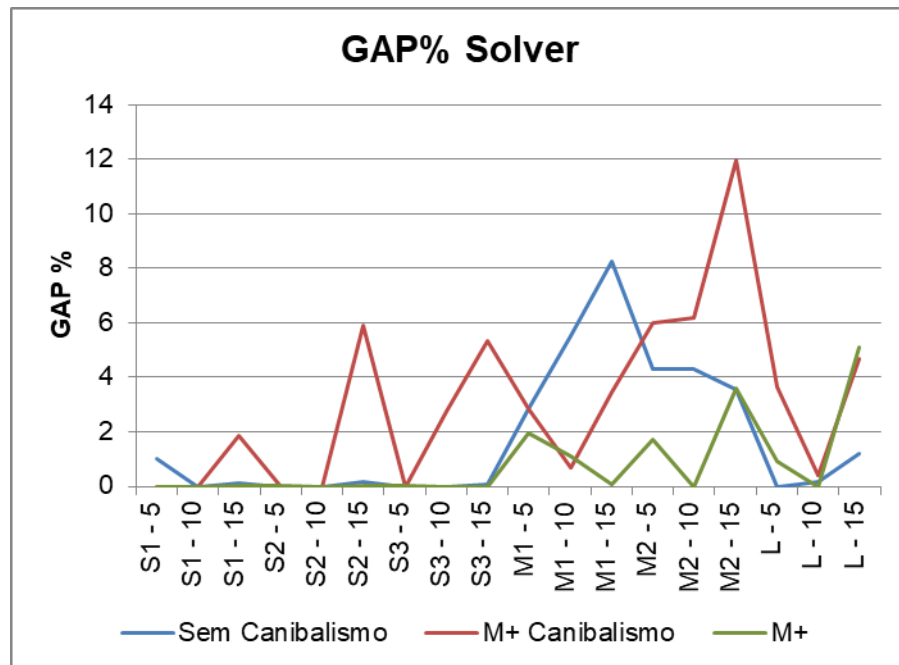
Fonte: Elaborado pela autora (2019).

A Tabela 7 objetiva facilitar a visualização das médias resultantes das soluções encontradas pelo solver nos subgrupos dos conjuntos de instâncias, bem como do tempo de execução e o GAP% apresentado pelo solver.

De acordo com o exposto na Tabela 7, nota-se que conforme o esperado, no modelo M+ Canibalismo e M+, em virtude das estratégias aplicadas, a execução dos problemas ocorreram em menos tempo e alcançando a mesma média de resultados da função objetivo do problema Sem Canibalismo.

Embora o mesmo mesmo valor de função objetivo tenha sido atingindo para as 324 instâncias, nas três estratégias estudadas até este ponto, O GAP% informado pelo solver, apresentou comportamento médio específico para cada uma dos três problemas, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 - GAP% Solver



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Na Figura 9 é possível observar as médias do GAP% de cada grupo de instâncias, para o problema Sem Canibalismo, M+ Canibalismo e M+.

Nota-se que o problema M+ além de demonstrar o melhor desempenho em relação ao tempo empregado para resolver todas as instâncias, também apresentou a menor média de GAP%, indicando a maior média de GAP% nos conjuntos com 10000 clientes e 15 produtos.

O problema M+ Canibalismo obteve a média de GAP% geral mais alta, onde o grupo de instâncias M2 indicou percentual de 11,98. Interessante ressaltar que a reprodução do problema original apresenta seus maiores GAP% nos conjuntos M1 e

M2, correspondente a 1000 e 2000 clientes, já nos conjuntos L, com 10000 clientes as médias de GAP% aproximam-se a 0.

7.2.2 Resultados Método Exato II: Com Canibalismo, Dissimilaridade e Similaridade

Nesta etapa da pesquisa, foram realizadas três execuções para o modelo matemático com a restrição de canibalismo entre produtos. As execuções estão ligadas aos conjuntos de instâncias com pares mutuamente excludentes para a variação do problema Com Canibalismo, Dissimilaridade e Similaridade. Apresentam-se na Tabela 18, disponível para observação no Apêndice G, as soluções obtidas nas implementações.

Como métrica para mensurar o desempenho do método exato, em relação a heurística implementada por Souza (2018), adotou-se como medida da qualidade de solução o GAP heurístico, conforme exposto na equação (10).

$$GAP \text{ heurístico} = \frac{Z_{UB} - Z_{AP}}{Z_{UB}} \times 100 \quad (10)$$

Este GAP objetiva mensurar a distância percentual ente o limite superior encontrado pelo método exato e a solução obtida por Souza (2018). Deste modo, Z_{UB} é considerado o limite superior encontrado pelo presente estudo e Z_{AP} o valor da função objetivo encontrado através da implementação da heurística.

A análise encontrada na Tabela 8, refere-se ao problema Com Canibalismo definido por Souza (2018), onde levou-se em consideração os resultados obtidos pela heurística da autora em contraposição aos resultados da execução do modelo matemático processado pelo solver comercial, estudado na presente pesquisa. Os resultados heurísticos foram extraídos do documento de conclusão de mestrado da autora em questão.

O GAP heurístico, utilizado como métrica para avaliar o desempenho do método exato em relação a heurística de Souza (2018), comprovou a melhora de 98,77% dos resultados, visto que apenas 4 valores encontrados pela heurística foram igualmente encontrados pelo solver e em 4 soluções obtiveram resultados superiores na heurística.

Tabela 8 - Análise do problema Com Canibalismo

Conjuntos de instâncias	Análise	%	Avaliação em relação aos resultados anteriores
324	50	15,43	Analisando as 324 instâncias executadas pelo solver, 50 apresentaram um GAP $\geq 1\%$, representando 8,33% de todas as instâncias, sendo que as 50 instâncias apresentaram resultados melhores que os encontrados pela autora na heurística.
324	320	98,77	98,77% dos resultados encontrados foram iguais ou melhores.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Sendo assim, identificou-se a existência de algum equívoco nos resultados disponibilizados por Souza (2018) em sua documentação, visto que dentre os resultados, 4 instâncias apresentaram na heurística valor de solução superior em relação a solução encontrada pelo método exato, conforme exposto na Tabela 9.

Tabela 9 - Identificação de equívoco

Canibalismo Souza (2018)					
Instância	Canibalismo	Objective value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico
S2-15-15-3-l	4122	4069	0,25	0,00	-1,29
S3-15-5-3-s	2136	2105	0,141	0,00	-1,45
M1-10-15-3-l	19030	19028	2,594	162,33	-0,01
M2-10-15-3-l	50986	50405	8,39	0,00	-1,14

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Sendo a heurística um método que busca resultados aproximados ao ótimo e dependendo de sua formulação e conjunto de dados, é possível encontrar o mesmo valor do limitante superior na otimalidade, no entanto, este valor não pode ser superior ao ótimo com GAP 0% encontrado pela execução do método exato.

Entende-se como justificável apenas o resultado encontrado na instância M1-10-15-3-l, onde o solver apresentou um GAP de 162,33%, pois esse GAP representa um espaço de soluções que a heurística pode ter explorado encontrando um valor melhor.

Após esta identificação, o erro foi reportado para a autora Souza (2018), que compõe o mesmo grupo de pesquisa ao qual se refere o presente estudo e a partir disso, os algoritmos foram revisados e executados novamente.

Desta forma, optou-se por não utilizar os resultados da documentação e sim os resultados efetivamente condizentes com a realidade do estudo, para que assim, as análises pudessem ser realizadas com veracidade.

Logo, os resultados expostos no Apêndice G, Tabela 18, referem-se ao valor encontrado pelo algoritmo heurístico, corrigido, de Souza (2018), confrontado com o resultado do método exato aplicado ao problema, também exibido no apêndice.

A alteração do problema de marketing direto com oferta de produtos, sugerida por Souza (2018), denominada Com Canibalismo, cujos pares canibais foram identificados a partir de distância euclidiana, revelaram baixa efetividade, posto que ao aplicar o método exato e confrontá-lo com os valor obtidos nas instâncias Sem Canibalismo, evidenciaram-se 140 resultados de limitante superior, iguais em ambos os problemas, correspondendo a 43,21% de soluções não modificadas mesmo com a restrição de pares canibais adicionada.

A fim de buscar conjuntos acertadamente diferentes, que proporcionassem resultados dessemelhantes aos encontrados, definiram-se novos critérios de pares canibais, cujo propósito mostrou eficiência, visto que para o problema de Dissimilaridade e Similaridade, nenhum dos pares obteve o mesmo resultado do problema original.

Em relação às 324 instâncias executadas pelo solucionador, para o problema Com Canibalismo, 298 solucionaram o problema na otimalidade. Para o problema Dissimilar, 309 instâncias atingiram a solução ótima. Por fim, o problema de Similaridade, solucionou na otimalidade 302 instâncias.

Sem delimitação de tempo, o tempo computacional total empregado para cada uma das baterias de testes foi de 6h37min para o problema Com Canibalismo, 7h22min para o problema com critério de Dissimilaridade e 7h04min para o problema de Similaridade, somadas as execuções totalizam 21h03min de solver.

Em observação aos conjuntos que ultrapassaram 3600 segundos de execução, aplicou-se a delimitação do tempo. A Tabela 10 apresenta a comparação dos resultados com e sem a delimitação de 3600 segundos de execução do solver.

Para o problema Com Canibalismo, apenas a instância L-5-15-1-s obteve o mesmo valor de função objetivo ao encerrar o solucionador no tempo delimitado. Nota-se também, que ao delimitar o tempo para o problema L-10-15-2-s a solução encontrada anteriormente na otimalidade é alterada.

Para o critério de Dissimilaridade, apenas o conjunto L-5-15-1-s não atingiu o mesmo valor de solução sem a delimitação do tempo para execução da instância no resolvedor. O problema de Similaridade, apresentou nas instâncias L-10-15-2-s,

L-15-15-1-s e L-5-15-3-s valores de solução inferiores aos encontrados sem delimitação de tempo.

Tabela 10 - Delimitação do tempo de execução do solucionador II

Com Canibalismo Souza (2018)				Com Canibalismo Souza (2018) -) – Com delimitação de tempo em 3600s		
Instância	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
L-10-15-2-s	168184	4880,953	0,00	168018	3743,266	4,52
L-15-15-1-s	166094	4002,406	1,32	165534	3627,468	2,66
L-5-15-1-s	169129	4016,688	0,25	169129	3752,172	0,87
Dissimilaridade				Dissimilaridade – Com delimitação de tempo em 3600s		
Instância	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
L-10-15-1-s	163811	7211,641	1,31	163811	3929,797	2,90
L-10-15-2-s	167504	4515,359	4,26	167504	3738,672	4,58
L-15-15-1-s	165043	6031,703	0,30	165043	3681,125	2,85
L-5-15-1-s	167145	4361,719	4,38	166818	3769,766	4,86
L-5-15-3-s	157862	3624,797	0,15	157862	3553,062	0,15
Similaridade				Similaridade – Com delimitação de tempo em 3600s		
Instância	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
L-10-15-1-s	165455	4317,609	0,03	165455	3670,188	1,60
L-10-15-2-s	166895	4913,437	3,19	166894	3907,032	4,44
L-15-15-1-s	163415	6429,203	0,42	163320	3758,781	3,97
L-5-15-1-s	165346	5060,641	3,89	165346	3839,766	5,41
L-5-15-3-s	155495	4796,219	0,01	154496	3681,578	3,10

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Ao definir pares mutuamente excludentes com base em produtos ofertados, observou-se a caracterização de certa dificuldade de otimização em instâncias pertencentes ao grupo L-15, cujo limite máximo de ofertas por clientes (M_i) é reduzido.

Acredita-se que dado o número de clientes e as possibilidades de ofertas reduzidas, o solver demandou de mais tempo computacional para encontrar as combinações adequadas, a fim maximizar o problema.

Apresenta-se na Tabela 11, o compilado das médias em relação aos tempos e ao GAP% informado pelo solucionador, bem como o GAP% heurístico calculado.

Tabela 11 - Resumo de médias II

Grupo de Instâncias	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S1 - 5 produtos	758	793	0,108	0,00	4,49	750	0,12	0,11	748	0,119	0,02
S1 - 10 produtos	1514	1599	0,247	0,00	5,24	1497	0,30	0,00	1528	0,253	0,00
S1 - 15 produtos	2234	2378	0,854	0,07	6,15	2220	1,34	1,99	2279	1,018	0,84
S2 - 5 produtos	1533	1617	0,135	0,00	5,14	1468	0,13	0,00	1505	0,141	0,00
S2 - 10 produtos	3036	3189	0,440	0,00	4,52	2897	0,59	1,04	3014	0,476	0,00
S2 - 15 produtos	4124	4359	2,521	3,98	5,13	4049	3,95	4,69	4090	3,932	4,05
S3 - 5 produtos	2300	2411	0,150	0,00	5,27	2226	0,16	0,00	2225	0,158	0,00
S3 - 10 produtos	4317	4587	0,695	4,39	6,23	4243	0,83	5,36	4346	0,853	2,14
S3 - 15 produtos	6337	6772	4,805	3,29	6,67	6360	6,78	4,67	6437	6,420	6,04
M1 - 5 produtos	7793	8258	0,581	2,83	5,47	7789	0,60	0,00	7893	0,597	0,00
M1 - 10 produtos	14134	14960	3,855	7,91	4,96	14078	4,65	3,00	14281	3,684	3,04
M1 - 15 produtos	20774	21966	37,068	12,72	5,11	20112	46,12	3,58	20691	40,315	4,22

M2 - 5 produtos	15747	16227	1,805	3,37	3,34	14856	1,92	0,00	14957	2,057	0,00
M2 - 10 produtos	28999	30842	13,478	9,96	5,80	28106	16,87	2,31	28902	14,538	3,52
M2 - 15 produtos	43280	46579	103,812	6,16	6,40	42828	129,81	10,83	44472	112,482	8,26
L - 5 produtos	74419	84573	31,115	3,00	12,28	80165	34,26	3,85	80706	31,717	0,00
L - 10 produtos	138270	158423	214,128	1,24	13,38	144649	246,05	0,40	148301	246,790	0,55
L - 15 produtos	202408	236056	1949,421	2,79	15,18	220566	2375,79	3,12	224393	2262,480	2,49
Médias	31776	35866	131,401	3,43	6,71	33270	159,46	2,50	33931	151,557	1,95

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Ao avaliar o método exato em contraposição com os resultados do algoritmo heurístico corrigido de Souza (2018), foi possível comprovar ganho em 96,91% das instâncias, sendo que em 10 instâncias o algoritmo heurístico atingiu o mesmo resultado do limitante superior encontrado pelo método exato.

7.2.3 Arquivos disponibilizados para comunidade acadêmica

Conforme citado em vários momentos ao decorrer da pesquisa, um dos propósitos do desenvolvimento deste estudo é disponibilizar os resultados e arquivos para a comunidade acadêmica, com o objetivo de motivar novas pesquisas de otimização na área do marketing direto e compartilhar alguns caminhos já percorridos.

Assim sendo, os arquivos estão separados em seis problemas, de acordo com a nomenclatura citada neste trabalho. Para identificação no repositório os arquivos foram traduzidos para a língua inglesa, assim sendo:

- Sem Canibalismo / *Problema Original Reproduction of the Original Problem*
- M+ Canibalismo / *M+ Cannibalism*
- M+ / M+
- Com Canibalismo / *Cannibalism*
- Dissimilaridade / *Dissimilarity*
- Similaridade / *Similarity*

Na Tabela 12 o resumo dos arquivos, resultantes do estudo de acordo com a nomenclatura utilizada no repositório.

Além das pastas citadas na Tabela 12, disponibilizou-se também a pasta *Code* contendo as modelagens das três variações de problema. Os arquivos correspondem a nomenclatura: *mktdir.zpl*, *mktdirM+.zpl* e *mktdirCAN.zpl* para a reprodução do problema original, para a alteração do problema original e para problemas que envolvam pares mutuamente excludentes, respectivamente.

Tabela 12 - Arquivos disponíveis para a comunidade acadêmica

Nome da pasta no repositório	Instâncias	Arquivos .lp e .tbl;	Arquivos de texto com os logs fornecidos pelo CPLEX;	Arquivos XML (.sol), contendo as informações de solução do problema;	Arquivos de texto, contendo as informações de solução do problema;
Reproduction of the Original Problem	S1-5-5-1-l.txt	S1-5-5-1-l.lp S1-5-5-1-l.tbl	S1-5-5-1-l.log	S1-5-5-1-l.sol	S1-5-5-1-l.txt
M+ Cannibalism	S1-5-5-1-l-M+CAN.txt	S1-5-5-1-l-M+CAN.lp S1-5-5-1-l-M+CAN.tbl	S1-5-5-1-l-M+CAN.log	S1-5-5-1-l-M+CAN.sol	S1-5-5-1-l-M+CAN.txt
M+	S1-5-5-1-l.txt	S1-5-5-1-l-M+.lp S1-5-5-1-l-M+.tbl	S1-5-5-1-l-M+.log	S1-5-5-1-l-M+.sol	S1-5-5-1-l-M+.txt
Cannibalism	S1-5-5-1-l-CAN.txt	S1-5-5-1-l-CAN.lp S1-5-5-1-l-CAN.tbl	S1-5-5-1-l-CAN.log	S1-5-5-1-l-CAN.sol	S1-5-5-1-l-CAN.txt
Dissimilarity	S1-5-5-1-l-DISSIMILARITY.txt	S1-5-5-1-l-DISSIMILARITY.lp S1-5-5-1-l-DISSIMILARITY.tbl	S1-5-5-1-l-DISSIMILARITY.log	S1-5-5-1-l-DISSIMILARITY.sol	S1-5-5-1-l-DISSIMILARITY.txt
Similarity	S1-5-5-1-l-SIMILARITY.txt	S1-5-5-1-l-SIMILARITY.lp S1-5-5-1-l-SIMILARITY.tbl	S1-5-5-1-l-SIMILARITY.log	S1-5-5-1-l-SIMILARITY.sol	S1-5-5-1-l-SIMILARITY.txt

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Os arquivos resultantes da pesquisa estão disponíveis para acesso no GitHub (www.github.com/), no link: <https://github.com/vaneschneider/ANALYSIS-OF-MATHEMATICAL-MODELS-FOR-DIRECT-MARKETING-PROBLEM-WITH-PRODUCT-OFFERING>.

Desta forma, encerra-se a apresentação dos resultados obtidos a partir da pesquisa referente a aplicação do método exato para a solução do problema de marketing direto com oferta de produtos com e sem a restrição de canibalismo. Por fim, no capítulo 8 será realizado o fechamento do estudo através das considerações finais e sugestões de trabalhos futuros.

8 CONCLUSÕES FINAIS E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

O presente estudo buscou explorar aplicações de métodos exatos para a resolução de problema de marketing direto com oferta de produtos, com e sem a restrição de canibalismo entre produtos. Como principal objetivo da pesquisa, implementaram-se modelos matemáticos desenvolvidos na linguagem Zimpl e a resolução do problema no solucionador CPLEX, a fim de maximizar os lucros dos problemas correspondentes.

Com o passar dos anos, o marketing direto tem se modificado e seus processos não baseiam-se apenas em mala direta, telemarketing e televendas. Os métodos têm se adaptado, promovendo ações personalizadas e buscando por pessoas que já apresentem interesse no produto ofertado. Deste modo, estudos devem ser realizados objetivando definir a estratégia de marketing direto adequada, visando maximizar os lucros das campanhas de promoção.

Os modelos matemáticos investigados partiram de estudos anteriores, explorando métodos exatos e heurísticas para a resolução de problemas de marketing direto com oferta de produtos.

A simulação de pares canibais formados a partir de distância euclidiana não alterou significativamente a estrutura do problema, posto que grande parcela das soluções alcançadas ao executar o modelo matemático no solver foram idênticas as do modelo original. Sendo assim, novos critérios de agrupamento de pares foram definidos com o intuito de testar a resolução dos problemas no solver, através de outras perspectivas.

As bases de dados para os problemas M+ Canibalismo, Com Canibalismo, de Dissimilaridade e Similaridade, deram-se a partir de alterações realizadas nos conjuntos de instâncias originais.

A modelagem matemática na linguagem Zimpl deu-se para 3 variações de testes, os realizados para o modelo do problema em sua forma original com a restrição de produtos mutuamente excludentes e o modelo que interfere no parâmetro de orçamento disponível para abrir a oferta do produto.

O método exato executado na pesquisa demonstrou bom desempenho para os problemas nos quais foi aplicado, dado que, para o problema Sem Canibalismo 91,67% dos conjuntos alcançaram a otimalidade, para as alterações do problema M+ Canibalismo e M+, 93,21% e 94,14% dos conjuntos, respectivamente, obtiveram

os resultados ótimos. O problema Com Canibalismo correspondeu a 91,98% de soluções ótimas, sendo que, o problema com pares Dissimilares chegou a 95,37% e o de Similidade 93,21%.

Dentre as 1944 execuções de instâncias realizadas, somente 14 não foram resolvidas no tempo de 3600 segundos, limite este, sugerido em estudos anteriores. No entanto, ao executar as 14 instâncias com delimitação de 3600 segundos, afirmou-se que 8 delas permaneceram com o mesmo resultado encontrado sem a delimitação de tempo, porém, entre estes resultados, 3 obtiveram as soluções na otimalidade.

Deste modo, comprovou-se a eficiência do solver ILOG CPLEX Optimization Studio para os problemas já citados, visto que o mesmo forneceu os limitantes superiores para todos os problemas e em sua maioria, na otimalidade, executando os mesmos em tempo computacional aceitável.

Encontram-se disponíveis no GitHub os arquivos resultantes da aplicação do método exato utilizado nesta pesquisa, objetivando fomentar novos estudos de otimização para problemas de marketing direto com oferta de produtos.

Sendo assim, o presente estudo atingiu os objetivos propostos, apresentando relevância prática e teórica. Em virtude de ser um problema de otimização, a pesquisa proporciona embasamento teórico e contribuição ao meio acadêmico, posto que, aplicações de métodos exatos e heurísticos para problemas de otimização em campanhas de promoção são escassos na literatura. A restrição de canibalismo foi investigada anteriormente envolveu somente métodos heurísticos.

Espera-se que a pesquisa possa inspirar e auxiliar organizações em tomadas de decisões e análises de alocações adequadas de seus recursos, visto que o problema de marketing direto com oferta de produtos é um problema real, no entanto, na maioria dos casos envolvem dados e números de clientes em proporções superiores.

O método exato aplicado mostrou-se suficiente para os problemas em questão. Porém, acredita-se que em conjuntos de instâncias com situações mais próximas da realidade, onde o quantitativo de clientes ultrapasse significativamente o número de 10 mil clientes, é muito provável a necessidade de aplicar heurísticas, a fim de encontrar boas soluções em tempos aceitáveis.

Outra consideração a ser feita após a conclusão dos testes está relacionada a forma de agrupamento dos pares canibais. Entende-se como mais promissora a

definição de produtos mutuamente excludentes relacionada ao delineamento de perfis de clientes, cuja análise não foi possível nos conjuntos de dados atuais.

Notou-se também, pelo fato dos conjuntos de instâncias terem sido gerados aleatoriamente dentro de limites estabelecidos, muitos casos nos quais a taxa de retorno não influencia significativamente na resolução do problema, apresentando-se como uma restrição irrelevante.

Desta forma, sugere-se para trabalhos futuros gerar novos conjuntos de instâncias, com dados mais próximos da realidade do marketing direto com oferta de produtos, onde possam ser definidos perfis de clientes e novas estratégias de otimização para a resolução do problema.

Outra sugestão de continuidade da pesquisa seria analisar detalhadamente a estrutura e forma de resolução do problema pelo solver, compreendendo alguns pormenores como os cortes, o percentual de GAP significativo mesmo na otimalidade do problema e critérios de parada definidos pelo solver.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADOLPHO, C. Os 8 Ps do marketing digital. São Paulo: Novatec, 2011. 904 p.
- ANAND, R.; AGGARWAL, D.; KUMAR, V. A comparative analysis of optimization solvers. **Journal of Statistics and Management Systems**, v. 20, n. 4, p. 623-635, Nov 2017.
- ANDERSON, A. J. **Foundations of computer technology**. London: Chapman & Hall, 1998. 702 p.
- BARBOSA, E. B. M. **Uma heurística para otimização de meta-heurísticas por meio de métodos estatísticos**. 2016. 194 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, SP, 2016.
- BELCH, G. E.; BELCH, M. A. **Propaganda e promoção: uma perspectiva da comunicação integrada de marketing**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. 692 p.
- BELFIORE, P.; FÁVERO, L. P. **Pesquisa operacional para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 541 p.
- BELFIORE, P.; FÁVERO, L. P. **Pesquisa operacional para cursos de administração, contabilidade e economia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 376 p.
- BORODIN, V.; BOURTEMBOURG, J.; HNAIEN, F; LABADIE, N. COTS software integration for simulation optimization coupling: case of ARENA and CPLEX products. **International Journal of Modelling and Simulation**, p. 1-12, Dec 2018.
- BOSE, I.; CHEN, X. Quantitative models for direct marketing: A review from systems perspective. **European Journal of Operational Research**, v. 195, n. 1, p. 1-16, 2009.
- CETIN, F.; ALABAS-USLU, C. Heuristic solution to the product targeting problem based on mathematical programming. **International Journal of Production Research**, v. 195, n. 1, p. 1-16, 2015.
- COELHO, V. N.; OLIVEIRA, T. A.; COELHO, I. M; COELHO, B. N.; FLEMING, P.J.; GUIMARÃES, F. G.; RAMALHINHO, H.; SOUZA, M. J. F.; TALBI, E.; LUST, T. Generic pareto local search metaheuristic for optimization of targeted offers in a bi-objective direct marketing campaign. **Computers and Operation Research**, v.78, p. 578-587, Feb. 2017.
- COHEN, M.-D. Exploiting response models: optimizing cross-sell and up-sell opportunities in banking. **Information Systems**, v. 29, n. 4, p. 327–341, jun. 2004.
- CORDENONSI, A. Z. **Ambiente, objetos e dialogicidade: uma estratégia de ensino superior em heurísticas e metaheurísticas**. 2008. 228p. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2008.

CSIKÓSOVÁ, A.; ANTOŠOVÁ, M.; ČULKOVÁ, K. Strategy in direct and interactive marketing and integrated marketing communications. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 116, p. 1615-1619, Feb. 2014.

DONOGHUE, J. R. Comparison of integer programming (IP) solvers for Automated Test Assembly (ATA). **ETS Research Report Series**, p 1-12. Jun 2015.

DRUCKER, P. **Management: tasks, responsibilities, practices**. Nova York: Harper & Row, 1973.

DRUGAN; M. M.; THIERENS, D. Stochastic Pareto local search: Pareto neighbourhood exploration and perturbation strategies. **Journal of Heuristics**, v. 18, n. 5, p. 727–766, Oct. 2012.

FOURER, R.; GAY, D. M.; KERNIGHAN, B. **AMPL: a modeling language for mathematical programming**. 2. ed. Boston: Cengage Learning, 2002. 540 p.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 518 p.

GOLDREICH, O. **Computational complexity: a conceptual perspective**. New York: Cambridge, 2008. 605 p.

GÜLLICH, R. I. C.; LOVATO, A.; EVANGELISTA, M. S. **Metodologia da Pesquisa**. Três de Maio: SETREM. 2007.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 1028 p.

IBM DECISION OPTIMIZATION. **CPLEX Optimization Studio 12.8 now available**. Disponível em: < <https://developer.ibm.com/docloud/blog/2017/12/20/cplex-optimization-studio-12-8-now-available/>>. Acesso em: 19 jan. 2019.

IBM. **IBM ILOG CPLEX Optimization studio getting started with CPLEX**: Version 12 Release 7. 2017. Disponível em: <https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSSA5P_12.7.1/ilog.odms.studio.help/pdf/gscplex.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2018.

KASSAMBARA, A. **Practical guide to cluster analysis in R: unsupervised machine learning (multivariate analysis book 1)**. STHDA, 2017. 188 p.

KIM, Y.A.; SONG, H. S.; KIM, S. H. A new marketing strategy map for direct marketing. **Knowledge-Based Systems**, v. 22, n. 5, p. 327-335, July 2009.

KOTLER, P. **Marketing de A a Z: 80 conceitos que todo profissional precisa saber**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 256 p.

KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. **Princípios de marketing**. 12. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007. 600 p.

KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de marketing**. 12 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. 776 p.

KUBIAK, B. F.; KOWALIK, M. F. Marketing information systems as a driver of an organization's competitive advantage. **Journal of Internet Banking and Commerce**, v. 15, n. 3, p. 2-10, 2015. Disponível em: <<http://www.icommercecentral.com/open-access/marketing-information-systems-as-a-driver-of-an-organizations-competitive-advantage-1-10.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

LIMA, M. et al. **Marketing internacional**. Rio de Janeiro: FGV, 2015. 160 p.

MCCARTHY, E.J. **Marketing básico**: uma visão gerencial. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. 302 p.

MIGUÉIS, V. L. ;CAMANHO, A. S.; BORGES, J. Predicting direct marketing response in banking: comparison of class imbalance methods. **Service Business**, v. 11, n. 4, p. 831–849, Dec. 2017.

MÜLLER, F. M.; BONILHA, I. S.; SOUZA, V. B. An hybrid approach (GA+TS) to solve the direct marketing problem. . **Anais do XIX Latin-Iberoamerican Conference on Operations Research Computers and Operation Research**, 2018.

NOBIBON, F. T.; LEUS, R.; SPIEKSMAN, F. C. Optimization models for targeted offers in direct marketing: Exact and heuristic algorithms. **European Journal of Operational Research**, v. 210, n. 3, p. 670 – 683, 2011.

NOBIBON, F.T.;LEUS, R.; SPIEKSMAN, F.C.R. **Models for the optimization of promotion campaigns**: exact and heuristic algorithms. Department of Quantitative Methods and Information Management (KBI), Faculty of Business and Economics, 2008. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1290503>. Acesso em: 10 Mar. 2018.

OLIVEIRA, T.A.; COELHO, V.N.; SOUZA, M.J.F.; BOAVA, D.L.T.; BOAVA, F.M.; COELHO, I.M.; COELHO, B.N. Um algoritmo heurístico aplicado ao problema de oferta de produtos em campanhas de marketing direto. **Anais do XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, pp. 103 – 114, 2014.

PERREAULT, W. D.; MCCARTHY, E.J. **Basic marketing**: a global-managerial approach. 14. ed. New York: McGraw-Hill, 2002. 815 p.

PRAAG, N. V. **Optimization of promotion campaigns using tabu search**. Dissertação (Mestrado) - Faculty of Business and Economics, Leuven, UK, 2010.

PRIDE, W. M.; FERRELL, O. C. **Foundations of marketing**. Mason, OH: South-Western Cengage Learning, 2012.

ROSEN, K. H. **Matemática discreta e suas aplicações**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2009. 982 p.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J.; LAMB, R. **Administração financeira**. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015. 1072 p.

ROWLEY, J. **Information marketing**. 2.ed. Aldershot: Ashgate, 2006. 244 p.

SEMENIK, R. J.; BAMOSSY, G. J. **Princípios de marketing: uma perspectiva global**. São Paulo: Makron Books, 1995.

SERET, A.; VERBRAKEN, T.; VERSAILLES, S.; BAESSENS, B. A new SOM-based method for profile generation: Theory and an application in direct marketing. **European Journal of Operational Research**, v. 220, n. 1, p. 199 – 209, 2012.

SOUZA, V. B. **Uma abordagem meta-heurística para o problema de marketing direto considerando o canibalismo de produtos**. 2018. 104 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2018.

TAHA, H. A. **Pesquisa operacional**. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008. 353 p.

TALBI, E.G. **Metaheuristics: from design to implementation**. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2009. 593 p.

THOMAS, B.; HOUSDEN, M. **Direct and digital marketing in practice**. London: Bloomsbury Publishing, 2017. 480 p.

THOMAS, B.; HOUSDEN, M. **Direct marketing in practice**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007. 360 p.

TRAYLOR, M. B. Cannibalism in multibrand firms. **Journal of Consumer Marketing**, v. 3, n. 2, p. 69-75, Spring 1986.

WIID, J.; DIGGINES, C. **Marketing research**. Cape Town: Juta, 2009. 278 p.

ZIMPL. **About**. Disponível em: <<http://zimpl.zib.de/>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

QUEIROZ, J. P.; OLIVEIRA, B. Benefits of the marketing information system in the clothing retail business. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 11, n. 1, p. 727–766, Jan./Apr. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?frbrVersion=4&script=sci_arttext&pid=S1807-17752014000100153&lng=en&tIng=en>. Acesso em: 23 mar. 2019.

APÊNDICE A – PARES MUTUAMENTE EXCLUDENTES

Na sequência de tabelas Tabela 13, Tabela 14 e Tabela 15, é possível verificar os pares canibais definidos para instâncias com 5, 10 e 15 produtos, respectivamente.

Tabela 13 - Pares mutuamente excludentes para instâncias com 5 produtos

Conjuntos de Instâncias com 5 produtos			
Instância	Com Canibalismo Souza (2018)	Dissimilaridade	Similaridade
	Par 1	Par 1	Par 1
S1-5-5-1-l	1 e 4	1 e 4	1 e 5
S1-5-5-1-s	1 e 4	1 e 2	1 e 2
S1-5-5-2-l	2 e 4	1 e 5	3 e 5
S1-5-5-2-s	2 e 4	2 e 3	2 e 3
S1-5-5-3-l	1 e 2	3 e 4	4 e 5
S1-5-5-3-s	1 e 2	2 e 3	2 e 3
S1-10-5-1-l	2 e 4	3 e 4	4 e 5
S1-10-5-1-s	2 e 4	1 e 3	1 e 3
S1-10-5-2-l	1 e 5	4 e 5	1 e 4
S1-10-5-2-s	1 e 5	1 e 4	1 e 4
S1-10-5-3-l	1 e 4	2 e 3	2 e 5
S1-10-5-3-s	1 e 4	2 e 3	2 e 3
S1-15-5-1-l	4 e 5	2 e 5	2 e 3
S1-15-5-1-s	4 e 5	1 e 3	1 e 3
S1-15-5-2-l	1 e 3	1 e 5	1 e 3
S1-15-5-2-s	1 e 3	2 e 3	2 e 3
S1-15-5-3-l	3 e 4	2 e 3	2 e 4
S1-15-5-3-s	3 e 4	1 e 2	1 e 2
S2-5-5-1-l	3 e 5	2 e 4	2 e 3
S2-5-5-1-s	3 e 5	1 e 2	1 e 2
S2-5-5-2-l	2 e 4	4 e 5	1 e 4
S2-5-5-2-s	2 e 4	3 e 4	3 e 4
S2-5-5-3-l	2 e 3	1 e 5	4 e 5
S2-5-5-3-s	2 e 3	1 e 2	1 e 2
S2-10-5-1-l	1 e 3	3 e 5	2 e 3
S2-10-5-1-s	1 e 3	1 e 3	1 e 3
S2-10-5-2-l	1 e 3	2 e 5	1 e 5
S2-10-5-2-s	1 e 3	2 e 3	2 e 3
S2-10-5-3-l	3 e 5	4 e 5	4 e 5
S2-10-5-3-s	3 e 5	1 e 4	1 e 4
S2-15-5-1-l	2 e 3	2 e 5	1 e 5
S2-15-5-1-s	2 e 3	1 e 2	1 e 2
S2-15-5-2-l	3 e 4	3 e 5	3 e 4
S2-15-5-2-s	3 e 4	3 e 4	3 e 4
S2-15-5-3-l	2 e 5	1 e 5	3 e 5
S2-15-5-3-s	2 e 5	1 e 2	1 e 2
S3-5-5-1-l	1 e 3	2 e 4	4 e 5
S3-5-5-1-s	1 e 3	2 e 3	2 e 3
S3-5-5-2-l	2 e 5	4 e 5	3 e 4
S3-5-5-2-s	2 e 5	2 e 4	2 e 4
S3-5-5-3-l	4 e 5	2 e 4	3 e 4
S3-5-5-3-s	4 e 5	1 e 3	1 e 3

S3-10-5-1-l	2 e 5	4 e 5	1 e 4
S3-10-5-1-s	2 e 5	2 e 3	2 e 3
S3-10-5-2-l	2 e 4	4 e 5	1 e 5
S3-10-5-2-s	2 e 4	1 e 3	1 e 3
S3-10-5-3-l	3 e 5	1 e 2	1 e 2
S3-10-5-3-s	3 e 5	1 e 2	1 e 2
S3-15-5-1-l	2 e 5	1 e 5	1 e 3
S3-15-5-1-s	2 e 5	2 e 3	2 e 3
S3-15-5-2-l	2 e 3	2 e 4	1 e 2
S3-15-5-2-s	2 e 3	3 e 4	3 e 4
S3-15-5-3-l	2 e 5	2 e 3	2 e 3
S3-15-5-3-s	2 e 5	2 e 3	2 e 3
M1-5-5-1-l	1 e 3	2 e 4	2 e 3
M1-5-5-1-s	1 e 3	1 e 4	1 e 4
M1-5-5-2-l	1 e 2	1 e 4	4 e 5
M1-5-5-2-s	1 e 2	1 e 4	1 e 4
M1-5-5-3-l	4 e 5	1 e 5	3 e 5
M1-5-5-3-s	4 e 5	2 e 3	2 e 3
M1-10-5-1-l	2 e 5	3 e 4	1 e 3
M1-10-5-1-s	2 e 5	1 e 3	1 e 3
M1-10-5-2-l	2 e 4	1 e 4	1 e 2
M1-10-5-2-s	2 e 4	1 e 2	1 e 2
M1-10-5-3-l	4 e 5	1 e 4	1 e 4
M1-10-5-3-s	4 e 5	2 e 3	2 e 3
M1-15-5-1-l	1 e 3	2 e 3	2 e 5
M1-15-5-1-s	1 e 3	2 e 3	2 e 3
M1-15-5-2-l	1 e 2	3 e 5	3 e 4
M1-15-5-2-s	1 e 2	2 e 4	2 e 4
M1-15-5-3-l	2 e 4	4 e 5	2 e 4
M1-15-5-3-s	2 e 4	2 e 5	2 e 5
M2-5-5-1-l	2 e 4	2 e 5	1 e 4
M2-5-5-1-s	2 e 4	1 e 2	1 e 2
M2-5-5-2-l	1 e 4	2 e 3	2 e 5
M2-5-5-2-s	1 e 4	3 e 4	3 e 4
M2-5-5-3-l	3 e 5	2 e 5	2 e 5
M2-5-5-3-s	3 e 5	2 e 5	2 e 5
M2-10-5-1-l	4 e 5	1 e 5	1 e 3
M2-10-5-1-s	4 e 5	1 e 4	1 e 4
M2-10-5-2-l	2 e 5	2 e 4	2 e 3
M2-10-5-2-s	2 e 5	1 e 3	1 e 3
M2-10-5-3-l	2 e 4	3 e 4	4 e 5
M2-10-5-3-s	2 e 4	1 e 4	1 e 4
M2-15-5-1-l	4 e 5	1 e 5	1 e 2
M2-15-5-1-s	4 e 5	1 e 4	1 e 4
M2-15-5-2-l	1 e 5	1 e 4	2 e 4
M2-15-5-2-s	1 e 5	1 e 3	1 e 3
M2-15-5-3-l	1 e 3	1 e 5	1 e 3
M2-15-5-3-s	1 e 3	1 e 2	1 e 2
L-5-5-1-l	1 e 5	4 e 5	2 e 5
L-5-5-1-s	1 e 5	2 e 3	2 e 3
L-5-5-2-l	1 e 4	3 e 4	1 e 4
L-5-5-2-s	1 e 4	1 e 3	1 e 3
L-5-5-3-l	3 e 4	1 e 2	1 e 3
L-5-5-3-s	3 e 4	1 e 3	1 e 3
L-10-5-1-l	3 e 4	1 e 2	1 e 5
L-10-5-1-s	3 e 4	1 e 3	1 e 3
L-10-5-2-l	3 e 4	3 e 4	3 e 5
L-10-5-2-s	3 e 4	2 e 3	2 e 3

L-10-5-3-l	1 e 3	3 e 5	4 e 5
L-10-5-3-s	1 e 3	3 e 4	3 e 4
L-15-5-1-l	3 e 4	1 e 4	1 e 5
L-15-5-1-s	3 e 4	1 e 2	1 e 2
L-15-5-2-l	1 e 2	1 e 4	1 e 5
L-15-5-2-s	1 e 2	1 e 3	1 e 3
L-15-5-3-l	1 e 3	3 e 5	3 e 4
L-15-5-3-s	1 e 3	1 e 4	1 e 4

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Tabela 14 - Pares mutuamente excludentes para instâncias com 10 produtos

Conjuntos de Instâncias com 10 produtos						
Instância	Com Canibalismo Souza (2018)		Dissimilaridade		Similaridade	
	Par 1	Par 2	Par 1	Par 2	Par 1	Par 2
S1-5-10-1-l	1 e 2	6 e 10	1 e 7	4 e 9	2 e 3	4 e 10
S1-5-10-1-s	1 e 2	6 e 10	2 e 4	5 e 7	4 e 9	2 e 6
S1-5-10-2-l	6 e 9	3 e 5	7 e 8	3 e 6	1 e 2	3 e 6
S1-5-10-2-s	6 e 9	3 e 5	2 e 4	6 e 9	2 e 9	3 e 6
S1-5-10-3-l	9 e 10	2 e 6	2 e 5	4 e 6	7 e 8	4 e 9
S1-5-10-3-s	9 e 10	2 e 6	5 e 6	1 e 9	8 e 9	1 e 5
S1-10-10-1-l	2 e 8	4 e 7	5 e 7	1 e 4	6 e 10	1 e 3
S1-10-10-1-s	2 e 8	4 e 7	3 e 7	4 e 8	2 e 5	6 e 7
S1-10-10-2-l	1 e 2	7 e 8	3 e 5	6 e 8	1 e 3	7 e 8
S1-10-10-2-s	1 e 2	7 e 8	1 e 5	3 e 6	3 e 10	1 e 6
S1-10-10-3-l	3 e 5	1 e 9	4 e 6	1 e 8	2 e 10	1 e 6
S1-10-10-3-s	3 e 5	1 e 9	2 e 4	7 e 9	1 e 5	4 e 7
S1-15-10-1-l	5 e 10	2 e 6	1 e 5	3 e 9	6 e 10	3 e 8
S1-15-10-1-s	5 e 10	2 e 6	1 e 2	3 e 4	4 e 6	3 e 5
S1-15-10-2-l	1 e 10	6 e 9	3 e 8	1 e 9	4 e 6	1 e 8
S1-15-10-2-s	1 e 10	6 e 9	3 e 5	8 e 9	5 e 7	3 e 6
S1-15-10-3-l	3 e 4	5 e 8	6 e 7	1 e 3	2 e 9	3 e 4
S1-15-10-3-s	3 e 4	5 e 8	4 e 8	2 e 5	2 e 9	4 e 5
S2-5-10-1-l	1 e 5	2 e 4	1 e 2	5 e 7	3 e 6	7 e 10
S2-5-10-1-s	1 e 5	2 e 4	1 e 2	3 e 9	3 e 10	1 e 6
S2-5-10-2-l	6 e 8	4 e 10	1 e 2	7 e 9	4 e 5	7 e 8
S2-5-10-2-s	6 e 8	4 e 10	2 e 8	3 e 4	7 e 9	3 e 4
S2-5-10-3-l	2 e 3	4 e 6	1 e 6	8 e 9	4 e 7	3 e 9
S2-5-10-3-s	2 e 3	4 e 6	8 e 10	5 e 6	6 e 7	9 e 10
S2-10-10-1-l	5 e 10	3 e 9	2 e 6	8 e 10	1 e 9	7 e 8
S2-10-10-1-s	5 e 10	3 e 9	1 e 2	3 e 6	4 e 8	2 e 7
S2-10-10-2-l	7 e 9	5 e 10	1 e 10	4 e 5	2 e 5	4 e 8
S2-10-10-2-s	7 e 9	5 e 10	3 e 4	6 e 7	4 e 8	3 e 7
S2-10-10-3-l	3 e 9	1 e 2	1 e 7	8 e 10	2 e 5	6 e 8
S2-10-10-3-s	3 e 9	1 e 2	4 e 6	2 e 10	8 e 10	2 e 7
S2-15-10-1-l	5 e 8	6 e 9	1 e 5	4 e 10	3 e 9	6 e 10
S2-15-10-1-s	5 e 8	6 e 9	2 e 6	7 e 10	3 e 10	7 e 9
S2-15-10-2-l	2 e 8	7 e 10	2 e 3	1 e 8	5 e 9	8 e 10
S2-15-10-2-s	2 e 8	7 e 10	5 e 8	4 e 6	1 e 5	4 e 8
S2-15-10-3-l	8 e 9	2 e 6	1 e 4	3 e 5	6 e 9	5 e 10
S2-15-10-3-s	8 e 9	2 e 6	3 e 8	1 e 6	6 e 9	3 e 10
S3-5-10-1-l	6 e 7	3 e 5	3 e 9	2 e 6	1 e 8	2 e 5
S3-5-10-1-s	6 e 7	3 e 5	1 e 8	2 e 4	4 e 6	2 e 9
S3-5-10-2-l	7 e 10	4 e 5	1 e 7	2 e 8	5 e 6	8 e 10
S3-5-10-2-s	7 e 10	4 e 5	4 e 8	5 e 9	2 e 5	8 e 9

S3-5-10-3-l	4 e 8	6 e 10	1 e 5	8 e 10	3 e 6	8 e 10
S3-5-10-3-s	4 e 8	6 e 10	4 e 9	1 e 8	1 e 5	3 e 4
S3-10-10-1-l	7 e 10	4 e 9	6 e 7	3 e 5	2 e 8	1 e 5
S3-10-10-1-s	7 e 10	4 e 9	8 e 10	5 e 7	1 e 5	3 e 8
S3-10-10-2-l	3 e 6	8 e 10	6 e 9	3 e 7	8 e 10	5 e 7
S3-10-10-2-s	3 e 6	8 e 10	3 e 7	5 e 6	3 e 6	8 e 10
S3-10-10-3-l	4 e 5	6 e 10	1 e 8	3 e 6	4 e 5	3 e 6
S3-10-10-3-s	4 e 5	6 e 10	2 e 7	4 e 6	3 e 4	1 e 6
S3-15-10-1-l	2 e 4	1 e 5	1 e 9	4 e 8	4 e 5	2 e 8
S3-15-10-1-s	2 e 4	1 e 5	2 e 10	6 e 8	3 e 8	5 e 6
S3-15-10-2-l	8 e 9	4 e 7	4 e 8	3 e 6	5 e 7	2 e 6
S3-15-10-2-s	8 e 9	4 e 7	2 e 6	1 e 9	8 e 10	2 e 9
S3-15-10-3-l	1 e 4	5 e 9	2 e 3	8 e 10	8 e 9	3 e 10
S3-15-10-3-s	1 e 4	5 e 9	6 e 7	2 e 8	8 e 10	6 e 9
M1-5-10-1-l	9 e 10	3 e 7	5 e 8	4 e 7	3 e 6	1 e 7
M1-5-10-1-s	9 e 10	3 e 7	7 e 10	3 e 4	3 e 6	9 e 10
M1-5-10-2-l	5 e 8	3 e 10	1 e 9	3 e 10	6 e 8	3 e 4
M1-5-10-2-s	5 e 8	3 e 10	1 e 10	4 e 5	6 e 8	1 e 5
M1-5-10-3-l	9 e 10	1 e 2	1 e 6	2 e 8	3 e 10	2 e 8
M1-5-10-3-s	9 e 10	1 e 2	6 e 9	5 e 10	3 e 10	5 e 8
M1-10-10-1-l	4 e 5	3 e 8	3 e 7	8 e 9	4 e 5	1 e 8
M1-10-10-1-s	4 e 5	3 e 8	3 e 6	4 e 7	6 e 8	2 e 3
M1-10-10-2-l	1 e 5	2 e 8	1 e 4	2 e 5	3 e 9	5 e 6
M1-10-10-2-s	1 e 5	2 e 8	6 e 8	4 e 9	4 e 5	3 e 10
M1-10-10-3-l	2 e 3	5 e 8	4 e 6	1 e 2	7 e 9	2 e 3
M1-10-10-3-s	2 e 3	5 e 8	2 e 3	5 e 9	7 e 9	3 e 5
M1-15-10-1-l	4 e 10	2 e 8	2 e 7	8 e 10	5 e 6	8 e 10
M1-15-10-1-s	4 e 10	2 e 8	5 e 6	1 e 9	1 e 4	3 e 9
M1-15-10-2-l	1 e 8	2 e 10	7 e 8	1 e 10	2 e 9	1 e 10
M1-15-10-2-s	1 e 8	2 e 10	3 e 5	4 e 9	2 e 4	3 e 8
M1-15-10-3-l	6 e 8	2 e 5	4 e 5	3 e 9	3 e 7	6 e 9
M1-15-10-3-s	6 e 8	2 e 5	8 e 10	3 e 7	3 e 6	7 e 9
M2-5-10-1-l	2 e 6	1 e 8	4 e 10	1 e 9	7 e 8	1 e 2
M2-5-10-1-s	2 e 6	1 e 8	2 e 9	5 e 8	5 e 6	4 e 9
M2-5-10-2-l	5 e 8	7 e 10	3 e 4	1 e 6	2 e 9	1 e 6
M2-5-10-2-s	5 e 8	7 e 10	6 e 9	4 e 7	1 e 6	7 e 9
M2-5-10-3-l	4 e 6	9 e 10	4 e 9	2 e 6	1 e 7	6 e 8
M2-5-10-3-s	4 e 6	9 e 10	2 e 5	4 e 8	1 e 2	3 e 8
M2-10-10-1-l	7 e 9	3 e 8	2 e 3	4 e 7	6 e 8	4 e 7
M2-10-10-1-s	7 e 9	3 e 8	1 e 7	3 e 5	2 e 6	3 e 7
M2-10-10-2-l	8 e 9	1 e 6	2 e 10	4 e 7	3 e 5	4 e 9
M2-10-10-2-s	8 e 9	1 e 6	6 e 7	8 e 10	8 e 9	1 e 10
M2-10-10-3-l	1 e 9	4 e 5	7 e 8	5 e 6	1 e 2	3 e 5
M2-10-10-3-s	1 e 9	4 e 5	1 e 8	3 e 10	1 e 3	6 e 10
M2-15-10-1-l	1 e 5	2 e 10	5 e 10	3 e 8	2 e 7	1 e 8
M2-15-10-1-s	1 e 5	2 e 10	1 e 8	5 e 6	2 e 3	1 e 5
M2-15-10-2-l	7 e 10	1 e 4	2 e 5	9 e 10	3 e 8	5 e 6
M2-15-10-2-s	7 e 10	1 e 4	2 e 10	5 e 7	5 e 9	7 e 10
M2-15-10-3-l	1 e 10	5 e 8	4 e 7	2 e 3	2 e 8	3 e 4
M2-15-10-3-s	1 e 10	5 e 8	5 e 9	3 e 7	3 e 8	4 e 7
L-5-10-1-l	6 e 10	1 e 3	3 e 7	2 e 4	8 e 9	4 e 5
L-5-10-1-s	6 e 10	1 e 3	2 e 5	7 e 8	8 e 10	3 e 7
L-5-10-2-l	3 e 6	5 e 9	3 e 9	2 e 8	4 e 10	5 e 8
L-5-10-2-s	3 e 6	5 e 9	6 e 8	3 e 7	1 e 5	3 e 7
L-5-10-3-l	1 e 3	2 e 5	6 e 7	2 e 10	3 e 9	2 e 10
L-5-10-3-s	1 e 3	2 e 5	2 e 7	5 e 8	3 e 8	5 e 7
L-10-10-1-l	1 e 2	6 e 10	7 e 10	2 e 4	5 e 8	1 e 4
L-10-10-1-s	1 e 2	6 e 10	9 e 10	4 e 6	1 e 4	3 e 6

L-10-10-2-l	3 e 4	6 e 8	5 e 6	2 e 9	7 e 10	8 e 9
L-10-10-2-s	3 e 4	6 e 8	7 e 10	3 e 9	5 e 6	3 e 7
L-10-10-3-l	1 e 6	3 e 8	7 e 9	3 e 10	3 e 4	9 e 10
L-10-10-3-s	1 e 6	3 e 8	2 e 8	4 e 9	3 e 9	4 e 10
L-15-10-1-l	3 e 10	1 e 5	1 e 2	6 e 10	4 e 5	6 e 8
L-15-10-1-s	3 e 10	1 e 5	1 e 8	3 e 6	2 e 6	9 e 10
L-15-10-2-l	4 e 6	1 e 5	5 e 7	9 e 10	3 e 6	4 e 9
L-15-10-2-s	4 e 6	1 e 5	2 e 6	5 e 10	4 e 9	6 e 10
L-15-10-3-l	2 e 3	5 e 8	1 e 6	4 e 9	3 e 9	1 e 4
L-15-10-3-s	2 e 3	5 e 8	5 e 8	1 e 3	3 e 4	1 e 9

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Tabela 15 - Pares mutuamente excludentes para instâncias com 15 produtos

Instância	Conjuntos de Instâncias com 15 produtos								
	Canibalismo Souza (2018)			Dissimilaridade			Similaridade		
	Par 1	Par 2	Par 3	Par 1	Par 2	Par 3	Par 1	Par 2	Par 3
S1-5-15-1-l	6 e 7	5 e 8	4 e 9	3 e 7	4 e 6	12 e 13	10 e 10	1 e 9	6 e 8
S1-5-15-1-s	6 e 7	5 e 8	4 e 9	5 e 6	1 e 15	11 e 14	6 e 7	1 e 5	14 e 15
S1-5-15-2-l	7 e 9	3 e 11	5 e 13	4 e 15	5 e 7	1 e 11	2 e 6	12 e 13	1 e 11
S1-5-15-2-s	7 e 9	3 e 11	5 e 13	5 e 9	7 e 8	1 e 12	8 e 9	1 e 14	7 e 11
S1-5-15-3-l	6 e 10	3 e 13	2 e 7	12 e 13	3 e 11	7 e 14	4 e 10	5 e 8	3 e 14
S1-5-15-3-s	6 e 10	3 e 13	2 e 7	1 e 10	2 e 8	11 e 14	10 e 14	11 e 15	1 e 8
S1-10-15-1-l	4 e 9	7 e 11	5 e 14	1 e 14	9 e 10	2 e 3	5 e 7	4 e 13	1 e 3
S1-10-15-1-s	4 e 9	7 e 11	5 e 14	2 e 3	4 e 11	8 e 15	3 e 8	10 e 11	2 e 6
S1-10-15-2-l	4 e 6	3 e 8	10 e 13	1 e 12	6 e 8	4 e 10	11 e 13	2 e 3	10 e 14
S1-10-15-2-s	4 e 6	3 e 8	10 e 13	2 e 7	9 e 10	8 e 15	8 e 14	2 e 11	4 e 15
S1-10-15-3-l	6 e 7	2 e 5	10 e 13	1 e 11	4 e 8	5 e 15	2 e 3	6 e 14	4 e 9
S1-10-15-3-s	6 e 7	2 e 5	10 e 13	3 e 7	8 e 14	2 e 6	2 e 3	6 e 7	8 e 11
S1-15-15-1-l	1 e 8	11 e 12	6 e 10	3 e 7	9 e 12	5 e 8	1 e 4	2 e 6	5 e 12
S1-15-15-1-s	1 e 8	11 e 12	6 e 10	4 e 12	1 e 8	2 e 10	12 e 13	1 e 2	3 e 4
S1-15-15-2-l	3 e 9	5 e 7	1 e 12	7 e 15	5 e 6	3 e 4	9 e 13	1 e 8	4 e 12
S1-15-15-2-s	3 e 9	5 e 7	1 e 12	10 e 12	2 e 5	6 e 14	2 e 7	1 e 5	11 e 12
S1-15-15-3-l	14 e 15	6 e 8	3 e 10	3 e 10	4 e 11	9 e 13	1 e 14	6 e 12	8 e 9
S1-15-15-3-s	14 e 15	6 e 8	3 e 10	10 e 11	1 e 3	9 e 14	4 e 14	1 e 9	3 e 12
S2-5-15-1-l	2 e 7	1 e 15	12 e 13	9 e 14	11 e 13	10 e 15	1 e 8	4 e 6	9 e 10
S2-5-15-1-s	2 e 7	1 e 15	12 e 13	2 e 13	3 e 4	9 e 14	10 e 14	2 e 4	3 e 9
S2-5-15-2-l	8 e 11	4 e 15	3 e 6	4 e 12	9 e 15	3 e 11	2 e 14	1 e 13	3 e 9
S2-5-15-2-s	8 e 11	4 e 15	3 e 6	1 e 3	5 e 9	2 e 10	3 e 12	2 e 5	1 e 9
S2-5-15-3-l	3 e 4	1 e 6	5 e 7	1 e 12	3 e 6	5 e 10	9 e 15	5 e 10	3 e 6
S2-5-15-3-s	3 e 4	1 e 6	5 e 7	7 e 11	12 e 14	5 e 8	5 e 9	10 e 15	8 e 11
S2-10-15-1-l	7 e 9	3 e 13	11 e 15	11 e 14	1 e 10	8 e 9	4 e 13	7 e 15	6 e 8
S2-10-15-1-s	7 e 9	3 e 13	11 e 15	4 e 11	2 e 7	8 e 12	12 e 15	3 e 13	8 e 11
S2-10-15-2-l	12 e 14	5 e 10	6 e 13	8 e 13	3 e 10	1 e 11	2 e 7	11 e 12	1 e 6
S2-10-15-2-s	12 e 14	5 e 10	6 e 13	2 e 12	6 e 11	1 e 9	6 e 13	11 e 12	4 e 9
S2-10-15-3-l	3 e 15	8 e 11	1 e 14	2 e 3	6 e 12	7 e 10	9 e 13	8 e 10	7 e 15
S2-10-15-3-s	3 e 15	8 e 11	1 e 14	6 e 14	2 e 13	7 e 8	10 e 15	8 e 13	2 e 7
S2-15-15-1-l	5 e 6	7 e 14	8 e 15	5 e 14	3 e 6	2 e 9	7 e 13	1 e 4	9 e 10
S2-15-15-1-s	5 e 6	7 e 14	8 e 15	6 e 14	1 e 9	7 e 10	14 e 15	7 e 9	1 e 3
S2-15-15-2-l	10 e 14	9 e 11	3 e 15	3 e 6	13 e 14	5 e 9	1 e 7	2 e 12	5 e 9
S2-15-15-2-s	10 e 14	9 e 11	3 e 15	11 e 13	4 e 10	5 e 6	3 e 13	5 e 7	6 e 10
S2-15-15-3-l	1 e 3	7 e 13	10 e 15	1 e 6	3 e 10	8 e 14	12 e 15	3 e 8	10 e 14
S2-15-15-3-s	1 e 3	7 e 13	10 e 15	3 e 7	5 e 11	6 e 10	3 e 10	7 e 15	12 e 14
S3-5-15-1-l	3 e 13	4 e 7	6 e 10	3 e 4	1 e 10	6 e 12	7 e 14	2 e 15	1 e 12
S3-5-15-1-s	3 e 13	4 e 7	6 e 10	2 e 14	1 e 10	6 e 11	2 e 3	1 e 6	5 e 10

S3-5-15-2-l	5 e 9	3 e 11	2 e 14	12 e 13	7 e 14	2 e 8	1 e 3	11 e 15	2 e 5
S3-5-15-2-s	5 e 9	3 e 11	2 e 14	11 e 15	7 e 13	8 e 14	9 e 14	1 e 8	11 e 13
S3-5-15-3-l	7 e 8	3 e 11	1 e 9	10 e 13	1 e 2	11 e 15	5 e 8	9 e 15	2 e 11
S3-5-15-3-s	7 e 8	3 e 11	1 e 9	6 e 12	3 e 14	4 e 8	6 e 9	3 e 4	8 e 15
S3-10-15-1-l	5 e 14	2 e 9	8 e 10	5 e 8	6 e 10	3 e 14	1 e 7	4 e 12	2 e 14
S3-10-15-1-s	5 e 14	2 e 9	8 e 10	13 e 15	5 e 12	6 e 9	9 e 15	13 e 14	5 e 6
S3-10-15-2-l	3 e 8	9 e 14	2 e 11	7 e 12	5 e 10	13 e 15	2 e 3	1 e 14	8 e 15
S3-10-15-2-s	3 e 8	9 e 14	2 e 11	5 e 7	1 e 12	2 e 14	7 e 11	13 e 14	2 e 12
S3-10-15-3-l	1 e 14	8 e 10	5 e 11	3 e 15	5 e 9	2 e 11	1 e 8	9 e 11	2 e 5
S3-10-15-3-s	1 e 14	8 e 10	5 e 11	3 e 13	10 e 12	7 e 8	1 e 14	8 e 13	10 e 11
S3-15-15-1-l	6 e 14	3 e 13	8 e 15	10 e 12	4 e 9	5 e 14	1 e 8	2 e 3	5 e 15
S3-15-15-1-s	6 e 14	3 e 13	8 e 15	12 e 14	1 e 10	2 e 6	3 e 9	2 e 8	4 e 10
S3-15-15-2-l	4 e 14	2 e 13	9 e 10	1 e 9	8 e 12	5 e 14	3 e 7	4 e 13	11 e 15
S3-15-15-2-s	4 e 14	2 e 13	9 e 10	1 e 4	7 e 13	6 e 15	1 e 5	4 e 10	6 e 7
S3-15-15-3-l	4 e 11	13 e 15	1 e 14	7 e 9	13 e 15	6 e 12	1 e 2	6 e 8	7 e 12
S3-15-15-3-s	4 e 11	13 e 15	1 e 14	4 e 5	1 e 2	3 e 12	6 e 12	2 e 3	1 e 4
M1-5-15-1-l	9 e 10	4 e 11	6 e 7	2 e 6	3 e 8	11 e 13	1 e 10	4 e 5	11 e 13
M1-5-15-1-s	9 e 10	4 e 11	6 e 7	5 e 7	1 e 10	9 e 14	2 e 3	12 e 14	6 e 10
M1-5-15-2-l	4 e 13	3 e 14	7 e 8	4 e 7	8 e 9	5 e 11	1 e 6	12 e 15	11 e 13
M1-5-15-2-s	4 e 13	3 e 14	7 e 8	1 e 13	8 e 14	2 e 3	7 e 12	2 e 8	1 e 14
M1-5-15-3-l	1 e 12	3 e 9	5 e 14	5 e 13	1 e 11	10 e 15	12 e 14	3 e 10	11 e 15
M1-5-15-3-s	1 e 12	3 e 9	5 e 14	6 e 8	1 e 3	11 e 12	3 e 12	10 e 15	1 e 11
M1-10-15-1-l	1 e 2	7 e 11	5 e 9	8 e 12	6 e 13	1 e 4	3 e 15	4 e 7	1 e 9
M1-10-15-1-s	1 e 2	7 e 11	5 e 9	2 e 5	8 e 10	14 e 15	13 e 15	8 e 14	2 e 13
M1-10-15-2-l	6 e 10	1 e 2	11 e 12	7 e 12	9 e 14	1 e 13	2 e 8	11 e 15	1 e 4
M1-10-15-2-s	6 e 10	1 e 2	11 e 12	5 e 11	13 e 15	1 e 7	1 e 15	4 e 12	7 e 14
M1-10-15-3-l	2 e 3	11 e 12	4 e 8	3 e 4	5 e 9	1 e 8	6 e 8	1 e 9	4 e 5
M1-10-15-3-s	2 e 3	11 e 12	4 e 8	3 e 4	2 e 5	10 e 12	6 e 8	1 e 10	2 e 12
M1-15-15-1-l	6 e 12	9 e 15	4 e 8	3 e 7	4 e 5	1 e 8	14 e 15	2 e 10	1 e 8
M1-15-15-1-s	6 e 12	9 e 15	4 e 8	3 e 8	1 e 11	12 e 14	10 e 12	2 e 9	11 e 14
M1-15-15-2-l	1 e 5	11 e 12	4 e 7	2 e 10	5 e 12	3 e 7	9 e 11	8 e 14	3 e 7
M1-15-15-2-s	1 e 5	11 e 12	4 e 7	6 e 14	4 e 12	5 e 15	2 e 7	12 e 15	4 e 5
M1-15-15-3-l	4 e 12	6 e 15	1 e 13	8 e 9	3 e 5	1 e 13	6 e 11	13 e 14	1 e 3
M1-15-15-3-s	4 e 12	6 e 15	1 e 13	10 e 15	3 e 9	11 e 14	3 e 11	6 e 14	1 e 9
M2-5-15-1-l	3 e 14	6 e 10	1 e 11	6 e 12	2 e 15	1 e 11	8 e 13	9 e 10	1 e 11
M2-5-15-1-s	3 e 14	6 e 10	1 e 11	1 e 11	13 e 15	5 e 6	6 e 10	2 e 15	5 e 13
M2-5-15-2-l	6 e 9	10 e 13	2 e 8	6 e 8	11 e 15	3 e 7	1 e 12	5 e 14	7 e 10
M2-5-15-2-s	6 e 9	10 e 13	2 e 8	2 e 11	3 e 7	10 e 15	6 e 10	3 e 5	7 e 15
M2-5-15-3-l	2 e 11	10 e 14	5 e 15	4 e 11	5 e 14	6 e 7	8 e 12	13 e 15	6 e 7
M2-5-15-3-s	2 e 11	10 e 14	5 e 15	2 e 3	4 e 7	10 e 13	7 e 12	8 e 10	2 e 13
M2-10-15-1-l	7 e 15	10 e 14	1 e 5	10 e 13	4 e 12	3 e 6	2 e 11	5 e 7	3 e 14
M2-10-15-1-s	7 e 15	10 e 14	1 e 5	2 e 3	1 e 15	8 e 11	8 e 9	11 e 12	7 e 15
M2-10-15-2-l	4 e 14	7 e 8	10 e 13	1 e 5	2 e 12	3 e 13	7 e 9	4 e 6	2 e 3
M2-10-15-2-s	4 e 14	7 e 8	10 e 13	9 e 13	1 e 10	2 e 15	6 e 9	2 e 5	1 e 15
M2-10-15-3-l	1 e 9	4 e 10	12 e 15	11 e 13	1 e 10	6 e 9	4 e 7	3 e 12	1 e 9
M2-10-15-3-s	1 e 9	4 e 10	12 e 15	13 e 15	10 e 14	9 e 12	1 e 7	3 e 9	12 e 13
M2-15-15-1-l	3 e 12	6 e 7	2 e 4	5 e 7	13 e 15	10 e 12	3 e 14	6 e 9	10 e 12
M2-15-15-1-s	3 e 12	6 e 7	2 e 4	6 e 13	1 e 10	5 e 11	2 e 4	8 e 11	5 e 15
M2-15-15-2-l	10 e 12	1 e 7	5 e 13	10 e 15	7 e 12	9 e 13	6 e 8	11 e 14	7 e 9
M2-15-15-2-s	10 e 12	1 e 7	5 e 13	1 e 7	11 e 12	3 e 9	5 e 15	1 e 11	9 e 12
M2-15-15-3-l	4 e 15	6 e 7	5 e 9	11 e 15	2 e 7	9 e 13	1 e 10	3 e 5	8 e 13
M2-15-15-3-s	4 e 15	6 e 7	5 e 9	6 e 15	3 e 4	7 e 9	3 e 5	8 e 9	7 e 10
L-5-15-1-l	12 e 13	3 e 10	5 e 7	1 e 4	2 e 5	6 e 8	3 e 10	9 e 13	6 e 8
L-5-15-1-s	12 e 13	3 e 10	5 e 7	1 e 15	6 e 14	7 e 13	12 e 13	4 e 9	7 e 14
L-5-15-2-l	6 e 13	9 e 11	1 e 12	3 e 6	4 e 9	8 e 14	11 e 12	2 e 15	8 e 10
L-5-15-2-s	6 e 13	9 e 11	1 e 12	2 e 5	8 e 14	3 e 4	1 e 9	4 e 8	3 e 14
L-5-15-3-l	6 e 8	7 e 11	5 e 12	7 e 15	1 e 3	12 e 13	5 e 9	10 e 14	12 e 13
L-5-15-3-s	6 e 8	7 e 11	5 e 12	8 e 12	7 e 15	4 e 14	10 e 14	5 e 13	12 e 15

L-10-15-1-l	1 e 2	11 e 13	8 e 10	6 e 13	8 e 12	5 e 7	1 e 9	3 e 15	5 e 7
L-10-15-1-s	1 e 2	11 e 13	8 e 10	4 e 12	9 e 10	2 e 8	5 e 15	8 e 10	2 e 12
L-10-15-2-l	4 e 14	6 e 15	10 e 12	1 e 11	10 e 15	2 e 14	6 e 7	9 e 13	2 e 14
L-10-15-2-s	4 e 14	6 e 15	10 e 12	12 e 15	1 e 6	2 e 8	10 e 11	1 e 8	2 e 6
L-10-15-3-l	1 e 7	9 e 11	3 e 15	7 e 8	9 e 11	6 e 13	3 e 4	10 e 13	6 e 14
L-10-15-3-s	1 e 7	9 e 11	3 e 15	5 e 14	3 e 13	4 e 11	6 e 11	3 e 14	4 e 13
L-15-15-1-l	6 e 8	5 e 10	12 e 15	8 e 15	5 e 14	12 e 13	3 e 7	6 e 11	4 e 13
L-15-15-1-s	6 e 8	5 e 10	12 e 15	1 e 8	5 e 9	2 e 12	6 e 14	2 e 11	9 e 12
L-15-15-2-l	2 e 5	13 e 14	6 e 9	3 e 14	6 e 13	2 e 10	7 e 12	4 e 8	1 e 10
L-15-15-2-s	2 e 5	13 e 14	6 e 9	3 e 14	5 e 10	9 e 15	6 e 13	1 e 3	9 e 10
L-15-15-3-l	2 e 7	3 e 4	9 e 14	1 e 10	11 e 12	7 e 9	14 e 15	2 e 5	7 e 9
L-15-15-3-s	2 e 7	3 e 4	9 e 14	6 e 13	11 e 12	3 e 9	2 e 9	3 e 12	6 e 7

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

APÊNDICE B – PARES MUTUAMENTE EXCLUDENTES PARA O PROBLEMA M+ CANIBALISMO

A Tabela 16 expõe a definição de pares de produtos mutuamente excludentes onde o primeiro produto do par está relacionado ao produto que é ofertado pela campanha, já o segundo produto do par faz parte do conjunto de produtos não ofertados.

Tabela 16 - Pares mutuamente excludentes para o problema M+ Canibalismo

5 produtos		10 produtos			15 produtos			
Instance	Par 1	Instance	Par 1	Par 2	Instance	Par 1	Par 2	Par 3
S1-5-5-1-l	1 e 2	S1-5-10-1-l	7 e 5	1 e 6	S1-5-15-1-l	7 e 2	4 e 5	12 e 11
S1-5-5-1-s	1 e 4	S1-5-10-1-s	5 e 1	7 e 8	S1-5-15-1-s	5 e 2	6 e 3	11 e 8
S1-5-5-2-l	1 e 2	S1-5-10-2-l	7 e 4	8 e 5	S1-5-15-2-l	15 e 3	4 e 8	7 e 9
S1-5-5-2-s	2 e 1	S1-5-10-2-s	4 e 1	10 e 5	S1-5-15-2-s	5 e 2	7 e 3	12 e 4
S1-5-5-3-l	3 e 1	S1-5-10-3-l	2 e 1	6 e 3	S1-5-15-3-l	12 e 1	13 e 2	11 e 6
S1-5-5-3-s	2 e 1	S1-5-10-3-s	6 e 2	1 e 3	S1-5-15-3-s	1 e 4	2 e 5	15 e 6
S1-10-5-1-l	3 e 1	S1-10-10-1-l	5 e 2	4 e 8	S1-10-15-1-l	14 e 8	2 e 12	10 e 15
S1-10-5-1-s	4 e 2	S1-10-10-1-s	4 e 1	8 e 9	S1-10-15-1-s	3 e 1	4 e 5	2 e 7
S1-10-5-2-l	5 e 2	S1-10-10-2-l	6 e 2	5 e 4	S1-10-15-2-l	1 e 5	12 e 7	4 e 9
S1-10-5-2-s	5 e 2	S1-10-10-2-s	5 e 2	1 e 4	S1-10-15-2-s	10 e 1	7 e 3	9 e 5
S1-10-5-3-l	3 e 1	S1-10-10-3-l	4 e 3	8 e 7	S1-10-15-3-l	11 e 7	1 e 10	8 e 12
S1-10-5-3-s	2 e 1	S1-10-10-3-s	2 e 3	9 e 6	S1-10-15-3-s	14 e 1	8 e 4	15 e 5
S1-15-5-1-l	5 e 1	S1-15-10-1-l	5 e 2	1 e 4	S1-15-15-1-l	3 e 10	7 e 11	12 e 14
S1-15-5-1-s	4 e 2	S1-15-10-1-s	5 e 7	1 e 9	S1-15-15-1-s	8 e 6	2 e 7	1 e 11
S1-15-5-2-l	5 e 2	S1-15-10-2-l	3 e 2	10 e 5	S1-15-15-2-l	7 e 2	15 e 10	5 e 11
S1-15-5-2-s	5 e 1	S1-15-10-2-s	8 e 1	9 e 2	S1-15-15-2-s	14 e 3	5 e 4	7 e 8
S1-15-5-3-l	3 e 1	S1-15-10-3-l	7 e 5	6 e 8	S1-15-15-3-l	3 e 2	11 e 5	4 e 7
S1-15-5-3-s	1 e 3	S1-15-10-3-s	8 e 1	4 e 3	S1-15-15-3-s	11 e 2	3 e 5	4 e 6
S2-5-5-1-l	2 e 1	S2-5-10-1-l	1 e 4	2 e 8	S2-5-15-1-l	14 e 2	9 e 3	11 e 5
S2-5-5-1-s	2 e 3	S2-5-10-1-s	2 e 4	3 e 5	S2-5-15-1-s	13 e 1	2 e 7	3 e 11
S2-5-5-2-l	5 e 2	S2-5-10-2-l	2 e 3	1 e 6	S2-5-15-2-l	4 e 5	12 e 6	9 e 7
S2-5-5-2-s	5 e 1	S2-5-10-2-s	2 e 1	8 e 5	S2-5-15-2-s	11 e 4	9 e 6	1 e 7
S2-5-5-3-l	1 e 2	S2-5-10-3-l	1 e 2	8 e 5	S2-5-15-3-l	12 e 2	1 e 4	6 e 7
S2-5-5-3-s	2 e 3	S2-5-10-3-s	10 e 1	5 e 2	S2-5-15-3-s	8 e 1	14 e 2	7 e 3
S2-10-5-1-l	5 e 1	S2-10-10-1-l	6 e 3	2 e 4	S2-10-15-1-l	11 e 2	14 e 3	1 e 5
S2-10-5-1-s	3 e 2	S2-10-10-1-s	6 e 5	2 e 9	S2-10-15-1-s	2 e 1	7 e 5	8 e 6
S2-10-5-2-l	2 e 3	S2-10-10-2-l	1 e 3	10 e 7	S2-10-15-2-l	8 e 4	13 e 5	3 e 9
S2-10-5-2-s	3 e 1	S2-10-10-2-s	3 e 1	7 e 2	S2-10-15-2-s	6 e 3	4 e 5	12 e 7
S2-10-5-3-l	4 e 1	S2-10-10-3-l	7 e 3	1 e 4	S2-10-15-3-l	3 e 1	12 e 4	2 e 5
S2-10-5-3-s	1 e 2	S2-10-10-3-s	4 e 1	6 e 3	S2-10-15-3-s	2 e 1	14 e 3	10 e 4

S2-15-5-1-l	2 e 3	S2-15-10-1-l	1 e 2	5 e 7	S2-15-15-1-l	3 e 8	5 e 11	14 e 12
S2-15-5-1-s	1 e 5	S2-15-10-1-s	2 e 1	10 e 5	S2-15-15-1-s	10 e 2	1 e 4	6 e 5
S2-15-5-2-l	5 e 1	S2-15-10-2-l	3 e 4	2 e 6	S2-15-15-2-l	6 e 4	13 e 8	3 e 10
S2-15-5-2-s	4 e 1	S2-15-10-2-s	8 e 2	6 e 3	S2-15-15-2-s	11 e 1	4 e 2	10 e 9
S2-15-5-3-l	1 e 2	S2-15-10-3-l	4 e 2	1 e 7	S2-15-15-3-l	6 e 2	1 e 4	10 e 5
S2-15-5-3-s	2 e 5	S2-15-10-3-s	3 e 2	8 e 4	S2-15-15-3-s	11 e 1	5 e 2	6 e 4
S3-5-5-1-l	2 e 3	S3-5-10-1-l	3 e 4	9 e 7	S3-5-15-1-l	3 e 5	4 e 8	10 e 9
S3-5-5-1-s	5 e 1	S3-5-10-1-s	9 e 3	1 e 5	S3-5-15-1-s	14 e 4	11 e 7	10 e 8
S3-5-5-2-l	5 e 1	S3-5-10-2-l	1 e 3	7 e 4	S3-5-15-2-l	13 e 4	12 e 6	7 e 9
S3-5-5-2-s	5 e 1	S3-5-10-2-s	9 e 1	4 e 3	S3-5-15-2-s	7 e 2	14 e 3	11 e 4
S3-5-5-3-l	2 e 1	S3-5-10-3-l	5 e 2	1 e 4	S3-5-15-3-l	10 e 3	13 e 4	1 e 6
S3-5-5-3-s	1 e 2	S3-5-10-3-s	4 e 2	9 e 6	S3-5-15-3-s	14 e 1	12 e 2	8 e 5
S3-10-5-1-l	5 e 2	S3-10-10-1-l	7 e 4	6 e 9	S3-10-15-1-l	8 e 9	5 e 11	10 e 13
S3-10-5-1-s	3 e 1	S3-10-10-1-s	8 e 2	10 e 4	S3-10-15-1-s	12 e 3	6 e 4	15 e 7
S3-10-5-2-l	4 e 2	S3-10-10-2-l	6 e 1	9 e 2	S3-10-15-2-l	12 e 4	7 e 6	5 e 9
S3-10-5-2-s	1 e 2	S3-10-10-2-s	3 e 1	7 e 2	S3-10-15-2-s	2 e 3	5 e 4	1 e 6
S3-10-5-3-l	2 e 3	S3-10-10-3-l	1 e 2	8 e 7	S3-10-15-3-l	3 e 4	15 e 6	2 e 7
S3-10-5-3-s	2 e 3	S3-10-10-3-s	2 e 5	1 e 8	S3-10-15-3-s	3 e 2	13 e 4	10 e 5
S3-15-5-1-l	5 e 2	S3-15-10-1-l	9 e 3	1 e 6	S3-15-15-1-l	10 e 6	12 e 7	9 e 11
S3-15-5-1-s	2 e 1	S3-15-10-1-s	2 e 1	6 e 4	S3-15-15-1-s	6 e 5	10 e 7	12 e 11
S3-15-5-2-l	2 e 3	S3-15-10-2-l	8 e 1	4 e 9	S3-15-15-2-l	1 e 2	9 e 6	12 e 10
S3-15-5-2-s	5 e 1	S3-15-10-2-s	6 e 3	1 e 4	S3-15-15-2-s	4 e 2	13 e 3	7 e 9
S3-15-5-3-l	3 e 1	S3-15-10-3-l	2 e 1	3 e 4	S3-15-15-3-l	9 e 3	13 e 4	7 e 5
S3-15-5-3-s	5 e 1	S3-15-10-3-s	2 e 1	6 e 3	S3-15-15-3-s	4 e 7	5 e 9	1 e 10
M1-5-5-1-l	4 e 1	M1-5-10-1-l	8 e 2	5 e 9	M1-5-15-1-l	6 e 7	8 e 9	2 e 12
M1-5-5-1-s	4 e 2	M1-5-10-1-s	4 e 1	10 e 2	M1-5-15-1-s	9 e 4	7 e 8	5 e 11
M1-5-5-2-l	1 e 2	M1-5-10-2-l	1 e 2	10 e 5	M1-5-15-2-l	9 e 2	4 e 3	8 e 10
M1-5-5-2-s	4 e 2	M1-5-10-2-s	10 e 2	4 e 3	M1-5-15-2-s	13 e 4	1 e 5	14 e 6
M1-5-5-3-l	1 e 2	M1-5-10-3-l	1 e 4	6 e 5	M1-5-15-3-l	5 e 2	13 e 4	1 e 6
M1-5-5-3-s	4 e 1	M1-5-10-3-s	6 e 1	9 e 2	M1-5-15-3-s	8 e 2	6 e 4	12 e 5
M1-10-5-1-l	4 e 2	M1-10-10-1-l	3 e 2	9 e 6	M1-10-15-1-l	8 e 2	12 e 5	6 e 10
M1-10-5-1-s	4 e 2	M1-10-10-1-s	3 e 1	4 e 5	M1-10-15-1-s	5 e 1	10 e 4	12 e 6
M1-10-5-2-l	4 e 3	M1-10-10-2-l	4 e 7	2 e 8	M1-10-15-2-l	7 e 3	12 e 5	14 e 6
M1-10-5-2-s	1 e 4	M1-10-10-2-s	8 e 1	10 e 2	M1-10-15-2-s	11 e 2	7 e 3	5 e 6
M1-10-5-3-l	1 e 2	M1-10-10-3-l	6 e 5	4 e 8	M1-10-15-3-l	3 e 2	4 e 7	5 e 10
M1-10-5-3-s	4 e 1	M1-10-10-3-s	2 e 1	5 e 4	M1-10-15-3-s	4 e 7	2 e 9	3 e 11
M1-15-5-1-l	3 e 1	M1-15-10-1-l	7 e 1	2 e 3	M1-15-15-1-l	3 e 6	7 e 9	5 e 11
M1-15-5-1-s	3 e 1	M1-15-10-1-s	6 e 2	5 e 7	M1-15-15-1-s	8 e 4	11 e 5	1 e 6
M1-15-5-2-l	5 e 1	M1-15-10-2-l	8 e 3	7 e 4	M1-15-15-2-l	5 e 1	2 e 4	10 e 6
M1-15-5-2-s	2 e 1	M1-15-10-2-s	5 e 1	3 e 6	M1-15-15-2-s	14 e 1	6 e 3	12 e 8
M1-15-5-3-l	1 e 3	M1-15-10-3-l	4 e 1	5 e 2	M1-15-15-3-l	9 e 2	8 e 4	5 e 7
M1-15-5-3-s	2 e 1	M1-15-10-3-s	10 e 1	8 e 2	M1-15-15-3-s	15 e 2	10 e 4	6 e 5
M2-5-5-1-l	2 e 3	M2-5-10-1-l	10 e 3	4 e 5	M2-5-15-1-l	6 e 3	12 e 4	2 e 5
M2-5-5-1-s	2 e 3	M2-5-10-1-s	2 e 1	8 e 3	M2-5-15-1-s	11 e 3	1 e 4	13 e 7
M2-5-5-2-l	3 e 1	M2-5-10-2-l	3 e 5	4 e 7	M2-5-15-2-l	8 e 4	6 e 9	11 e 12

M2-5-5-2-s	5 e 1	M2-5-10-2-s	9 e 2	10 e 3	M2-5-15-2-s	2 e 1	11 e 4	15 e 8
M2-5-5-3-l	2 e 1	M2-5-10-3-l	9 e 3	4 e 5	M2-5-15-3-l	11 e 1	4 e 2	5 e 3
M2-5-5-3-s	5 e 1	M2-5-10-3-s	5 e 6	4 e 7	M2-5-15-3-s	4 e 1	3 e 5	2 e 6
M2-10-5-1-l	5 e 2	M2-10-10-1-l	2 e 1	3 e 5	M2-10-15-1-l	13 e 1	10 e 8	4 e 9
M2-10-5-1-s	5 e 2	M2-10-10-1-s	1 e 4	7 e 8	M2-10-15-1-s	3 e 4	2 e 6	5 e 10
M2-10-5-2-l	4 e 1	M2-10-10-2-l	2 e 1	10 e 6	M2-10-15-2-l	5 e 8	1 e 10	12 e 14
M2-10-5-2-s	3 e 2	M2-10-10-2-s	7 e 2	6 e 3	M2-10-15-2-s	13 e 3	10 e 4	15 e 7
M2-10-5-3-l	3 e 1	M2-10-10-3-l	8 e 4	7 e 9	M2-10-15-3-l	13 e 2	11 e 5	10 e 8
M2-10-5-3-s	1 e 2	M2-10-10-3-s	8 e 2	10 e 4	M2-10-15-3-s	14 e 2	15 e 4	10 e 5
M2-15-5-1-l	5 e 3	M2-15-10-1-l	5 e 4	10 e 6	M2-15-15-1-l	5 e 1	7 e 2	13 e 4
M2-15-5-1-s	4 e 2	M2-15-10-1-s	1 e 4	6 e 7	M2-15-15-1-s	13 e 3	6 e 7	10 e 9
M2-15-5-2-l	1 e 3	M2-15-10-2-l	2 e 1	5 e 4	M2-15-15-2-l	10 e 1	15 e 2	12 e 3
M2-15-5-2-s	3 e 2	M2-15-10-2-s	2 e 1	7 e 3	M2-15-15-2-s	1 e 2	3 e 4	12 e 6
M2-15-5-3-l	5 e 2	M2-15-10-3-l	4 e 1	7 e 5	M2-15-15-3-l	15 e 4	11 e 6	7 e 12
M2-15-5-3-s	2 e 3	M2-15-10-3-s	5 e 1	9 e 2	M2-15-15-3-s	4 e 1	15 e 2	6 e 11
L-5-5-1-l	4 e 1	L-5-10-1-l	3 e 1	2 e 6	L-5-15-1-l	1 e 7	4 e 11	5 e 14
L-5-5-1-s	2 e 1	L-5-10-1-s	2 e 1	5 e 4	L-5-15-1-s	15 e 2	1 e 3	6 e 5
L-5-5-2-l	4 e 2	L-5-10-2-l	9 e 1	3 e 6	L-5-15-2-l	9 e 1	6 e 5	3 e 7
L-5-5-2-s	3 e 2	L-5-10-2-s	6 e 2	8 e 4	L-5-15-2-s	5 e 6	2 e 7	14 e 10
L-5-5-3-l	2 e 4	L-5-10-3-l	6 e 1	7 e 4	L-5-15-3-l	15 e 2	7 e 4	1 e 6
L-5-5-3-s	1 e 2	L-5-10-3-s	2 e 1	5 e 4	L-5-15-3-s	15 e 1	12 e 2	4 e 3
L-10-5-1-l	2 e 3	L-10-10-1-l	10 e 3	7 e 6	L-10-15-1-l	6 e 2	13 e 4	12 e 10
L-10-5-1-s	1 e 2	L-10-10-1-s	9 e 2	10 e 5	L-10-15-1-s	4 e 1	12 e 3	9 e 6
L-10-5-2-l	4 e 1	L-10-10-2-l	5 e 1	6 e 3	L-10-15-2-l	1 e 3	11 e 4	15 e 5
L-10-5-2-s	3 e 1	L-10-10-2-s	10 e 1	9 e 2	L-10-15-2-s	15 e 3	12 e 4	6 e 5
L-10-5-3-l	3 e 1	L-10-10-3-l	7 e 1	9 e 2	L-10-15-3-l	8 e 1	7 e 2	9 e 5
L-10-5-3-s	5 e 1	L-10-10-3-s	2 e 1	8 e 5	L-10-15-3-s	5 e 1	14 e 2	4 e 7
L-15-5-1-l	4 e 2	L-15-10-1-l	1 e 3	2 e 7	L-15-15-1-l	8 e 1	5 e 2	15 e 9
L-15-5-1-s	4 e 3	L-15-10-1-s	8 e 4	3 e 5	L-15-15-1-s	1 e 3	5 e 4	8 e 7
L-15-5-2-l	4 e 2	L-15-10-2-l	5 e 1	7 e 2	L-15-15-2-l	13 e 5	3 e 9	6 e 11
L-15-5-2-s	3 e 2	L-15-10-2-s	5 e 1	2 e 3	L-15-15-2-s	14 e 2	5 e 4	15 e 7
L-15-5-3-l	5 e 1	L-15-10-3-l	6 e 2	1 e 5	L-15-15-3-l	1 e 3	11 e 4	10 e 6
L-15-5-3-s	1 e 2	L-15-10-3-s	8 e 2	5 e 6	L-15-15-3-s	13 e 1	11 e 4	6 e 5

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

APÊNDICE C – MODELO MATEMÁTICO NA LINGUAGEM ZIMPL

O código utilizado para escrever na linguagem ZIMPL o modelo matemático original e suas alterações para os diferentes problemas, está disponibilizados neste anexo, no Quadro 5. Este modelo foi utilizado nas execuções do problema Sem Canibalismo, M+ e com Canibalismo. Como forma de diferenciar, as alterações realizadas no modelo original estão grifadas.

Quadro 5 - Modelo matemático na linguagem Zimpl

(continua)

```
# Lê o arquivo que será passado através da linha de comando.
param arquivo := FILE;

# Lê o numero de clientes na primeira linha, primeira coluna.
param CLIENTES := read arquivo as "1n" use 1;

# Lê o numero de produtos na primeira linha, segunda coluna.
param PRODUTOS := read arquivo as "2n" use 1;

# Lê o hurdle rate na primeira linha, terceira coluna.
param R := read arquivo as "3n" use 1;
param COLUNAS := PRODUTOS * 2 + 1;

# Quantidade de pares de produtos canibais.
param QUANTIDADE_PARES_PRODUTOS_CANIBAIS := PRODUTOS / 5;

set I := { 1..CLIENTES };
set J := { 1..PRODUTOS };
set Z := { 1..COLUNAS };
set T := { I * Z };

# Lê todo o arquivo a partir da segunda linha, até o número de clientes.
param MATRIZ[T] := read arquivo as "n+" skip 1 use CLIENTES;

# Lê as três linhas após o fim dos clientes.
param OFB[<i,j> in { 1..3 } * J] := read arquivo as "n+" skip CLIENTES + 1 use 3;

# Lê a última linha com os pares de produtos que comem carne humana (canibais).
param PRODUTOS_CANIBAIS[<i,j> in { 1..QUANTIDADE_PARES_PRODUTOS_CANIBAIS } * { 1..2 }]
:= read arquivo as "n+" skip CLIENTES + 4 use 1;

# Custo de oferecer o produto j para o cliente i.
param c[<i,j> in I * J] := MATRIZ[i, j];

# Retorno esperado do cliente i quando o produto j é ofertado.
param p[<i,j> in I * J] := MATRIZ[i, j + PRODUTOS];

# Número máximo de ofertas que o cliente i pode receber.
param M[<i> in I] := MATRIZ[i, COLUNAS];

# Número mínimo de clientes que devem receber oferta do produto.
param O[<i> in J] := OFB[1, i];
```

(conclusão)

```

# Orçamento disponível por produto.
param B[<i> in J] := OFB[2, i];

# Custo fixo do produto.
param f[<i> in J] := OFB[3, i];

var x[I * J] binary;
var y[J] binary;

# Função objetivo.
maximize LUCRO:
    sum <i,j> in I * J : ((p[i, j] - c[i, j]) * x[i, j]) - sum <j> in J: (f[j] * y[j]);

# Restrições.
subto TX_MIN_RETORNO5:
    sum <i,j> in I * J : (p[i, j] * x[i, j]) - (1 + R) * ((sum <i, j> in I * J : c[i, j] * x[i, j]) + (sum <j> in J: f[j] * y[j])) >= 0;

#Modificação M+ (B[j] * y[j])
subto ORCAMENTO6:
    forall <j> in J do sum <i> in I:
        c[i, j] * x[i, j] <= B[j] * y[j];

subto OFERTA_MAX7:
    forall <i> in I do sum <j> in J:
        x[i, j] <= M[i];

subto OFERTA_MIN8:
    forall <j> in J do sum <i> in I:
        x[i, j] <= CLIENTES * y[j];

subto OFERTA_MIN9:
    forall <j> in J do sum <i> in I:
        x[i, j] >= O[j] * y[j];

#Restrição de Canibalismo adicionada (utilizada nos problemas com produtos mutuamente excludentes)
subto CANIB10:
    forall <i> in { 1..QUANTIDADE_PARES_PRODUTOS_CANIBAIS } do
        y[(PRODUTOS_CANIBAIS[i, 1] + 1)] + y[(PRODUTOS_CANIBAIS[i, 2] + 1)] <= 1;

```

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

APÊNDICE D – CÓDIGO UTILIZADO PARA OTIMIZAÇÃO DOS PROBLEMAS

O Quadro 6 apresenta o código desenvolvido para solucionar os problemas de marketing direto com oferta de produtos, utilizando um API Python para acessar o solucionador CPLEX. Neste mesmo código, foram implementadas automatizações para possibilitar o armazenamento de arquivos com os resultados da otimização.

Quadro 6 - Código utilizado para otimização dos problemas

(continua)

```
import cplex
import sys
import os
import xml.etree.ElementTree

caminho_projeto = "C:/Users/CAMINHO/"
caminho_todas_instancias = os.path.join(
    caminho_projeto, "instancias-gerar-solucao")
caminho_resultado = os.path.join(caminho_projeto, "resultados-solucao")
caminho_logs = os.path.join(caminho_projeto, "resultados-log")

def arquivo_txt_padronizado(caminho_resultado_instancia, nome_instancia, solve_file, solution_time, clientes,
produtos):
    solve_xml = xml.etree.ElementTree.parse(solve_file).getroot()
    objective_value = solve_xml.find("header").attrib["objectiveValue"]
    variables = solve_xml.find("variables")
    ofertar_produtos = [0 for x in range(produtos)]
    matriz_variaveis = [[0 for x in range(clientes)] for y in range(produtos)]
    for variable in variables:
        variable_name = variable.attrib["name"].split("#")
        value = int(float(variable.attrib["value"]))
        if variable_name[0] == "x":
            x = int(variable_name[1]) - 1
            y = int(variable_name[2]) - 1
            matriz_variaveis[y][x] = value
        elif variable_name[0] == "y":
            y = int(variable_name[1]) - 1
            ofertar_produtos[y] = value
    arquivo_txt = os.path.join(
        caminho_resultado_instancia, f"Sol_Cplex_{nome_instancia}.txt")

    file = open(arquivo_txt, "w")
    file.write(f"Sol_ObjectiveValue = {objective_value}\n")
```

(continua)

```

file.write(f"Time_Solve = {solution_time}\n")
for y, y_val in enumerate(ofertar_produtos):
    file.write(f"\nprod[{y}] = {y_val}\n")
    for x, x_val in enumerate(matriz_variaveis[y]):
        file.write(f"client[{x}][{y}] = {x_val}\n")
file.close()

def get_clientes_produtos(arquivo_instancia):
    dados = arquivo_instancia.split("-")
    if dados[0] == "S1":
        clientes = 100
    elif dados[0] == "S2":
        clientes = 200
    elif dados[0] == "S3":
        clientes = 300
    elif dados[0] == "M1":
        clientes = 1000
    elif dados[0] == "M2":
        clientes = 2000
    elif dados[0] == "L":
        clientes = 10000
    return clientes, int(dados[2])

for instancia in os.listdir(caminho_todas_instancias):
    caminho_resultado_instancia = os.path.join(caminho_resultado, instancia)
    caminho_instancia = os.path.join(caminho_todas_instancias, instancia)
    if not os.path.exists(caminho_resultado_instancia):
        os.mkdir(caminho_resultado_instancia)
    caminho_resultado_logs = os.path.join(caminho_logs, instancia)
    if not os.path.exists(caminho_resultado_logs):
        os.mkdir(caminho_resultado_logs)
    for i in os.listdir(caminho_instancia):
        if i.endswith(".lp"):
            nome_instancia = i.split('.')[0]
            arquivo_lp = os.path.join(caminho_instancia, i)
            c = cplex.Cplex(arquivo_lp)
            c.set_results_stream(os.path.join(caminho_resultado_logs,
                                             nome_instancia + ".log"))
            start_time = c.get_time()
            c.solve()
            end_time = c.get_time()
            clientes, produtos = get_clientes_produtos(nome_instancia)

```

(conclusão)

```
solve_file = os.path.join(
    caminho_resultado_instancia, f"{nome_instancia}.sol")
c.solution.write(solve_file)
arquivo_txt_padronizado(caminho_resultado_instancia, nome_instancia, solve_file, end_time -
    start_time, clientes, produtos)

print("\nFinalizado.")
```

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

APÊNDICE E – RESULTADOS MÉTODO EXATO I

Os resultados observados na Tabela 17 expõe, após a indicação da instância, o valor de função objetivo informado por Nobibon, Leus e Spieksma (2011), a reprodução do modelo matemático proposto pelo autor, denominado Sem Canibalismo. Em sequência, as alterações nominadas como M+ Canibalismo e M+. Observa-se também o tempo de execução e o GAP, ambos informados pelo solver.

Tabela 17 - Resultados da aplicação do método exato I

S1 - 5										
Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S1-5-5-1-l	882	882	0,078	0,00	882	0,094	0,00	882	0,062	0,00
S1-5-5-1-s	739	739	0,063	0,00	739	0,078	0,00	739	0,046	0,00
S1-5-5-2-l	878	878	0,062	0,35	878	0,079	0,00	878	0,047	0,00
S1-5-5-2-s	667	667	0,157	0,00	667	0,172	0,00	667	0,140	0,00
S1-5-5-3-l	796	796	0,062	0,37	796	0,125	0,00	796	0,047	0,00
S1-5-5-3-s	703	703	0,031	0,00	703	0,094	0,00	703	0,110	0,00
S1-10-5-1-l	648	648	0,093	0,00	648	0,110	0,00	648	0,078	0,00
S1-10-5-1-s	711	711	0,109	0,00	711	0,156	0,00	711	0,156	0,00
S1-10-5-2-l	1039	1039	0,125	0,00	1039	0,156	0,00	1039	0,125	0,00
S1-10-5-2-s	775	775	0,078	0,00	775	0,078	0,00	775	0,047	0,00
S1-10-5-3-l	775	775	0,046	0,25	775	0,125	0,00	775	0,047	0,00
S1-10-5-3-s	786	786	0,093	0,00	786	0,109	0,00	786	0,062	0,00
S1-15-5-1-l	983	983	0,125	0,00	983	0,047	0,00	983	0,125	0,00
S1-15-5-1-s	771	771	0,078	0,00	771	0,140	0,00	771	0,078	0,00
S1-15-5-2-l	918	918	0,094	0,00	918	0,078	0,00	918	0,110	0,00
S1-15-5-2-s	747	747	0,156	0,00	747	0,140	0,00	747	0,141	0,00
S1-15-5-3-l	1075	1075	0,047	0,00	1075	0,109	0,00	1075	0,031	0,00
S1-15-5-3-s	787	787	0,046	0,00	787	0,094	0,00	787	0,047	0,00
Médias	816	816	0,086	0,05	816	0,110	0,00	816	0,083	0,00

S1 - 10										
Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S1-5-10-1-l	2167	2167	0,250	0,00	2167	0,157	0,00	2167	0,188	0,00
S1-5-10-1-s	1232	1232	0,297	0,00	1232	0,312	0,00	1232	0,172	0,05
S1-5-10-2-l	1706	1706	0,203	0,00	1706	0,172	0,00	1706	0,187	0,00
S1-5-10-2-s	1391	1391	0,281	0,00	1391	0,375	0,00	1391	0,171	0,00
S1-5-10-3-l	1661	1661	0,156	0,00	1661	0,157	0,00	1661	0,172	0,00
S1-5-10-3-s	1121	1121	0,390	0,00	1121	0,219	0,00	1121	0,156	0,00
S1-10-10-1-l	2150	2150	0,188	0,00	2150	0,141	0,00	2150	0,156	0,00
S1-10-10-1-s	1135	1135	0,437	0,00	1135	0,610	0,00	1135	0,156	0,00
S1-10-10-2-l	2322	2322	0,203	0,00	2322	0,156	0,00	2322	0,187	0,00
S1-10-10-2-s	1369	1369	0,235	0,00	1369	0,250	0,00	1369	0,157	0,00
S1-10-10-3-l	1954	1954	0,156	0,00	1954	0,141	0,00	1954	0,140	0,00
S1-10-10-3-s	1334	1334	0,329	0,00	1334	0,187	0,00	1334	0,140	0,00
S1-15-10-1-l	1922	1922	0,281	0,00	1922	0,140	0,00	1922	0,250	0,00
S1-15-10-1-s	1326	1326	0,406	0,00	1326	0,406	0,00	1326	0,172	0,00
S1-15-10-2-l	2244	2244	0,203	0,00	2244	0,125	0,00	2244	0,250	0,00

S1-15-10-2-s	1352	1352	0,250	0,00	1352	0,219	0,00	1352	0,156	0,00
S1-15-10-3-l	2041	2041	0,156	0,00	2041	0,140	0,00	2041	0,172	0,00
S1-15-10-3-s	1149	1149	0,500	0,00	1149	0,313	0,00	1149	0,187	0,00
Médias	1643	1643	0,273	0,00	1643	0,234	0,00	1643	0,176	0,00

S1 - 15

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S1-5-15-1-l	2789	2789	2,109	0,36	2789	0,906	0,00	2789	1,875	0,25
S1-5-15-1-s	1787	1787	1,344	0,11	1787	1,094	0,36	1787	0,984	0,00
S1-5-15-2-l	2580	2580	0,688	0,10	2580	1,141	6,11	2580	0,734	0,19
S1-5-15-2-s	1861	1861	1,359	0,25	1861	1,344	0,23	1861	1,281	0,00
S1-5-15-3-l	2563	2563	0,219	0,00	2563	0,203	0,00	2563	0,157	0,00
S1-5-15-3-s	1824	1824	0,860	0,00	1824	1,047	0,00	1824	0,750	0,00
S1-10-15-1-l	3374	3374	0,578	0,08	3374	0,563	0,00	3374	0,563	0,00
S1-10-15-1-s	1825	1825	1,156	0,11	1825	0,844	0,05	1825	0,843	0,08
S1-10-15-2-l	3394	3394	1,062	0,12	3394	0,875	14,06	3394	1,047	0,19
S1-10-15-2-s	1776	1776	0,297	0,06	1776	0,344	0,00	1776	0,203	0,03
S1-10-15-3-l	2829	2829	0,313	0,00	2829	0,313	0,00	2829	0,344	0,00
S1-10-15-3-s	1587	1587	0,359	0,00	1587	0,437	0,00	1587	0,219	0,00
S1-15-15-1-l	3428	3428	1,969	0,59	3428	0,531	0,00	3428	1,000	0,00
S1-15-15-1-s	1786	1786	0,750	0,00	1786	0,563	0,00	1786	0,813	0,00
S1-15-15-2-l	3491	3491	1,297	0,00	3491	0,672	13,00	3491	1,157	0,00
S1-15-15-2-s	1976	1976	1,016	0,00	1976	1,218	0,06	1976	0,688	0,00
S1-15-15-3-l	3192	3192	0,391	0,00	3192	0,218	0,00	3192	0,421	0,00
S1-15-15-3-s	1763	1763	0,578	0,00	1763	0,672	0,04	1763	0,485	0,00
Médias	2435	2435	0,908	0,10	2435	0,721	1,88	2435	0,754	0,04

S2 - 5

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S2-5-5-1-l	1434	1434	0,328	0,00	1434	0,125	0,00	1434	0,141	0,00
S2-10-5-2-l	2421	2421	0,156	0,00	2421	0,109	0,00	2421	0,125	0,00
S2-10-5-2-s	1461	1461	0,125	0,00	1461	0,110	0,00	1461	0,141	0,00
S2-10-5-3-l	954	954	0,125	0,00	954	0,125	0,00	954	0,141	0,00
S2-10-5-3-s	1317	1317	0,109	0,00	1317	0,156	0,00	1317	0,063	0,00
S2-15-5-1-l	2219	2219	0,156	0,00	2219	0,141	0,00	2219	0,157	0,00
S2-15-5-1-s	1543	1543	0,156	0,00	1543	0,141	0,00	1543	0,141	0,00
S2-15-5-2-l	1945	1945	0,172	0,00	1945	0,125	0,00	1945	0,125	0,00
S2-15-5-2-s	1459	1459	0,157	0,00	1459	0,140	0,00	1459	0,125	0,00
S2-15-5-3-l	1920	1920	0,141	0,00	1920	0,140	0,00	1920	0,078	0,00
S2-5-5-1-s	1428	1428	0,172	0,00	1428	0,141	0,00	1428	0,125	0,00
S2-15-5-3-s	1529	1529	0,141	0,00	1529	0,125	0,00	1529	0,156	0,00
S2-5-5-2-l	1983	1983	0,125	0,00	1983	0,125	0,00	1983	0,156	0,00
S2-5-5-2-s	1413	1413	0,125	0,00	1413	0,125	0,00	1413	0,094	0,09
S2-5-5-3-l	1536	1536	0,141	0,00	1536	0,109	0,00	1536	0,140	0,00
S2-5-5-3-s	1439	1439	0,172	0,00	1439	0,094	0,00	1439	0,125	0,00
S2-10-5-1-l	1927	1927	0,203	0,00	1927	0,157	0,00	1927	0,125	0,00
S2-10-5-1-s	1378	1378	0,141	0,00	1378	0,125	0,00	1378	0,250	0,00
Médias	1628	1628	0,158	0,00	1628	0,128	0,00	1628	0,134	0,01

S2 - 10

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S2-5-10-1-l	3528	3528	0,422	0,00	3528	0,344	0,00	3528	0,547	0,00
S2-5-10-1-s	2398	2398	0,609	0,00	2398	0,437	0,00	2398	0,359	0,00
S2-5-10-2-l	3827	3827	0,469	0,00	3827	0,188	0,00	3827	0,266	0,00
S2-5-10-2-s	2430	2430	1,172	0,00	2430	0,688	0,00	2430	0,515	0,00

S2-5-10-3-l	4201	4201	0,188	0,00	4201	0,171	0,00	4201	0,156	0,00
S2-5-10-3-s	2263	2263	0,797	0,00	2263	0,969	0,00	2263	0,375	0,00
S2-10-10-1-l	4472	4472	0,422	0,00	4472	0,297	0,00	4472	0,297	0,00
S2-10-10-1-s	2595	2595	0,422	0,00	2595	0,703	0,00	2595	0,313	0,00
S2-10-10-2-l	3710	3710	0,468	0,00	3710	0,172	0,00	3710	0,265	0,00
S2-10-10-2-s	2423	2423	1,000	0,00	2423	0,516	0,00	2423	0,532	0,00
S2-10-10-3-l	4004	4004	0,172	0,00	4004	0,141	0,00	4004	0,188	0,00
S2-10-10-3-s	2552	2552	0,953	0,00	2552	0,437	0,00	2552	0,282	0,00
S2-15-10-1-l	4262	4262	0,500	0,00	4262	0,344	0,00	4262	0,297	0,00
S2-15-10-1-s	2562	2562	0,687	0,00	2562	0,516	0,00	2562	0,250	0,00
S2-15-10-2-l	4606	4606	0,453	0,00	4606	0,172	0,00	4606	0,297	0,00
S2-15-10-2-s	2556	2556	1,032	0,00	2556	0,594	0,00	2556	0,516	0,00
S2-15-10-3-l	3934	3934	0,204	0,00	3934	0,329	0,00	3934	0,219	0,00
S2-15-10-3-s	2522	2522	0,438	0,00	2522	0,407	0,00	2522	0,250	0,00
Médias	3269	3269	0,578	0,00	3269	0,412	0,00	3269	0,329	0,00

S2 - 15

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
S2-5-15-1-l	5153	5153	4,296	0,00	5153	1,078	20,47	5153	2,484	0,00
S2-5-15-1-s	3415	3415	2,578	0,03	3415	2,265	0,00	3415	1,094	0,00
S2-5-15-2-l	5154	5154	2,812	0,11	5154	1,297	37,25	5154	3,297	0,09
S2-5-15-2-s	3412	3412	5,828	0,03	3412	6,328	0,03	3412	2,860	0,00
S2-5-15-3-l	4432	4432	0,188	0,00	4432	0,203	0,00	4432	0,156	0,00
S2-5-15-3-s	3068	3068	1,032	0,00	3068	3,391	0,68	3068	0,515	0,05
S2-10-15-1-l	6145	6145	2,937	0,00	6145	1,500	9,06	6145	2,312	0,00
S2-10-15-1-s	3435	3435	2,281	0,02	3435	3,797	0,00	3435	1,688	0,00
S2-10-15-2-l	5526	5526	4,297	0,00	5526	1,047	24,62	5526	4,172	0,00
S2-10-15-2-s	3661	3661	3,687	0,24	3661	5,610	0,60	3661	1,984	0,00
S2-10-15-3-l	6316	6316	0,390	2,29	6316	0,234	0,00	6316	0,204	0,00
S2-10-15-3-s	3364	3364	0,860	0,00	3364	3,109	0,00	3364	0,485	0,00
S2-15-15-1-l	6829	6829	4,000	0,00	6829	1,203	0,01	6829	2,188	0,00
S2-15-15-1-s	3652	3652	1,921	0,00	3652	3,671	0,00	3652	2,891	0,00
S2-15-15-2-l	6313	6313	8,453	0,13	6313	1,578	13,43	6313	7,968	0,11
S2-15-15-2-s	3408	3408	1,390	0,00	3408	1,641	0,27	3408	0,891	0,01
S2-15-15-3-l	5096	5096	0,156	0,00	5096	0,234	0,00	5096	0,156	0,00
S2-15-15-3-s	3597	3597	1,641	0,00	3597	4,078	0,00	3597	1,515	0,00
Médias	4554	4554	2,708	0,16	4554	2,348	5,91	4554	2,048	0,01

S3 - 5

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
S3-5-5-1-l	3014	3014	0,172	0,00	3014	0,141	0,00	3014	0,188	0,00
S3-5-5-1-s	2068	2068	0,140	0,00	2068	0,187	0,00	2068	0,359	0,00
S3-5-5-2-l	3107	3107	0,203	0,00	3107	0,172	0,00	3107	0,188	0,00
S3-5-5-2-s	2131	2131	0,156	0,00	2131	0,125	0,00	2131	0,156	0,00
S3-5-5-3-l	2849	2849	0,172	0,00	2849	0,156	0,00	2849	0,250	0,00
S3-5-5-3-s	2320	2320	0,140	0,00	2320	0,125	0,00	2320	0,140	0,00
S3-10-5-1-l	2589	2589	0,172	0,00	2589	0,141	0,00	2589	0,203	0,00
S3-10-5-1-s	2104	2104	0,157	0,00	2104	0,157	0,00	2104	0,203	0,00
S3-10-5-2-l	3379	3379	0,187	0,00	3379	0,140	0,00	3379	0,203	0,00
S3-10-5-2-s	2300	2300	0,125	0,00	2300	0,141	0,00	2300	0,203	0,00
S3-10-5-3-l	1729	1729	0,234	0,00	1729	0,140	0,00	1729	0,125	0,00
S3-10-5-3-s	1669	1669	0,172	0,00	1669	0,219	0,00	1669	0,141	0,00
S3-15-5-1-l	3125	3125	0,172	0,00	3125	0,141	0,00	3125	0,203	0,00
S3-15-5-1-s	2189	2189	0,141	0,00	2189	0,157	0,00	2189	0,297	0,15
S3-15-5-2-l	3012	3012	0,171	0,00	3012	0,125	0,00	3012	0,250	0,00
S3-15-5-2-s	2177	2177	0,187	0,00	2177	0,250	0,00	2177	0,204	0,00

S3-15-5-3-l	1748	1748	0,218	0,00	1748	0,141	0,00	1748	0,157	0,00
S3-15-5-3-s	2268	2268	0,156	0,00	2268	0,172	0,00	2268	0,125	0,00
Médias	2432	2432	0,171	0,00	2432	0,157	0,00	2432	0,200	0,01

S3 - 10

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
S3-5-10-1-l	5732	5732	1,641	0,00	5732	0,578	26,54	5732	1,031	0,00
S3-5-10-1-s	3623	3623	1,859	0,00	3623	1,156	0,00	3623	0,359	0,00
S3-5-10-2-l	7298	7298	0,844	0,00	7298	0,437	0,00	7298	0,453	0,00
S3-5-10-2-s	3742	3742	1,094	0,00	3742	0,875	0,00	3742	0,391	0,00
S3-5-10-3-l	4524	4524	0,172	0,00	4524	0,219	0,00	4524	0,188	0,00
S3-5-10-3-s	3704	3704	0,890	0,00	3704	1,140	0,00	3704	0,375	0,00
S3-10-10-1-l	6336	6336	0,844	0,00	6336	0,390	0,00	6336	0,469	0,00
S3-10-10-1-s	3431	3431	2,375	0,00	3431	1,359	0,00	3431	0,812	0,00
S3-10-10-2-l	6906	6906	0,406	0,00	6906	0,313	0,00	6906	0,469	0,00
S3-10-10-2-s	3950	3950	1,078	0,00	3950	0,890	0,00	3950	0,344	0,00
S3-10-10-3-l	5307	5307	0,203	0,00	5307	0,187	0,00	5307	0,203	0,00
S3-10-10-3-s	3602	3602	1,156	0,00	3602	1,000	0,00	3602	0,437	0,00
S3-15-10-1-l	5114	5114	1,328	0,00	5114	1,188	23,19	5114	1,094	0,00
S3-15-10-1-s	3803	3803	1,907	0,00	3803	0,922	0,00	3803	0,797	0,00
S3-15-10-2-l	5794	5794	0,625	0,00	5794	0,344	0,00	5794	0,797	0,00
S3-15-10-2-s	3906	3906	1,625	0,00	3906	1,000	0,00	3906	0,938	0,00
S3-15-10-3-l	3861	3861	0,218	0,00	3861	0,172	0,00	3861	0,188	0,00
S3-15-10-3-s	4029	4029	1,015	0,00	4029	0,703	0,00	4029	0,437	0,00
Médias	4703	4703	1,071	0,00	4703	0,715	2,76	4703	0,543	0,00

S3 - 15

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
S3-5-15-1-l	7710	7710	7,594	0,00	7710	1,937	12,67	7710	2,781	0,00
S3-5-15-1-s	5456	5456	6,203	0,00	5456	12,219	0,00	5456	3,188	0,00
S3-5-15-2-l	9486	9486	7,500	0,00	9486	1,265	19,89	9486	7,297	0,00
S3-5-15-2-s	5300	5300	6,281	0,00	5300	7,640	0,18	5300	1,844	0,00
S3-5-15-3-l	6365	6365	1,781	0,00	6365	0,657	0,00	6365	1,078	0,00
S3-5-15-3-s	5415	5415	2,406	0,00	5415	3,641	0,05	5415	1,141	0,00
S3-10-15-1-l	9512	9512	7,203	0,00	9512	2,468	23,38	9512	2,781	0,00
S3-10-15-1-s	5226	5226	7,516	0,01	5226	10,953	0,00	5226	4,406	0,00
S3-10-15-2-l	10699	10699	4,219	0,00	10699	1,453	20,74	10699	2,891	0,00
S3-10-15-2-s	5351	5351	10,469	0,47	5351	14,469	0,23	5351	4,187	0,00
S3-10-15-3-l	6463	6463	0,641	0,00	6463	0,391	0,00	6463	0,328	0,00
S3-10-15-3-s	5389	5389	1,828	0,29	5389	4,813	0,80	5389	1,265	0,00
S3-15-15-1-l	9464	9464	7,750	0,00	9464	1,453	2,55	9464	5,218	0,00
S3-15-15-1-s	5387	5387	7,828	0,43	5387	14,672	0,40	5387	5,641	0,00
S3-15-15-2-l	11325	11325	5,218	0,00	11325	1,219	14,89	11325	3,204	0,00
S3-15-15-2-s	5373	5373	5,937	0,00	5373	9,969	0,04	5373	4,984	0,00
S3-15-15-3-l	7237	7237	0,906	0,00	7237	0,406	0,00	7237	0,500	0,00
S3-15-15-3-s	5171	5171	2,093	0,01	5171	4,125	0,00	5171	0,812	0,00
Médias	7018	7018	5,187	0,07	7018	5,208	5,32	7018	2,975	0,00

M1 - 5

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
M1-5-5-1-s	7322	7321	0,921	0,00	7321	0,922	0,00	7321	1,109	0,00
M1-5-5-2-l	10309	10309	0,546	0,00	10309	0,532	0,00	10309	0,734	0,00
M1-5-5-2-s	7597	7597	0,375	0,00	7597	0,422	0,00	7597	0,469	0,00
M1-5-5-3-l	6861	6861	0,500	0,00	6861	0,422	0,00	6861	0,734	0,00
M1-5-5-3-s	7619	7619	0,406	0,00	7619	0,453	0,00	7619	0,438	0,00

M1-15-5-1-l	11481	11481	0,610	50,86	11481	0,547	50,86	11481	0,875	35,50
M1-10-5-1-l	10425	10425	0,625	0,00	10425	0,531	0,00	10425	0,734	0,00
M1-10-5-1-s	7196	7196	0,469	0,00	7196	0,453	0,00	7196	1,047	0,00
M1-10-5-2-l	10092	10092	0,562	0,00	10092	0,453	0,00	10092	0,672	0,00
M1-10-5-2-s	7394	7394	0,375	0,00	7394	0,766	0,00	7394	0,469	0,00
M1-10-5-3-l	4788	4788	0,562	0,00	4788	0,563	0,00	4788	0,641	0,00
M1-10-5-3-s	6488	6452	0,453	0,00	6452	0,719	0,00	6452	1,125	0,00
M1-15-5-1-s	6493	6471	0,953	0,00	6471	0,453	0,00	6471	1,297	0,00
M1-15-5-2-l	12129	11864	0,563	0,00	11864	0,531	0,00	11864	0,735	0,00
M1-15-5-2-s	7286	7286	0,813	0,00	7286	0,828	0,00	7286	1,157	0,00
M1-15-5-3-l	10266	10266	0,469	0,00	10266	0,468	0,00	10266	0,750	0,00
M1-15-5-3-s	6323	6256	0,453	0,00	6256	0,485	0,00	6256	0,484	0,00
M1-5-5-1-l	10937	10549	0,610	0,00	10549	0,516	0,00	10549	0,813	0,00
Médias	8389	8346	0,570	2,83	8346	0,559	2,83	8346	0,793	1,97

M1 - 10

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
M1-5-10-3-s	12105	12105	2,172	0,00	12105	2,890	0,00	12105	1,719	0,00
M1-5-10-3-l	16422	16330	1,406	96,04	16331	1,578	0,00	16331	1,359	0,00
M1-10-10-3-s	12121	12121	4,328	0,00	12121	3,156	0,00	12120	2,219	7,02
M1-5-10-1-s	12066	12027	8,656	0,00	12027	4,875	0,00	12026	5,281	2,70
M1-5-10-2-s	12089	12062	6,968	0,00	12062	4,516	0,00	12061	3,094	4,96
M1-15-10-1-s	12041	11627	9,281	3,25	11627	5,375	11,92	11627	4,828	4,89
M1-10-10-1-l	23385	23386	2,766	0,00	23386	1,828	0,00	23386	2,047	0,00
M1-10-10-1-s	12766	12512	10,281	0,00	12512	4,735	0,00	12512	4,312	0,00
M1-10-10-2-l	19413	19413	4,187	0,00	19413	1,734	0,00	19413	4,766	0,00
M1-10-10-2-s	13214	13214	4,672	0,00	13214	3,671	0,00	13214	2,000	0,00
M1-10-10-3-l	22438	22438	1,484	0,00	22438	1,516	0,00	22438	1,734	0,00
M1-15-10-1-l	19689	19121	6,391	0,00	19121	3,016	0,00	19121	6,594	0,00
M1-15-10-2-l	19251	19251	4,735	0,00	19251	2,890	0,00	19251	4,140	0,00
M1-15-10-2-s	13137	13137	6,578	0,00	13137	4,703	0,00	13137	2,234	0,00
M1-15-10-3-l	15789	15789	1,563	0,00	15789	1,485	0,00	15789	1,594	0,00
M1-15-10-3-s	13041	13041	2,984	0,00	13041	2,563	0,00	13041	2,063	0,00
M1-5-10-1-l	14587	14587	7,531	0,00	14587	2,797	0,00	14587	3,750	0,00
M1-5-10-2-l	21364	21364	2,844	0,00	21364	1,625	0,00	21364	2,219	0,00
Médias	15829	15751	4,935	5,52	15751	3,053	0,66	15751	3,108	1,09

M1 - 15

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
M1-15-15-1-l	34160	34159	31,407	3,77	34160	10,016	3,37	34160	15,641	0,00
M1-5-15-3-l	21883	19801	2,531	144,45	19802	2,672	0,00	19802	2,578	0,00
M1-15-15-2-s	17835	17835	80,515	0,00	17835	64,890	0,85	17835	33,906	0,00
M1-10-15-3-s	18051	17021	30,016	0,13	17022	78,093	0,32	17022	14,860	0,00
M1-10-15-1-s	17578	17379	59,297	0,00	17379	81,906	0,00	17379	28,016	0,12
M1-15-15-1-s	18347	18289	30,235	0,02	18290	59,812	0,04	18289	12,312	1,17
M1-10-15-1-l	31596	31589	40,313	0,00	31589	9,860	10,57	31589	26,281	0,00
M1-10-15-2-l	31485	31485	34,672	0,00	31485	10,157	13,73	31485	23,953	0,00
M1-10-15-3-l	22961	21646	2,531	0,00	21646	2,500	0,00	21646	2,516	0,00
M1-15-15-2-l	32345	32345	29,344	0,00	32345	8,922	8,60	32345	28,516	0,00
M1-15-15-3-l	21875	21875	2,375	0,00	21875	2,781	0,00	21875	2,625	0,00
M1-15-15-3-s	17440	17371	42,235	0,15	17371	45,703	0,00	17371	15,500	0,00
M1-5-15-1-l	28264	28264	75,766	0,00	28264	13,391	18,60	28264	46,953	0,00
M1-5-15-1-s	17532	17340	43,422	0,09	17340	48,656	0,00	17340	10,484	0,00
M1-5-15-2-l	30446	30446	52,047	0,00	30446	10,312	5,86	30446	37,453	0,00
M1-5-15-2-s	18074	17949	57,391	0,10	17949	49,313	0,00	17949	12,703	0,00
M1-5-15-3-s	16954	16458	39,062	0,02	16458	57,719	0,00	16458	10,844	0,00

M1-10-15-2-s	17552	17529	103,922	0,07	17529	58,422	0,00	17529	26,657	0,00
Médias	23021	22710	42,060	8,27	22710	34,174	3,44	22710	19,544	0,07

M2 - 5

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
M2-5-5-2-l	18965	18965	1,937	0,00	18965	2,031	0,00	18965	3,031	0,00
M2-5-5-2-s	14248	14248	1,125	0,00	14248	1,047	0,00	14248	1,391	0,00
M2-5-5-3-l	12137	10279	1,953	0,00	10279	2,047	0,00	10279	2,422	0,00
M2-10-5-1-s	15179	14829	2,890	23,01	14830	2,656	0,00	14830	1,469	0,00
M2-5-5-3-s	13414	13347	1,282	0,00	13346	1,672	53,41	13347	1,656	0,00
M2-5-5-1-l	22751	22751	2,390	54,47	22751	2,157	54,47	22751	2,844	31,22
M2-10-5-1-l	20466	20466	2,218	0,00	20466	1,781	0,00	20466	3,187	0,00
M2-10-5-2-l	19211	19211	1,922	0,00	19211	1,703	0,00	19211	2,891	0,00
M2-10-5-2-s	15195	15195	1,375	0,00	15195	1,781	0,00	15195	2,110	0,00
M2-10-5-3-l	14618	14618	2,156	0,00	14618	1,594	0,00	14618	2,735	0,00
M2-10-5-3-s	13266	13266	2,985	0,00	13266	1,391	0,00	13266	1,422	0,00
M2-15-5-1-l	20099	20068	2,078	0,00	20068	2,218	0,00	20068	3,093	0,00
M2-15-5-1-s	13957	13911	2,875	0,00	13911	2,875	0,00	13911	2,907	0,00
M2-15-5-2-l	20282	20282	1,750	0,00	20282	1,937	0,00	20282	2,766	0,00
M2-15-5-2-s	14935	14935	1,281	0,00	14935	1,171	0,00	14935	1,719	0,00
M2-15-5-3-l	21319	21319	2,016	0,00	21319	1,609	0,00	21319	2,843	0,00
M2-15-5-3-s	14569	14569	1,328	0,00	14569	1,187	0,00	14569	1,828	0,00
M2-5-5-1-s	15581	15581	1,422	0,00	15581	2,453	0,00	15581	3,000	0,00
Médias	16677	16547	1,943	4,30	16547	1,851	5,99	16547	2,406	1,73

M2 - 10

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
M2-5-10-2-s	24114	23637	31,406	0,00	23637	19,281	0,00	23637	12,938	0,00
M2-10-10-2-s	24289	24119	23,516	0,00	24120	16,484	0,00	24120	10,407	0,00
M2-15-10-3-s	26363	25718	18,484	0,00	25718	13,594	0,00	25718	7,891	0,00
M2-5-10-3-l	37184	34331	5,797	0,00	34330	6,016	91,72	34331	5,750	0,00
M2-5-10-3-s	25080	25080	14,656	0,00	25078	10,687	5,83	25080	6,407	0,00
M2-15-10-1-s	24745	24247	28,265	0,00	24247	19,657	6,88	24248	17,297	0,00
M2-10-10-1-l	32924	32897	17,094	0,00	32897	6,938	0,00	32897	12,015	0,00
M2-10-10-1-s	24320	23995	21,828	23,01	23995	14,828	0,00	23995	10,297	0,00
M2-10-10-2-l	44387	44387	21,047	0,00	44387	7,687	0,00	44387	20,032	0,00
M2-10-10-3-l	40301	37848	5,781	0,00	37848	6,015	0,00	37848	5,625	0,00
M2-10-10-3-s	25839	25839	7,750	0,00	25839	7,609	0,00	25839	7,766	0,00
M2-15-10-1-l	37665	37665	23,656	0,00	37665	11,391	0,00	37665	17,985	0,00
M2-15-10-2-l	48012	48012	10,906	0,00	48012	6,125	0,00	48012	12,094	0,00
M2-15-10-2-s	25125	24887	22,984	0,00	24887	17,156	0,00	24887	16,750	0,00
M2-15-10-3-l	37742	30105	5,047	0,00	30105	5,719	0,00	30105	5,875	0,00
M2-5-10-1-l	40390	40391	21,312	54,47	40391	6,688	0,00	40391	11,031	0,00
M2-5-10-1-s	24233	23840	36,235	0,00	23840	20,875	0,00	23840	11,266	0,00
M2-5-10-2-l	38080	38012	23,843	0,00	38012	14,625	6,72	38012	24,797	0,00
Médias	32266	31389	18,867	4,30	31389	11,743	6,18	31390	12,012	0,00

M2 - 15

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
M2-5-15-1-s	34473	33816	92,485	0,03	33816	160,312	0,87	33816	34,172	0,00
M2-5-15-3-s	32984	30867	43,266	0,01	30868	128,594	0,27	30868	36,656	0,00
M2-15-15-2-l	60752	60752	144,484	0,00	60752	24,734	13,08	60752	148,890	8,91
M2-15-15-3-s	36353	36252	34,469	0,01	36254	65,656	0,00	36254	17,563	0,95
M2-10-15-3-l	64679	60497	7,109	0,00	60496	8,032	78,17	60497	8,391	54,59
M2-15-15-1-s	35728	35102	86,203	0,12	35101	129,266	0,14	35101	35,812	0,51

M2-10-15-1-s	35607	34845	98,937	0,17	34845	177,250	0,47	34845	38,484	0,00
M2-10-15-2-l	70681	70681	76,829	0,00	70681	20,859	0,00	70681	77,157	0,00
M2-10-15-3-s	36775	36443	53,156	0,13	36443	105,296	0,09	36443	19,235	0,00
M2-15-15-1-l	63332	63131	154,750	0,00	63131	28,625	9,09	63131	93,734	0,00
M2-5-15-1-l	52717	52718	158,829	2,02	52718	23,734	19,30	52718	38,281	0,00
M2-5-15-2-l	62885	62860	77,062	0,00	62860	22,859	15,65	62860	59,156	0,00
M2-5-15-2-s	35307	35287	100,578	0,05	35287	100,375	0,00	35287	24,047	0,00
M2-5-15-3-l	63526	59951	10,922	0,00	59951	9,109	0,00	59951	8,672	0,00
M2-10-15-2-s	34776	34326	162,875	0,01	34327	167,766	0,00	34327	88,703	0,00
M2-15-15-2-s	35144	34739	205,375	0,20	34740	292,766	0,17	34740	146,750	0,22
M2-10-15-1-l	67783	67785	151,203	0,00	67785	28,093	18,29	67785	55,937	0,00
M2-15-15-3-l	70033	67756	6,859	60,84	67756	8,047	60,06	67757	8,672	0,00
Médias	49641	48767	92,522	3,53	48767	83,410	11,98	48767	52,240	3,62

L - 5

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
L-5-5-2-l	119596	110462	42,890	0,00	110462	26,734	0,00	110462	47,078	0,00
L-5-5-2-s	74176	74176	17,829	0,00	74176	36,515	0,00	74176	21,531	0,00
L-5-5-3-l	100894	70353	47,594	0,00	70353	35,000	0,00	70353	38,844	0,00
L-5-5-3-s	68600	59777	38,547	0,00	59777	36,547	0,00	59777	22,562	0,00
L-5-5-1-l	105539	105467	43,219	0,00	105466	34,844	65,51	105467	45,391	0,00
L-15-5-2-s	80330	79208	39,766	0,00	79208	36,703	0,00	79205	22,219	16,52
L-10-5-1-l	99328	98470	44,531	0,00	98470	44,907	0,00	98470	48,547	0,00
L-10-5-1-s	71754	70754	41,140	0,00	70754	21,156	0,00	70754	23,437	0,00
L-10-5-2-l	98435	98435	39,546	0,00	98435	37,093	0,00	98435	42,031	0,00
L-10-5-2-s	82360	81007	41,750	0,00	81007	22,015	0,00	81007	22,062	0,00
L-10-5-3-l	96679	85040	45,171	0,00	85040	30,859	0,00	85040	41,812	0,00
L-10-5-3-s	75961	75961	17,719	0,00	75961	15,281	0,00	75961	23,843	0,00
L-15-5-1-l	110528	110521	41,313	0,00	110521	33,312	0,00	110521	45,031	0,00
L-15-5-1-s	70429	68758	38,859	0,00	68758	38,312	0,00	68758	24,875	0,00
L-15-5-2-l	116825	109000	43,266	0,00	109000	41,235	0,00	109000	41,469	0,00
L-15-5-3-l	100051	98612	38,828	0,00	98612	27,297	0,00	98612	36,922	0,00
L-15-5-3-s	81458	81458	17,640	0,00	81458	18,141	0,00	81458	20,781	0,00
L-5-5-1-s	66605	60004	39,531	0,00	60004	44,047	0,00	60004	24,062	0,00
Médias	89975	85415	37,730	0,00	85415	32,222	3,64	85414	32,917	0,92

L - 10

Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
L-5-10-1-l	210271	210276	190,437	0,00	210276	107,265	0,00	210276	101,421	0,00
L-5-10-1-s	121938	118959	462,172	0,00	118959	363,562	0,00	118959	93,984	0,00
L-5-10-2-l	209976	208783	200,890	0,00	208783	100,359	0,00	208783	104,734	0,00
L-5-10-3-l	174975	165548	190,860	0,00	165548	99,812	0,00	165548	95,390	0,00
L-5-10-3-s	120275	118878	259,844	0,00	118878	201,188	0,00	118878	92,704	0,00
L-5-10-2-s	120207	116959	419,640	2,67	116958	334,875	6,95	116960	79,844	0,00
L-10-10-1-l	233804	233762	189,093	0,00	233762	122,765	0,00	233762	97,953	0,00
L-10-10-1-s	126422	122774	444,000	0,00	122774	322,750	0,00	122774	100,375	0,00
L-10-10-2-l	216529	216529	187,718	0,00	216529	123,938	0,00	216529	211,109	0,00
L-10-10-2-s	130733	130610	291,219	0,00	130610	226,578	0,00	130610	88,703	0,00
L-10-10-3-l	177111	117247	106,375	0,00	117247	101,750	0,00	117247	84,797	0,00
L-10-10-3-s	127677	121196	241,687	0,00	121196	183,625	0,00	121196	90,844	0,00
L-15-10-1-l	226422	226421	280,860	0,00	226421	122,250	0,00	226421	212,703	0,00
L-15-10-1-s	131593	129305	346,531	0,00	129305	294,484	0,00	129305	41,859	0,00
L-15-10-2-l	238627	238381	197,250	0,00	238381	108,422	0,00	238381	215,875	0,00
L-15-10-2-s	125031	123086	547,453	0,00	123086	313,640	0,00	123086	87,078	0,00
L-15-10-3-l	212944	168712	95,657	0,00	168712	101,766	0,00	168712	77,187	0,00
L-15-10-3-s	133904	130492	278,797	0,00	130492	267,453	0,00	130492	84,000	0,00

Médias	168802	160995	273,916	0,15	160995	194,249	0,39	160996	108,920	0,00
L - 15										
Instância	Sem Canibalismo Nobibon, Leus e Spieksma (2011)				M+ Canibalismo			M+		
	Ejor	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
L-15-15-1-l	336936	336888	2235,453	0,00	336888	524,203	5,85	336888	796,922	17,31
L-5-15-1-l	334287	334280	1956,265	12,83	334287	548,531	5,30	334286	526,906	15,14
L-5-15-3-l	323285	286692	276,282	7,21	286695	187,000	0,00	286693	129,656	52,60
L-10-15-2-s	172856	170877	3592,297	0,05	170877	3434,563	3,24	170876	1682,750	0,69
L-5-15-2-s	176770	175388	3450,078	0,08	175388	2338,235	1,61	175388	497,141	2,87
L-5-15-3-s	171571	162730	1739,859	0,02	162733	1588,235	0,01	162733	274,093	1,84
L-10-15-1-l	281497	281496	3013,671	0,00	281496	601,078	0,97	281496	1851,937	0,00
L-10-15-2-l	331612	329864	1581,750	0,00	329864	490,640	0,00	329864	9807,797	0,81
L-10-15-3-l	342210	322336	157,828	0,00	322336	163,766	0,00	322336	133,938	0,00
L-10-15-3-s	173324	169324	2676,187	0,00	169324	2376,266	0,00	169324	463,891	0,00
L-15-15-1-s	172377	166613	3124,093	0,05	166613	4059,328	0,08	166613	2363,359	0,17
L-15-15-2-l	335277	335277	1741,922	0,00	335277	561,531	4,89	335277	968,766	0,00
L-5-15-1-s	173624	171319	3334,140	0,05	171319	4146,797	0,00	171319	548,156	0,00
L-15-15-2-s	182905	181488	2783,969	0,12	181488	2373,907	0,00	181488	662,656	0,00
L-15-15-3-s	176143	170744	1733,484	0,03	170744	2045,156	0,00	170744	363,063	0,00
L-5-15-2-l	285232	284855	11653,141	1,59	284855	489,172	3,50	284855	1431,078	0,00
L-10-15-1-s	173291	168293	2198,531	0,01	168292	3022,937	0,07	168293	519,812	0,00
L-15-15-3-l	356576	345765	151,922	0,00	345760	166,157	58,84	345765	129,500	0,00
Médias	249987	244124	2633,382	1,22	244124	1617,639	4,69	244124	1286,190	5,08

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

APÊNDICE F – LOG DE DADOS DE SOLUÇÃO DO CONJUNTO DE INSTÂNCIA L-5-15-2-I

Neste Apêndice, estão disponíveis os logs fornecidos pelo CPLEX ao executar as soluções dos problemas Sem Canibalismo, M+ Canibalismo, M+ e com delimitação de tempo para o conjunto de instância L-5-15-2-I.

Quadro 7 - Log da solução Sem Canibalismo

(continua)

CPXPARAM_Read_DataCheck 1																																																																																																																																																																																																																																																																							
Found incumbent of value 0.000000 after 0.09 sec. (3.82 ticks)																																																																																																																																																																																																																																																																							
Tried aggregator 1 time.																																																																																																																																																																																																																																																																							
MIP Presolve eliminated 8 rows and 0 columns.																																																																																																																																																																																																																																																																							
MIP Presolve modified 1 coefficients.																																																																																																																																																																																																																																																																							
Reduced MIP has 10038 rows, 150015 columns, and 670045 nonzeros.																																																																																																																																																																																																																																																																							
Reduced MIP has 150015 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.																																																																																																																																																																																																																																																																							
Presolve time = 0.45 sec. (256.12 ticks)																																																																																																																																																																																																																																																																							
Tried aggregator 1 time.																																																																																																																																																																																																																																																																							
Reduced MIP has 10038 rows, 150015 columns, and 670045 nonzeros.																																																																																																																																																																																																																																																																							
Reduced MIP has 150015 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.																																																																																																																																																																																																																																																																							
Presolve time = 0.55 sec. (285.04 ticks)																																																																																																																																																																																																																																																																							
Probing time = 0.16 sec. (30.90 ticks)																																																																																																																																																																																																																																																																							
Clique table members: 150000.																																																																																																																																																																																																																																																																							
MIP emphasis: balance optimality and feasibility.																																																																																																																																																																																																																																																																							
MIP search method: dynamic search.																																																																																																																																																																																																																																																																							
Parallel mode: deterministic, using up to 4 threads.																																																																																																																																																																																																																																																																							
Root relaxation solution time = 2.28 sec. (1173.38 ticks)																																																																																																																																																																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nodes</th> <th colspan="3">Cuts/</th> <th colspan="3"></th> </tr> <tr> <th>Node</th> <th>Left</th> <th>Objective</th> <th>Inf</th> <th>Best Integer</th> <th>Best Bound</th> <th>ItCnt</th> <th>Gap</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>*</td> <td>0+</td> <td>0</td> <td></td> <td>0.0000</td> <td>932071.0000</td> <td>---</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>493622.4997</td> <td>15</td> <td>0.0000</td> <td>493622.4997</td> <td>32635 ---</td> </tr> <tr> <td>*</td> <td>0+</td> <td>0</td> <td></td> <td>284525.0000</td> <td>493622.4997</td> <td></td> <td>73.49%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>413888.4242</td> <td>2203</td> <td>284525.0000</td> <td>Cuts: 2609</td> <td>69180 45.47%</td> </tr> <tr> <td>*</td> <td>0+</td> <td>0</td> <td></td> <td>284855.0000</td> <td>413888.4242</td> <td></td> <td>45.30%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>397182.2604</td> <td>5987</td> <td>284855.0000</td> <td>Cuts: 2609</td> <td>83567 39.43%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>388044.1215</td> <td>8719</td> <td>284855.0000</td> <td>Cuts: 2609</td> <td>97524 36.23%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>381375.8877</td> <td>12109</td> <td>284855.0000</td> <td>Cuts: 2609</td> <td>114174 31.16%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>379527.6843</td> <td>14401</td> <td>284855.0000</td> <td>Cuts: 2609</td> <td>130555 25.67%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>378832.1195</td> <td>17577</td> <td>284855.0000</td> <td>Cuts: 2609</td> <td>147278 19.22%</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Heuristic still looking.</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Heuristic still looking.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>2</td> <td>378832.1195</td> <td>17577</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>147278 19.22%</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Elapsed time = 1314.50 sec. (515480.30 ticks, tree = 0.01 MB, solutions = 3)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>3</td> <td>378493.5210</td> <td>11156</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>153512 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2</td> <td>4</td> <td>370437.3967</td> <td>10473</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>160976 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3</td> <td>5</td> <td>364318.4339</td> <td>10540</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>165553 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4</td> <td>5</td> <td>346178.3865</td> <td>9744</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>168938 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5</td> <td>6</td> <td>359854.7201</td> <td>10469</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>170573 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6</td> <td>3</td> <td>377879.1712</td> <td>11592</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>158559 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>8</td> <td>8</td> <td>351736.3678</td> <td>7056</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>184805 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>9</td> <td>10</td> <td>323790.3119</td> <td>5076</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>203805 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10</td> <td>9</td> <td>343964.8370</td> <td>7114</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>186843 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>12</td> <td>11</td> <td>322267.7659</td> <td>1825</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>205983 19.22%</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Elapsed time = 1545.98 sec. (606642.65 ticks, tree = 0.65 MB, solutions = 3)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>13</td> <td>12</td> <td>316823.8635</td> <td>1838</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>208336 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>14</td> <td>13</td> <td>299327.0088</td> <td>1686</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>210959 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>15</td> <td>14</td> <td>315326.3523</td> <td>24</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>213637 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>16</td> <td>18</td> <td>313116.9794</td> <td>12</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>231085 19.22%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>18</td> <td>20</td> <td>304244.9424</td> <td>11</td> <td>284855.0000</td> <td>339593.2291</td> <td>234610 19.22%</td> </tr> </tbody> </table>								Nodes		Cuts/						Node	Left	Objective	Inf	Best Integer	Best Bound	ItCnt	Gap	*	0+	0		0.0000	932071.0000	---			0	0	493622.4997	15	0.0000	493622.4997	32635 ---	*	0+	0		284525.0000	493622.4997		73.49%		0	0	413888.4242	2203	284525.0000	Cuts: 2609	69180 45.47%	*	0+	0		284855.0000	413888.4242		45.30%		0	0	397182.2604	5987	284855.0000	Cuts: 2609	83567 39.43%		0	0	388044.1215	8719	284855.0000	Cuts: 2609	97524 36.23%		0	0	381375.8877	12109	284855.0000	Cuts: 2609	114174 31.16%		0	0	379527.6843	14401	284855.0000	Cuts: 2609	130555 25.67%		0	0	378832.1195	17577	284855.0000	Cuts: 2609	147278 19.22%	Heuristic still looking.								Heuristic still looking.									0	2	378832.1195	17577	284855.0000	339593.2291	147278 19.22%	Elapsed time = 1314.50 sec. (515480.30 ticks, tree = 0.01 MB, solutions = 3)									1	3	378493.5210	11156	284855.0000	339593.2291	153512 19.22%		2	4	370437.3967	10473	284855.0000	339593.2291	160976 19.22%		3	5	364318.4339	10540	284855.0000	339593.2291	165553 19.22%		4	5	346178.3865	9744	284855.0000	339593.2291	168938 19.22%		5	6	359854.7201	10469	284855.0000	339593.2291	170573 19.22%		6	3	377879.1712	11592	284855.0000	339593.2291	158559 19.22%		8	8	351736.3678	7056	284855.0000	339593.2291	184805 19.22%		9	10	323790.3119	5076	284855.0000	339593.2291	203805 19.22%		10	9	343964.8370	7114	284855.0000	339593.2291	186843 19.22%		12	11	322267.7659	1825	284855.0000	339593.2291	205983 19.22%	Elapsed time = 1545.98 sec. (606642.65 ticks, tree = 0.65 MB, solutions = 3)									13	12	316823.8635	1838	284855.0000	339593.2291	208336 19.22%		14	13	299327.0088	1686	284855.0000	339593.2291	210959 19.22%		15	14	315326.3523	24	284855.0000	339593.2291	213637 19.22%		16	18	313116.9794	12	284855.0000	339593.2291	231085 19.22%		18	20	304244.9424	11	284855.0000	339593.2291	234610 19.22%
Nodes		Cuts/																																																																																																																																																																																																																																																																					
Node	Left	Objective	Inf	Best Integer	Best Bound	ItCnt	Gap																																																																																																																																																																																																																																																																
*	0+	0		0.0000	932071.0000	---																																																																																																																																																																																																																																																																	
	0	0	493622.4997	15	0.0000	493622.4997	32635 ---																																																																																																																																																																																																																																																																
*	0+	0		284525.0000	493622.4997		73.49%																																																																																																																																																																																																																																																																
	0	0	413888.4242	2203	284525.0000	Cuts: 2609	69180 45.47%																																																																																																																																																																																																																																																																
*	0+	0		284855.0000	413888.4242		45.30%																																																																																																																																																																																																																																																																
	0	0	397182.2604	5987	284855.0000	Cuts: 2609	83567 39.43%																																																																																																																																																																																																																																																																
	0	0	388044.1215	8719	284855.0000	Cuts: 2609	97524 36.23%																																																																																																																																																																																																																																																																
	0	0	381375.8877	12109	284855.0000	Cuts: 2609	114174 31.16%																																																																																																																																																																																																																																																																
	0	0	379527.6843	14401	284855.0000	Cuts: 2609	130555 25.67%																																																																																																																																																																																																																																																																
	0	0	378832.1195	17577	284855.0000	Cuts: 2609	147278 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
Heuristic still looking.																																																																																																																																																																																																																																																																							
Heuristic still looking.																																																																																																																																																																																																																																																																							
	0	2	378832.1195	17577	284855.0000	339593.2291	147278 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
Elapsed time = 1314.50 sec. (515480.30 ticks, tree = 0.01 MB, solutions = 3)																																																																																																																																																																																																																																																																							
	1	3	378493.5210	11156	284855.0000	339593.2291	153512 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	2	4	370437.3967	10473	284855.0000	339593.2291	160976 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	3	5	364318.4339	10540	284855.0000	339593.2291	165553 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	4	5	346178.3865	9744	284855.0000	339593.2291	168938 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	5	6	359854.7201	10469	284855.0000	339593.2291	170573 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	6	3	377879.1712	11592	284855.0000	339593.2291	158559 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	8	8	351736.3678	7056	284855.0000	339593.2291	184805 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	9	10	323790.3119	5076	284855.0000	339593.2291	203805 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	10	9	343964.8370	7114	284855.0000	339593.2291	186843 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	12	11	322267.7659	1825	284855.0000	339593.2291	205983 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
Elapsed time = 1545.98 sec. (606642.65 ticks, tree = 0.65 MB, solutions = 3)																																																																																																																																																																																																																																																																							
	13	12	316823.8635	1838	284855.0000	339593.2291	208336 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	14	13	299327.0088	1686	284855.0000	339593.2291	210959 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	15	14	315326.3523	24	284855.0000	339593.2291	213637 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	16	18	313116.9794	12	284855.0000	339593.2291	231085 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																
	18	20	304244.9424	11	284855.0000	339593.2291	234610 19.22%																																																																																																																																																																																																																																																																

(continua)

20	22	293447.7548	10	284855.0000	339593.2291	238912	19.22%
24	12	312063.2938	6367	284855.0000	339593.2291	213560	19.22%
25	9	362344.4632	10899	284855.0000	339593.2291	208736	19.22%
27	13	333024.6025	5340	284855.0000	339593.2291	224432	19.22%
29	24	327973.7131	5311	284855.0000	339593.2291	292613	19.22%
Elapsed time = 1658.00 sec. (644449.99 ticks, tree = 2.30 MB, solutions = 3)							
30	19	355970.8849	10975	284855.0000	339593.2291	251370	19.22%
31	25	309068.6312	4971	284855.0000	339593.2291	295987	19.22%
32	13	360030.7579	10968	284855.0000	339593.2291	229642	19.22%
33	26	318763.7091	5258	284855.0000	339593.2291	299049	19.22%
34	23	322084.8296	6839	284855.0000	339593.2291	278093	19.22%
35	27	302959.9988	5107	284855.0000	339593.2291	302631	19.22%
36	25	358224.3507	9033	284855.0000	339593.2291	316905	19.22%
38	24	331414.1152	7206	284855.0000	339593.2291	281129	19.22%
39	30	308643.9181	3859	284855.0000	339593.2291	329222	19.22%
40	31	298590.1738	3656	284855.0000	339593.2291	331494	19.22%
Elapsed time = 1717.95 sec. (664626.42 ticks, tree = 3.60 MB, solutions = 3)							
43	31	287209.3566	2971	284855.0000	339593.2291	334421	19.22%
46	33	317459.2463	7003	284855.0000	339593.2291	345495	19.22%
48	35	333325.1477	8839	284855.0000	339593.2291	355233	19.22%
49	34	329428.3126	5140	284855.0000	339593.2291	351319	19.22%
50	39	322851.3201	5109	284855.0000	339593.2291	378088	19.22%
51	40	308762.9779	5180	284855.0000	339593.2291	381888	19.22%
52	37	351081.3410	10875	284855.0000	339593.2291	368851	19.22%
53	36	346035.7775	7768	284855.0000	339593.2291	364119	19.22%
54	41	317842.2230	3262	284855.0000	339593.2291	391344	19.22%
55	42	308005.1747	2980	284855.0000	339593.2291	395011	19.22%
Elapsed time = 1817.91 sec. (695331.14 ticks, tree = 4.56 MB, solutions = 3)							
56	41	338403.9077	6676	284855.0000	339593.2291	394707	19.22%
58	30	341088.5032	9698	284855.0000	339593.2291	348433	19.22%
59	44	294763.4333	1820	284855.0000	339593.2291	405442	19.22%
63	38	343970.0340	10345	284855.0000	339593.2291	375142	19.22%
64	42	333515.6937	9562	284855.0000	339593.2291	411976	19.22%
65	43	319343.0352	7546	284855.0000	339593.2291	404504	19.22%
66	44	335994.2147	10309	284855.0000	339593.2291	424691	19.22%
67	43	356738.1774	8861	284855.0000	339593.2291	410835	19.22%
69	44	315277.5148	4928	284855.0000	339593.2291	411507	19.22%
70	44	325026.9754	9865	284855.0000	339593.2291	419893	19.22%
Elapsed time = 1906.38 sec. (727137.37 ticks, tree = 6.44 MB, solutions = 3)							
71	53	302684.1885	2126	284855.0000	339593.2291	486950	19.22%
73	45	316595.8108	9677	284855.0000	339593.2291	431520	19.22%
74	54	287432.3931	5480	284855.0000	339593.2291	494288	19.22%
76	56	307254.0952	9047	284855.0000	339593.2291	496288	19.22%
77	53	cutoff		284855.0000	339593.2291	497694	19.22%
80	57	305723.3945	4355	284855.0000	339593.2291	498101	19.22%
81	58	334528.7680	8316	284855.0000	339593.2291	505533	19.22%
84	51	334195.4822	8052	284855.0000	339593.2291	468480	19.22%
85	58	293383.9746	4485	284855.0000	339593.2291	500401	19.22%
87	58	286950.5984	4555	284855.0000	339593.2291	501814	19.22%
Elapsed time = 1967.13 sec. (747630.91 ticks, tree = 7.13 MB, solutions = 3)							
90	58	286025.4654	1631	284855.0000	339593.2291	503036	19.22%
93	61	327756.8781	8055	284855.0000	339593.2291	516872	19.22%
95	62	325332.7481	7722	284855.0000	339593.2291	529288	19.22%
96	67	318554.8002	8203	284855.0000	339593.2291	540229	19.22%
97	62	323803.8571	7011	284855.0000	339593.2291	524721	19.22%
98	63	316626.4673	7619	284855.0000	339593.2291	532124	19.22%
100	68	303685.5463	7778	284855.0000	339593.2291	545592	19.22%
101	64	311254.1919	7698	284855.0000	339593.2291	535398	19.22%
102	70	303054.7594	5639	284855.0000	339593.2291	557279	19.22%
103	65	302042.8381	7699	284855.0000	339593.2291	537383	19.22%
Elapsed time = 2070.22 sec. (781209.48 ticks, tree = 9.03 MB, solutions = 3)							
105	71	289907.3465	4626	284855.0000	339593.2291	561250	19.22%
106	72	287257.8359	2654	284855.0000	339593.2291	563526	19.22%
109	70	304035.3810	6412	284855.0000	339593.2291	556560	19.22%
111	76	299360.3719	3886	284855.0000	339593.2291	591794	19.22%
115	52	344482.7052	10006	284855.0000	339593.2291	517787	19.22%
116	73	288275.1542	3382	284855.0000	339593.2291	578781	19.22%
121	74	cutoff		284855.0000	339593.2291	594943	19.22%
122	71	343230.1085	7905	284855.0000	339593.2291	570201	19.22%
123	76	340280.7023	9840	284855.0000	339593.2291	629846	19.22%
124	72	334653.5846	7744	284855.0000	339593.2291	573216	19.22%

(continua)

```

Elapsed time = 2140.42 sec. (803398.54 ticks, tree = 9.31 MB, solutions = 3)
125 79 326820.0676 7675 284855.0000 339593.2291 647561 19.22%
126 80 321360.1355 7650 284855.0000 339593.2291 650796 19.22%
127 81 312072.7628 7729 284855.0000 339593.2291 652816 19.22%
128 72 348980.4765 8813 284855.0000 339593.2291 586728 19.22%
129 77 330561.1378 9445 284855.0000 339593.2291 636427 19.22%
131 83 306519.9301 3671 284855.0000 339593.2291 660974 19.22%
133 80 340237.6977 7575 284855.0000 339593.2291 668901 19.22%
134 83 297566.4850 2880 284855.0000 339593.2291 664000 19.22%
136 82 285389.7170 2737 284855.0000 339593.2291 666227 19.22%
138 78 331039.9853 9753 284855.0000 339593.2291 641263 19.22%
Elapsed time = 2229.51 sec. (833059.42 ticks, tree = 9.98 MB, solutions = 3)
139 81 337139.8386 7345 284855.0000 339593.2291 674283 19.22%
140 82 346322.0981 7973 284855.0000 339593.2291 670728 19.22%
141 82 327116.6526 7072 284855.0000 339593.2291 678744 19.22%
142 83 320313.1075 6954 284855.0000 339593.2291 682516 19.22%
143 87 336548.7785 7283 284855.0000 339593.2291 708322 19.22%
144 83 315966.5154 9406 284855.0000 339593.2291 686195 19.22%
145 84 310012.3139 6593 284855.0000 339593.2291 687240 19.22%
146 88 330039.3084 7204 284855.0000 339593.2291 712760 19.22%
147 92 304496.2264 3800 284855.0000 339593.2291 729779 19.22%
149 94 285093.2688 3350 284855.0000 339593.2291 735187 19.22%
Elapsed time = 2308.38 sec. (864335.91 ticks, tree = 11.57 MB, solutions = 3)
154 90 313104.4254 6096 284855.0000 339593.2291 722720 19.22%
155 91 303711.4007 5573 284855.0000 339593.2291 727019 19.22%
156 92 299640.6280 3281 284855.0000 339593.2291 730209 19.22%
157 98 287838.4042 2652 284855.0000 339593.2291 756094 19.22%
161 93 324392.5992 7967 284855.0000 339593.2291 744443 19.22%
162 97 322448.4748 7895 284855.0000 339593.2291 762963 19.22%
165 75 365640.6462 10974 284855.0000 339593.2291 618534 19.22%
168 99 312582.6038 7214 284855.0000 339593.2291 770845 19.22%
171 102 301262.9156 9403 284855.0000 339593.2291 784570 19.22%
173 107 295092.5899 7012 284855.0000 339593.2291 850369 19.22%
Elapsed time = 2492.08 sec. (925277.36 ticks, tree = 13.19 MB, solutions = 3)
180 104 358357.3473 10826 284855.0000 339593.2291 833062 19.22%
184 112 334388.4653 4625 284855.0000 339593.2291 888994 19.22%
187 106 326448.4474 4635 284855.0000 339593.2291 865959 19.22%
190 114 306390.0672 4349 284855.0000 339593.2291 893778 19.22%
196 111 304192.7366 7501 284855.0000 339593.2291 870500 19.22%
202 116 295152.7209 4380 284855.0000 339593.2291 898494 19.22%
205 117 315784.8509 4688 284855.0000 339593.2291 900584 19.22%
206 105 345331.2367 10261 284855.0000 339593.2291 843607 19.22%
214 119 290580.1707 4365 284855.0000 339593.2291 905881 19.22%
220 121 288236.2270 3693 284855.0000 339593.2291 933212 19.22%
Elapsed time = 2640.98 sec. (978814.72 ticks, tree = 16.18 MB, solutions = 3)
223 120 356155.2674 9844 284855.0000 339593.2291 948221 19.22%
225 120 320587.0954 7756 284855.0000 339593.2291 939890 19.22%
227 127 316652.1941 4668 284855.0000 339593.2291 974607 19.22%
231 112 347821.4977 7962 284855.0000 339593.2291 891161 19.22%
234 129 304408.3149 4758 284855.0000 339593.2291 979731 19.22%
237 131 294166.7607 3154 284855.0000 339593.2291 983122 19.22%
242 132 284982.6938 3162 284855.0000 339593.2291 987928 19.22%
245 132 337114.4852 10268 284855.0000 339593.2291 991097 19.22%
250 138 332530.0861 6602 284855.0000 339593.2291 1055363 19.22%
251 133 327286.1031 10221 284855.0000 339593.2291 995715 19.22%
Elapsed time = 2852.86 sec. (1045014.35 ticks, tree = 19.65 MB, solutions = 3)
255 136 315906.1059 2853 284855.0000 339593.2291 1048337 19.22%
256 133 310035.9479 6131 284855.0000 339593.2291 1029904 19.22%
258 134 300750.7262 5503 284855.0000 339593.2291 1033992 19.22%
260 142 299538.4268 2285 284855.0000 339593.2291 1080717 19.22%
266 151 284967.2934 2795 284855.0000 339593.2291 1113216 19.22%
268 147 321886.2743 7230 284855.0000 339593.2291 1090188 19.22%
269 148 316398.2652 6842 284855.0000 339593.2291 1093649 19.22%
270 151 323761.1867 7706 284855.0000 339593.2291 1121622 19.22%
272 161 299097.3050 6494 284855.0000 339593.2291 1162133 19.22%
274 162 290096.8132 5831 284855.0000 339593.2291 1166214 19.22%
Elapsed time = 3126.83 sec. (1113453.45 ticks, tree = 26.61 MB, solutions = 3)
277 153 310863.2750 7442 284855.0000 339593.2291 1130939 19.22%
279 163 301707.3482 7410 284855.0000 339593.2291 1185254 19.22%
280 156 345174.2299 8963 284855.0000 339593.2291 1160965 19.22%
283 162 352852.8549 7510 284855.0000 339593.2291 1175225 19.22%
287 163 333200.9705 7738 284855.0000 339593.2291 1211203 19.22%

```

(continua)

289	165	336207.9804	7108	284855.0000	339593.2291	1201606	19.22%
292	166	325581.4305	6855	284855.0000	339593.2291	1205947	19.22%
293	165	311384.9207	4098	284855.0000	339593.2291	1224268	19.22%
295	168	306568.2315	5649	284855.0000	339593.2291	1216424	19.22%
297	169	296538.2284	4982	284855.0000	339593.2291	1221335	19.22%
Elapsed time = 3288.69 sec. (1182513.38 ticks, tree = 28.54 MB, solutions = 3)							
300	167	294497.2321	3997	284855.0000	339593.2291	1235806	19.22%
303	173	332651.6506	8925	284855.0000	339593.2291	1286972	19.22%
304	174	329784.4938	7373	284855.0000	339593.2291	1293452	19.22%
305	175	319847.5698	7116	284855.0000	339593.2291	1298587	19.22%
306	168	319385.8727	9594	284855.0000	339593.2291	1260132	19.22%
308	176	306395.2995	6186	284855.0000	339593.2291	1322823	19.22%
309	177	295308.1090	5721	284855.0000	339593.2291	1326796	19.22%
311	178	285373.6577	4958	284855.0000	339593.2291	1331059	19.22%
314	177	323052.3968	7288	284855.0000	339593.2291	1336938	19.22%
315	173	294951.3040	9613	284855.0000	339593.2291	1304197	19.22%
Elapsed time = 3694.76 sec. (1308021.68 ticks, tree = 30.04 MB, solutions = 3)							
317	179	309688.1310	6509	284855.0000	339593.2291	1347535	19.22%
318	180	298627.8465	5347	284855.0000	339593.2291	1351876	19.22%
319	181	288560.2793	5067	284855.0000	339593.2291	1356438	19.22%
322	174	305851.3419	9291	284855.0000	339593.2291	1312983	19.22%
323	181	315168.4333	7458	284855.0000	339593.2291	1364713	19.22%
324	185	310485.9552	7075	284855.0000	339593.2291	1390873	19.22%
325	186	300968.6564	6913	284855.0000	339593.2291	1393290	19.22%
329	186	293071.0593	6785	284855.0000	339593.2291	1396131	19.22%
334	179	290609.5629	9282	284855.0000	339593.2291	1349882	19.22%
336	179	288193.2228	7159	284855.0000	339593.2291	1356949	19.22%
Elapsed time = 3880.45 sec. (1378573.49 ticks, tree = 32.85 MB, solutions = 3)							
338	185	335601.1270	5863	284855.0000	339593.2291	1411104	19.22%
340	186	323533.6286	5278	284855.0000	339593.2291	1416708	19.22%
341	187	311531.5268	4681	284855.0000	339593.2291	1420946	19.22%
342	188	299760.1730	2312	284855.0000	339593.2291	1429147	19.22%
345	186	cutoff		284855.0000	339593.2291	1438389	19.22%
346	185	323577.7377	7131	284855.0000	339593.2291	1424005	19.22%
347	186	317312.9693	6431	284855.0000	339593.2291	1428464	19.22%
349	188	304539.9957	4651	284855.0000	339593.2291	1483581	19.22%
352	187	309583.2898	5887	284855.0000	339593.2291	1434586	19.22%
355	188	298063.0921	5182	284855.0000	339593.2291	1439269	19.22%
Elapsed time = 4041.26 sec. (1445208.18 ticks, tree = 34.19 MB, solutions = 3)							
364	189	287412.8592	4139	284855.0000	339593.2291	1444009	19.22%
367	189	315727.0741	6772	284855.0000	339593.2291	1495805	19.22%
368	188	311832.8966	7641	284855.0000	339593.2291	1452601	19.22%
369	190	308599.1212	6684	284855.0000	339593.2291	1500981	19.22%
372	191	297894.0789	5618	284855.0000	339593.2291	1507138	19.22%
374	192	288086.8343	4592	284855.0000	339593.2291	1511915	19.22%
378	195	309756.2237	9466	284855.0000	339593.2291	1515956	19.22%
380	198	284974.6990	3175	284855.0000	339593.2291	1546722	19.22%
382	196	303872.8484	9395	284855.0000	339593.2291	1522429	19.22%
384	199	307899.8549	6812	284855.0000	339593.2291	1557143	19.22%
Elapsed time = 4267.64 sec. (1524138.02 ticks, tree = 36.64 MB, solutions = 3)							
386	200	298180.4302	6780	284855.0000	339593.2291	1560024	19.22%
387	201	322040.4850	7678	284855.0000	339593.2291	1585252	19.22%
390	201	285179.7511	2631	284855.0000	339593.2291	1568795	19.22%
392	202	316877.5417	7502	284855.0000	339593.2291	1590642	19.22%
395	203	307728.8948	7473	284855.0000	339593.2291	1593979	19.22%
396	201	312183.0320	8181	284855.0000	339593.2291	1577726	19.22%
397	204	305833.0236	6973	284855.0000	339593.2291	1599638	19.22%
399	205	298010.2948	6665	284855.0000	339593.2291	1602614	19.22%
404	210	288291.0351	7144	284855.0000	339593.2291	1625589	19.22%
405	216	302934.9577	6588	284855.0000	339593.2291	1663711	19.22%
Elapsed time = 4426.06 sec. (1580743.11 ticks, tree = 40.57 MB, solutions = 3)							
406	205	327434.0867	4637	284855.0000	339593.2291	1613760	19.22%
408	211	286882.6322	5532	284855.0000	339593.2291	1637605	19.22%
415	165	328910.4529	6647	284855.0000	339593.2291	1186909	19.22%
418	221	304174.9466	4751	284855.0000	339593.2291	1709107	19.22%
420	212	300299.4835	2923	284855.0000	339593.2291	1646801	19.22%
423	214	285063.3751	2982	284855.0000	339593.2291	1649395	19.22%
426	223	294044.8942	4738	284855.0000	339593.2291	1717725	19.22%
427	213	304040.3805	8945	284855.0000	339593.2291	1654524	19.22%
428	218	303921.2955	7404	284855.0000	339593.2291	1682905	19.22%
429	224	310499.5080	3693	284855.0000	339593.2291	1723622	19.22%
Elapsed time = 5439.88 sec. (2278786.75 ticks, tree = 65.88 MB, solutions = 3)							

(conclusão)

Clique cuts applied: 11801
 Cover cuts applied: 80
 Implied bound cuts applied: 5
 Flow cuts applied: 5
 Mixed integer rounding cuts applied: 37

 Root node processing (before b&c):
 Real time = 1302.11 sec. (504704.20 ticks)
 Parallel b&c, 4 threads:
 Real time = 4137.95 sec. (1774115.76 ticks)
 Sync time (average) = 229.69 sec.
 Wait time (average) = 0.07 sec.

 Total (root+branch&cut) = 5440.06 sec. (2278819.96 ticks)

Fonte: Extraído IBM ILOG CPLEX Optimization Studio

Quadro 8 - Log da solução M+ Canibalismo

(continua)

Reduced MIP has 150015 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
 Presolve time = 0.66 sec. (295.11 ticks)
 Probing time = 0.36 sec. (54.68 ticks)
 Clique table members: 485091.
 MIP emphasis: balance optimality and feasibility.
 MIP search method: dynamic search.
 Parallel mode: deterministic, using up to 4 threads.
 Root relaxation solution time = 2.42 sec. (1286.91 ticks)

Nodes		Cuts/					
Node	Left	Objective	Inf	Best Integer	Best Bound	ItCnt	Gap
*	0+	0		0.0000	932071.0000	---	
	0	0	493271.2999	15	0.0000	493271.2999	16 ---
*	0+	0		284855.0000	493271.2999		73.17%
	0	0	493206.7265	15	284855.0000	Cliques: 2610	73 30.87%
	0	0	493174.0490	15	284855.0000	Cliques: 2610	99 18.69%
	0	2	493174.0490	15	284855.0000	338102.8835	99 18.69%
Elapsed time = 342.88 sec. (128454.93 ticks, tree = 0.01 MB, solutions = 2)							
	2	4	457907.3290	13	284855.0000	338102.8835	2154 18.69%
	8	7	419849.1130	12	284855.0000	338102.8835	8128 18.69%
	24	13	348033.5071	8	284855.0000	338102.8835	19863 18.69%
	33	34	334712.2412	7	284855.0000	338102.8835	48365 18.69%
	38	36	309496.3884	5	284855.0000	338102.8835	55042 18.69%
	42	41	300166.7112	2	284855.0000	338102.8835	65172 18.69%
	45	40	295942.9049	4	284855.0000	338102.8835	64698 18.69%
	57	47	379805.4624	10	284855.0000	338102.8835	85652 18.69%
	64	50	346829.0604	8	284855.0000	338102.8835	94981 18.69%
	86	65	408553.3429	11	284855.0000	338102.8835	146242 18.69%
Elapsed time = 355.27 sec. (131974.03 ticks, tree = 6.25 MB, solutions = 2)							
	118	78	303899.2659	2	284855.0000	338102.8835	172214 18.69%
	134	96	307070.8280	3	284855.0000	338102.8835	217269 18.69%
	148	102	351727.7647	8	284855.0000	338102.8835	234204 18.69%
	160	111	325512.2463	5	284855.0000	338102.8835	248409 18.69%
	173	114	298594.6236	2	284855.0000	338102.8835	251830 18.69%
	195	130	infeasible		284855.0000	338102.8835	273127 18.69%
	218	138	330245.0302	5	284855.0000	338102.8835	308471 18.69%
	242	151	306057.6088	5	284855.0000	338102.8835	346189 18.69%
	259	157	327108.5950	5	284855.0000	338102.8835	359605 18.69%
	271	166	287808.4706	2	284855.0000	338102.8835	375282 18.69%
Elapsed time = 378.00 sec. (142030.12 ticks, tree = 20.10 MB, solutions = 2)							
	296	175	304940.0891	3	284855.0000	338102.8835	389944 18.69%
	312	187	310584.7734	4	284855.0000	338102.8835	414358 18.69%
	329	194	293162.5756	2	284855.0000	338102.8835	430537 18.69%
	354	211	305969.9822	4	284855.0000	338102.8835	457589 18.69%
	382	211	337387.9484	8	284855.0000	338102.8835	457010 18.69%
	391	224	315161.7466	6	284855.0000	338102.8835	497237 18.69%
	407	238	323983.1916	6	284855.0000	338102.8835	513991 18.69%
	430	237	298577.9323	3	284855.0000	338102.8835	511113 18.69%
	448	248	320110.4530	6	284855.0000	338102.8835	525125 18.69%
	472	257	319833.5245	5	284855.0000	338102.8835	539977 18.69%
Elapsed time = 399.52 sec. (152234.90 ticks, tree = 38.36 MB, solutions = 2)							

(conclusão)

```

490 265 293242.3824 3 284855.0000 338102.8835 553772 18.69%
514 273 310233.9449 5 284855.0000 338102.8835 575807 18.69%
537 286 304818.4630 4 284855.0000 338102.8835 596037 18.69%
556 296 297774.8564 4 284855.0000 338102.8835 632298 18.69%
575 291 cutoff 284855.0000 338102.8835 613226 18.69%
601 304 cutoff 284855.0000 338102.8835 647958 18.69%
619 305 307004.8538 6 284855.0000 338102.8835 650152 18.69%
651 332 297713.1171 6 284855.0000 338102.8835 700545 18.69%
671 335 285604.4871 4 284855.0000 338102.8835 705485 18.69%
690 333 cutoff 284855.0000 338102.8835 711285 18.69%
Elapsed time = 418.56 sec. (162172.31 ticks, tree = 55.24 MB, solutions = 2)
705 345 312619.2110 7 284855.0000 338102.8835 745299 18.69%
727 352 301440.9414 5 284855.0000 338102.8835 757572 18.69%
747 354 313551.5700 6 284855.0000 338102.8835 779525 18.69%
763 355 314372.3352 5 284855.0000 338102.8835 783419 18.69%
784 368 294280.3060 4 284855.0000 338102.8835 809611 18.69%
805 375 298583.0491 5 284855.0000 338102.8835 827225 18.69%
826 376 295592.0904 3 284855.0000 338102.8835 839178 18.69%
841 377 cutoff 284855.0000 338102.8835 850504 18.69%
850 386 305516.6376 6 284855.0000 338102.8835 871223 18.69%
860 389 290876.0068 4 284855.0000 338102.8835 875640 18.69%
Elapsed time = 436.75 sec. (172512.53 ticks, tree = 66.13 MB, solutions = 2)
879 389 303768.7341 5 284855.0000 338102.8835 882027 18.69%
890 391 cutoff 284855.0000 338102.8835 886825 18.69%
908 394 cutoff 284855.0000 338067.3164 905510 18.68%
938 403 290797.2539 6 284855.0000 337209.9198 924991 18.38%
957 402 cutoff 284855.0000 337209.9198 928360 18.38%
983 401 cutoff 284855.0000 335653.2918 939628 17.83%
1004 407 293254.7328 4 284855.0000 335037.5942 967562 17.62%
1029 405 cutoff 284855.0000 334455.0634 954137 17.41%
1055 408 cutoff 284855.0000 333969.8424 1002245 17.24%
1076 409 cutoff 284855.0000 333884.6818 1003827 17.21%
Elapsed time = 453.34 sec. (182417.49 ticks, tree = 70.77 MB, solutions = 2)
1100 411 286212.4136 5 284855.0000 333381.8748 1040160 17.04%
1131 410 cutoff 284855.0000 331880.8875 1031703 16.51%
1153 409 cutoff 284855.0000 330878.0721 1056783 16.16%
1180 410 cutoff 284855.0000 329885.4319 1071557 15.81%
1209 407 289261.0010 5 284855.0000 328087.6829 1093567 15.18%
1240 400 cutoff 284855.0000 327075.0380 1107508 14.82%
1266 391 292790.9364 5 284855.0000 326378.6671 1143741 14.58%
1285 391 286558.8409 3 284855.0000 325579.5111 1147206 14.30%
1315 388 cutoff 284855.0000 325321.3855 1155464 14.21%
1351 367 285959.1195 3 284855.0000 323737.4090 1188321 13.65%
Elapsed time = 473.52 sec. (192344.22 ticks, tree = 58.99 MB, solutions = 2)
1381 349 cutoff 284855.0000 321154.8827 1230513 12.74%
1419 332 cutoff 284855.0000 321154.8827 1244375 12.74%
1456 314 cutoff 284855.0000 316684.3517 1261172 11.17%
1511 253 cutoff 284855.0000 315785.9694 1290325 10.86%
1621 158 cutoff 284855.0000 304672.9043 1308296 6.96%
1761 6 cutoff 284855.0000 294813.2068 1308436 3.50%

Clique cuts applied: 5220

Root node processing (before b&c):
Real time = 342.50 sec. (128357.48 ticks)
Parallel b&c, 4 threads:
Real time = 146.67 sec. (69827.28 ticks)
Sync time (average) = 18.20 sec.
Wait time (average) = 0.07 sec.
-----
Total (root+branch&cut) = 489.17 sec. (198184.76 ticks)

```

Fonte: Extraído IBM ILOG CPLEX Optimization Studio

Quadro 9 - Log da solução M+

```

CPXPARAM_Read_DataCheck          1
Found incumbent of value 0.000000 after 0.02 sec. (3.82 ticks)
Tried aggregator 1 time.
MIP Presolve modified 9 coefficients.

```

Reduced MIP has 10046 rows, 150015 columns, and 750060 nonzeros.
 Reduced MIP has 150015 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
 Presolve time = 0.47 sec. (270.27 ticks)
 Tried aggregator 1 time.
 Reduced MIP has 10046 rows, 150015 columns, and 750060 nonzeros.
 Reduced MIP has 150015 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
 Presolve time = 0.67 sec. (307.84 ticks)
 Probing time = 0.20 sec. (33.90 ticks)
 Clique table members: 299249.
 MIP emphasis: balance optimality and feasibility.
 MIP search method: dynamic search.
 Parallel mode: deterministic, using up to 4 threads.
 Root relaxation solution time = 2.86 sec. (1511.63 ticks)

Nodes		Cuts/					
Node	Left	Objective	Inf	Best Integer	Best Bound	ItCnt	Gap
*	0+	0		0.0000	932071.0000	---	
0	0	484210.0224	19	0.0000	484210.0224	17	---
*	0+	0		284525.0000	484210.0224		70.18%
0	0	399419.8297	1848	284525.0000	Cuts: 2611	35271	40.38%
*	0+	0		284855.0000	399419.8297		40.22%
0	0	382088.2549	5696	284855.0000	Cuts: 2611	54429	34.13%
0	0	372464.4959	8361	284855.0000	Cuts: 2611	70694	28.28%
0	0	365502.0936	11728	284855.0000	Cuts: 2611	87196	23.32%
0	0	360514.1408	15067	284855.0000	Cuts: 2611	106932	17.41%
0	0	359605.8768	18012	284855.0000	Cuts: 2611	125763	10.73%
0	0	cutoff		284855.0000	284855.0000	142560	0.00%

Elapsed time = 1431.03 sec. (656787.66 ticks, tree = 0.01 MB, solutions = 3)

Clique cuts applied: 14964
 Cover cuts applied: 5
 Flow cuts applied: 2
 Mixed integer rounding cuts applied: 44

Root node processing (before b&c):
 Real time = 1431.08 sec. (656799.01 ticks)
 Parallel b&c, 4 threads:
 Real time = 0.00 sec. (0.00 ticks)
 Sync time (average) = 0.00 sec.
 Wait time (average) = 0.00 sec.

 Total (root+branch&cut) = 1431.08 sec. (656799.01 ticks)

Fonte: Extraído IBM ILOG CPLEX Optimization Studio

Quadro 10 - Log da solução com delimitação do tempo

(continua)

CPXPARAM_Read_DataCheck 1
 Found incumbent of value 0.000000 after 0.09 sec. (3.82 ticks)
 Tried aggregator 1 time.
 MIP Presolve eliminated 8 rows and 0 columns.
 MIP Presolve modified 1 coefficients.
 Reduced MIP has 10038 rows, 150015 columns, and 670045 nonzeros.
 Reduced MIP has 150015 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
 Presolve time = 0.45 sec. (256.12 ticks)
 Tried aggregator 1 time.
 Reduced MIP has 10038 rows, 150015 columns, and 670045 nonzeros.
 Reduced MIP has 150015 binaries, 0 generals, 0 SOSs, and 0 indicators.
 Presolve time = 0.55 sec. (285.04 ticks)
 Probing time = 0.16 sec. (30.90 ticks)
 Clique table members: 150000.
 MIP emphasis: balance optimality and feasibility.
 MIP search method: dynamic search.
 Parallel mode: deterministic, using up to 4 threads.
 Root relaxation solution time = 2.28 sec. (1173.38 ticks)

Nodes		Cuts/					
Node	Left	Objective	Inf	Best Integer	Best Bound	ItCnt	Gap

(continua)

```

* 0+ 0 0.0000 932071.0000 ---
0 0 493622.4997 15 0.0000 493622.4997 32635 ---
* 0+ 0 284525.0000 493622.4997 73.49%
0 0 413888.4242 2203 284525.0000 Cuts: 2609 69180 45.47%
* 0+ 0 284855.0000 413888.4242 45.30%
0 0 397182.2604 5987 284855.0000 Cuts: 2609 83567 39.43%
0 0 388044.1215 8719 284855.0000 Cuts: 2609 97524 36.23%
0 0 381375.8877 12109 284855.0000 Cuts: 2609 114174 31.16%
0 0 379527.6843 14401 284855.0000 Cuts: 2609 130555 25.67%
0 0 378832.1195 17577 284855.0000 Cuts: 2609 147278 19.22%
Heuristic still looking.
Heuristic still looking.
0 2 378832.1195 17577 284855.0000 339593.2291 147278 19.22%
Elapsed time = 1314.50 sec. (515480.30 ticks, tree = 0.01 MB, solutions = 3)
1 3 378493.5210 11156 284855.0000 339593.2291 153512 19.22%
2 4 370437.3967 10473 284855.0000 339593.2291 160976 19.22%
3 5 364318.4339 10540 284855.0000 339593.2291 165553 19.22%
4 5 346178.3865 9744 284855.0000 339593.2291 168938 19.22%
5 6 359854.7201 10469 284855.0000 339593.2291 170573 19.22%
6 3 377879.1712 11592 284855.0000 339593.2291 158559 19.22%
8 8 351736.3678 7056 284855.0000 339593.2291 184805 19.22%
9 10 323790.3119 5076 284855.0000 339593.2291 203805 19.22%
10 9 343964.8370 7114 284855.0000 339593.2291 186843 19.22%
12 11 322267.7659 1825 284855.0000 339593.2291 205983 19.22%
Elapsed time = 1545.98 sec. (606642.65 ticks, tree = 0.65 MB, solutions = 3)
13 12 316823.8635 1838 284855.0000 339593.2291 208336 19.22%
14 13 299327.0088 1686 284855.0000 339593.2291 210959 19.22%
15 14 315326.3523 24 284855.0000 339593.2291 213637 19.22%
16 18 313116.9794 12 284855.0000 339593.2291 231085 19.22%
18 20 304244.9424 11 284855.0000 339593.2291 234610 19.22%
20 22 293447.7548 10 284855.0000 339593.2291 238912 19.22%
24 12 312063.2938 6367 284855.0000 339593.2291 213560 19.22%
25 9 362344.4632 10899 284855.0000 339593.2291 208736 19.22%
27 13 333024.6025 5340 284855.0000 339593.2291 224432 19.22%
29 24 327973.7131 5311 284855.0000 339593.2291 292613 19.22%
Elapsed time = 1658.00 sec. (644449.99 ticks, tree = 2.30 MB, solutions = 3)
30 19 355970.8849 10975 284855.0000 339593.2291 251370 19.22%
31 25 309068.6312 4971 284855.0000 339593.2291 295987 19.22%
32 13 360030.7579 10968 284855.0000 339593.2291 229642 19.22%
33 26 318763.7091 5258 284855.0000 339593.2291 299049 19.22%
34 23 322084.8296 6839 284855.0000 339593.2291 278093 19.22%
35 27 302959.9988 5107 284855.0000 339593.2291 302631 19.22%
36 25 358224.3507 9033 284855.0000 339593.2291 316905 19.22%
38 24 331414.1152 7206 284855.0000 339593.2291 281129 19.22%
39 30 308643.9181 3859 284855.0000 339593.2291 329222 19.22%
40 31 298590.1738 3656 284855.0000 339593.2291 331494 19.22%
Elapsed time = 1717.95 sec. (664626.42 ticks, tree = 3.60 MB, solutions = 3)
43 31 287209.3566 2971 284855.0000 339593.2291 334421 19.22%
46 33 317459.2463 7003 284855.0000 339593.2291 345495 19.22%
48 35 333325.1477 8839 284855.0000 339593.2291 355233 19.22%
49 34 329428.3126 5140 284855.0000 339593.2291 351319 19.22%
50 39 322851.3201 5109 284855.0000 339593.2291 378088 19.22%
51 40 308762.9779 5180 284855.0000 339593.2291 381888 19.22%
52 37 351081.3410 10875 284855.0000 339593.2291 368851 19.22%
53 36 346035.7775 7768 284855.0000 339593.2291 364119 19.22%
54 41 317842.2230 3262 284855.0000 339593.2291 391344 19.22%
55 42 308005.1747 2980 284855.0000 339593.2291 395011 19.22%
Elapsed time = 1817.91 sec. (695331.14 ticks, tree = 4.56 MB, solutions = 3)
56 41 338403.9077 6676 284855.0000 339593.2291 394707 19.22%
58 30 341088.5032 9698 284855.0000 339593.2291 348433 19.22%
59 44 294763.4333 1820 284855.0000 339593.2291 405442 19.22%
63 38 343970.0340 10345 284855.0000 339593.2291 375142 19.22%
64 42 333515.6937 9562 284855.0000 339593.2291 411976 19.22%
65 43 319343.0352 7546 284855.0000 339593.2291 404504 19.22%
66 44 335994.2147 10309 284855.0000 339593.2291 424691 19.22%
67 43 356738.1774 8861 284855.0000 339593.2291 410835 19.22%
69 44 315277.5148 4928 284855.0000 339593.2291 411507 19.22%
70 44 325026.9754 9865 284855.0000 339593.2291 419893 19.22%
Elapsed time = 1906.38 sec. (727137.37 ticks, tree = 6.44 MB, solutions = 3)
71 53 302684.1885 2126 284855.0000 339593.2291 486950 19.22%
73 45 316595.8108 9677 284855.0000 339593.2291 431520 19.22%
74 54 287432.3931 5480 284855.0000 339593.2291 494288 19.22%

```

(continua)

76	56	307254.0952	9047	284855.0000	339593.2291	496288	19.22%
77	53	cutoff		284855.0000	339593.2291	497694	19.22%
80	57	305723.3945	4355	284855.0000	339593.2291	498101	19.22%
81	58	334528.7680	8316	284855.0000	339593.2291	505533	19.22%
84	51	334195.4822	8052	284855.0000	339593.2291	468480	19.22%
85	58	293383.9746	4485	284855.0000	339593.2291	500401	19.22%
87	58	286950.5984	4555	284855.0000	339593.2291	501814	19.22%
Elapsed time = 1967.13 sec. (747630.91 ticks, tree = 7.13 MB, solutions = 3)							
90	58	286025.4654	1631	284855.0000	339593.2291	503036	19.22%
93	61	327756.8781	8055	284855.0000	339593.2291	516872	19.22%
95	62	325332.7481	7722	284855.0000	339593.2291	529288	19.22%
96	67	318554.8002	8203	284855.0000	339593.2291	540229	19.22%
97	62	323803.8571	7011	284855.0000	339593.2291	524721	19.22%
98	63	316626.4673	7619	284855.0000	339593.2291	532124	19.22%
100	68	303685.5463	7778	284855.0000	339593.2291	545592	19.22%
101	64	311254.1919	7698	284855.0000	339593.2291	535398	19.22%
102	70	303054.7594	5639	284855.0000	339593.2291	557279	19.22%
103	65	302042.8381	7699	284855.0000	339593.2291	537383	19.22%
Elapsed time = 2070.22 sec. (781209.48 ticks, tree = 9.03 MB, solutions = 3)							
105	71	289907.3465	4626	284855.0000	339593.2291	561250	19.22%
106	72	287257.8359	2654	284855.0000	339593.2291	563526	19.22%
109	70	304035.3810	6412	284855.0000	339593.2291	556560	19.22%
111	76	299360.3719	3886	284855.0000	339593.2291	591794	19.22%
115	52	344482.7052	10006	284855.0000	339593.2291	517787	19.22%
116	73	288275.1542	3382	284855.0000	339593.2291	578781	19.22%
121	74	cutoff		284855.0000	339593.2291	594943	19.22%
122	71	343230.1085	7905	284855.0000	339593.2291	570201	19.22%
123	76	340280.7023	9840	284855.0000	339593.2291	629846	19.22%
124	72	334653.5846	7744	284855.0000	339593.2291	573216	19.22%
Elapsed time = 2140.42 sec. (803398.54 ticks, tree = 9.31 MB, solutions = 3)							
125	79	326820.0676	7675	284855.0000	339593.2291	647561	19.22%
126	80	321360.1355	7650	284855.0000	339593.2291	650796	19.22%
127	81	312072.7628	7729	284855.0000	339593.2291	652816	19.22%
128	72	348980.4765	8813	284855.0000	339593.2291	586728	19.22%
129	77	330561.1378	9445	284855.0000	339593.2291	636427	19.22%
131	83	306519.9301	3671	284855.0000	339593.2291	660974	19.22%
133	80	340237.6977	7575	284855.0000	339593.2291	668901	19.22%
134	83	297566.4850	2880	284855.0000	339593.2291	664000	19.22%
136	82	285389.7170	2737	284855.0000	339593.2291	666227	19.22%
138	78	331039.9853	9753	284855.0000	339593.2291	641263	19.22%
Elapsed time = 2229.51 sec. (833059.42 ticks, tree = 9.98 MB, solutions = 3)							
139	81	337139.8386	7345	284855.0000	339593.2291	674283	19.22%
140	82	346322.0981	7973	284855.0000	339593.2291	670728	19.22%
141	82	327116.6526	7072	284855.0000	339593.2291	678744	19.22%
142	83	320313.1075	6954	284855.0000	339593.2291	682516	19.22%
143	87	336548.7785	7283	284855.0000	339593.2291	708322	19.22%
144	83	315966.5154	9406	284855.0000	339593.2291	686195	19.22%
145	84	310012.3139	6593	284855.0000	339593.2291	687240	19.22%
146	88	330039.3084	7204	284855.0000	339593.2291	712760	19.22%
147	92	304496.2264	3800	284855.0000	339593.2291	729779	19.22%
149	94	285093.2688	3350	284855.0000	339593.2291	735187	19.22%
Elapsed time = 2308.38 sec. (864335.91 ticks, tree = 11.57 MB, solutions = 3)							
154	90	313104.4254	6096	284855.0000	339593.2291	722720	19.22%
155	91	303711.4007	5573	284855.0000	339593.2291	727019	19.22%
156	92	299640.6280	3281	284855.0000	339593.2291	730209	19.22%
157	98	287838.4042	2652	284855.0000	339593.2291	756094	19.22%
161	93	324392.5992	7967	284855.0000	339593.2291	744443	19.22%
162	97	322448.4748	7895	284855.0000	339593.2291	762963	19.22%
165	75	365640.6462	10974	284855.0000	339593.2291	618534	19.22%
168	99	312582.6038	7214	284855.0000	339593.2291	770845	19.22%
171	102	301262.9156	9403	284855.0000	339593.2291	784570	19.22%
173	107	295092.5899	7012	284855.0000	339593.2291	850369	19.22%
Elapsed time = 2492.08 sec. (925277.36 ticks, tree = 13.19 MB, solutions = 3)							
180	104	358357.3473	10826	284855.0000	339593.2291	833062	19.22%
184	112	334388.4653	4625	284855.0000	339593.2291	888994	19.22%
187	106	326448.4474	4635	284855.0000	339593.2291	865959	19.22%
190	114	306390.0672	4349	284855.0000	339593.2291	893778	19.22%
196	111	304192.7366	7501	284855.0000	339593.2291	870500	19.22%
202	116	295152.7209	4380	284855.0000	339593.2291	898494	19.22%
205	117	315784.8509	4688	284855.0000	339593.2291	900584	19.22%
206	105	345331.2367	10261	284855.0000	339593.2291	843607	19.22%
214	119	290580.1707	4365	284855.0000	339593.2291	905881	19.22%

(continua)

220	121	288236.2270	3693	284855.0000	339593.2291	933212	19.22%
Elapsed time = 2640.98 sec. (978814.72 ticks, tree = 16.18 MB, solutions = 3)							
223	120	356155.2674	9844	284855.0000	339593.2291	948221	19.22%
225	120	320587.0954	7756	284855.0000	339593.2291	939890	19.22%
227	127	316652.1941	4668	284855.0000	339593.2291	974607	19.22%
231	112	347821.4977	7962	284855.0000	339593.2291	891161	19.22%
234	129	304408.3149	4758	284855.0000	339593.2291	979731	19.22%
237	131	294166.7607	3154	284855.0000	339593.2291	983122	19.22%
242	132	284982.6938	3162	284855.0000	339593.2291	987928	19.22%
245	132	337114.4852	10268	284855.0000	339593.2291	991097	19.22%
250	138	332530.0861	6602	284855.0000	339593.2291	1055363	19.22%
251	133	327286.1031	10221	284855.0000	339593.2291	995715	19.22%
Elapsed time = 2852.86 sec. (1045014.35 ticks, tree = 19.65 MB, solutions = 3)							
255	136	315906.1059	2853	284855.0000	339593.2291	1048337	19.22%
256	133	310035.9479	6131	284855.0000	339593.2291	1029904	19.22%
258	134	300750.7262	5503	284855.0000	339593.2291	1033992	19.22%
260	142	299538.4268	2285	284855.0000	339593.2291	1080717	19.22%
266	151	284967.2934	2795	284855.0000	339593.2291	1113216	19.22%
268	147	321886.2743	7230	284855.0000	339593.2291	1090188	19.22%
269	148	316398.2652	6842	284855.0000	339593.2291	1093649	19.22%
270	151	323761.1867	7706	284855.0000	339593.2291	1121622	19.22%
272	161	299097.3050	6494	284855.0000	339593.2291	1162133	19.22%
274	162	290096.8132	5831	284855.0000	339593.2291	1166214	19.22%
Elapsed time = 3126.83 sec. (1113453.45 ticks, tree = 26.61 MB, solutions = 3)							
277	153	310863.2750	7442	284855.0000	339593.2291	1130939	19.22%
279	163	301707.3482	7410	284855.0000	339593.2291	1185254	19.22%
280	156	345174.2299	8963	284855.0000	339593.2291	1160965	19.22%
283	162	352852.8549	7510	284855.0000	339593.2291	1175225	19.22%
287	163	333200.9705	7738	284855.0000	339593.2291	1211203	19.22%
289	165	336207.9804	7108	284855.0000	339593.2291	1201606	19.22%
292	166	325581.4305	6855	284855.0000	339593.2291	1205947	19.22%
293	165	311384.9207	4098	284855.0000	339593.2291	1224268	19.22%
295	168	306568.2315	5649	284855.0000	339593.2291	1216424	19.22%
297	169	296538.2284	4982	284855.0000	339593.2291	1221335	19.22%
Elapsed time = 3288.69 sec. (1182513.38 ticks, tree = 28.54 MB, solutions = 3)							
300	167	294497.2321	3997	284855.0000	339593.2291	1235806	19.22%
303	173	332651.6506	8925	284855.0000	339593.2291	1286972	19.22%
304	174	329784.4938	7373	284855.0000	339593.2291	1293452	19.22%
305	175	319847.5698	7116	284855.0000	339593.2291	1298587	19.22%
306	168	319385.8727	9594	284855.0000	339593.2291	1260132	19.22%
308	176	306395.2995	6186	284855.0000	339593.2291	1322823	19.22%
309	177	295308.1090	5721	284855.0000	339593.2291	1326796	19.22%
311	178	285373.6577	4958	284855.0000	339593.2291	1331059	19.22%
314	177	323052.3968	7288	284855.0000	339593.2291	1336938	19.22%
315	173	294951.3040	9613	284855.0000	339593.2291	1304197	19.22%
Elapsed time = 3694.76 sec. (1308021.68 ticks, tree = 30.04 MB, solutions = 3)							
317	179	309688.1310	6509	284855.0000	339593.2291	1347535	19.22%
318	180	298627.8465	5347	284855.0000	339593.2291	1351876	19.22%
319	181	288560.2793	5067	284855.0000	339593.2291	1356438	19.22%
322	174	305851.3419	9291	284855.0000	339593.2291	1312983	19.22%
323	181	315168.4333	7458	284855.0000	339593.2291	1364713	19.22%
324	185	310485.9552	7075	284855.0000	339593.2291	1390873	19.22%
325	186	300968.6564	6913	284855.0000	339593.2291	1393290	19.22%
329	186	293071.0593	6785	284855.0000	339593.2291	1396131	19.22%
334	179	290609.5629	9282	284855.0000	339593.2291	1349882	19.22%
336	179	288193.2228	7159	284855.0000	339593.2291	1356949	19.22%
Elapsed time = 3880.45 sec. (1378573.49 ticks, tree = 32.85 MB, solutions = 3)							
338	185	335601.1270	5863	284855.0000	339593.2291	1411104	19.22%
340	186	323533.6286	5278	284855.0000	339593.2291	1416708	19.22%
341	187	311531.5268	4681	284855.0000	339593.2291	1420946	19.22%
342	188	299760.1730	2312	284855.0000	339593.2291	1429147	19.22%
345	186	cutoff		284855.0000	339593.2291	1438389	19.22%
346	185	323577.7377	7131	284855.0000	339593.2291	1424005	19.22%
347	186	317312.9693	6431	284855.0000	339593.2291	1428464	19.22%
349	188	304539.9957	4651	284855.0000	339593.2291	1483581	19.22%
352	187	309583.2898	5887	284855.0000	339593.2291	1434586	19.22%
355	188	298063.0921	5182	284855.0000	339593.2291	1439269	19.22%
Elapsed time = 4041.26 sec. (1445208.18 ticks, tree = 34.19 MB, solutions = 3)							
364	189	287412.8592	4139	284855.0000	339593.2291	1444009	19.22%
367	189	315727.0741	6772	284855.0000	339593.2291	1495805	19.22%
368	188	311832.8966	7641	284855.0000	339593.2291	1452601	19.22%
369	190	308599.1212	6684	284855.0000	339593.2291	1500981	19.22%
372	191	297894.0789	5618	284855.0000	339593.2291	1507138	19.22%

(conclusão)

```

374 192 288086.8343 4592 284855.0000 339593.2291 1511915 19.22%
378 195 309756.2237 9466 284855.0000 339593.2291 1515956 19.22%
380 198 284974.6990 3175 284855.0000 339593.2291 1546722 19.22%
382 196 303872.8484 9395 284855.0000 339593.2291 1522429 19.22%
384 199 307899.8549 6812 284855.0000 339593.2291 1557143 19.22%
Elapsed time = 4267.64 sec. (1524138.02 ticks, tree = 36.64 MB, solutions = 3)
386 200 298180.4302 6780 284855.0000 339593.2291 1560024 19.22%
387 201 322040.4850 7678 284855.0000 339593.2291 1585252 19.22%
390 201 285179.7511 2631 284855.0000 339593.2291 1568795 19.22%
392 202 316877.5417 7502 284855.0000 339593.2291 1590642 19.22%
395 203 307728.8948 7473 284855.0000 339593.2291 1593979 19.22%
396 201 312183.0320 8181 284855.0000 339593.2291 1577726 19.22%
397 204 305833.0236 6973 284855.0000 339593.2291 1599638 19.22%
399 205 298010.2948 6665 284855.0000 339593.2291 1602614 19.22%
404 210 288291.0351 7144 284855.0000 339593.2291 1625589 19.22%
405 216 302934.9577 6588 284855.0000 339593.2291 1663711 19.22%
Elapsed time = 4426.06 sec. (1580743.11 ticks, tree = 40.57 MB, solutions = 3)
406 205 327434.0867 4637 284855.0000 339593.2291 1613760 19.22%
408 211 286882.6322 5532 284855.0000 339593.2291 1637605 19.22%
415 165 328910.4529 6647 284855.0000 339593.2291 1186909 19.22%
418 221 304174.9466 4751 284855.0000 339593.2291 1709107 19.22%
420 212 300299.4835 2923 284855.0000 339593.2291 1646801 19.22%
423 214 285063.3751 2982 284855.0000 339593.2291 1649395 19.22%
426 223 294044.8942 4738 284855.0000 339593.2291 1717725 19.22%
427 213 304040.3805 8945 284855.0000 339593.2291 1654524 19.22%
428 218 303921.2955 7404 284855.0000 339593.2291 1682905 19.22%
429 224 310499.5080 3693 284855.0000 339593.2291 1723622 19.22%
Elapsed time = 5439.88 sec. (2278786.75 ticks, tree = 65.88 MB, solutions = 3)

Clique cuts applied: 11801
Cover cuts applied: 80
Implied bound cuts applied: 5
Flow cuts applied: 5
Mixed integer rounding cuts applied: 37

Root node processing (before b&c):
Real time = 1302.11 sec. (504704.20 ticks)
Parallel b&c, 4 threads:
Real time = 4137.95 sec. (1774115.76 ticks)
Sync time (average) = 229.69 sec.
Wait time (average) = 0.07 sec.
-----
Total (root+branch&cut) = 5440.06 sec. (2278819.96 ticks)

```

Fonte: Extraído IBM ILOG CPLEX Optimization Studio

APÊNDICE G – RESULTADOS MÉTODO EXATO II

Os resultados apresentados na Tabela 18 expõe após a indicação da instância, o valor de função objetivo informado por Souza (2018) em sua implementação corrigida do algoritmo heurístico com a inclusão de canibalismo entre produtos, cujos pares canibais para este problema também foram definidos pela autora. As colunas que seguem, referem-se a aplicação do método exato ao problema de Souza (2018). Na sequência, expõe-se os resultados referente aos problemas de Dissimilaridade e Similaridade. Observa-se também o tempo de execução e o GAP, ambos informados pelo solver.

Tabela 18 - Resultados da aplicação do método exato II

S1-5											
Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objective value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
S1-5-5-1-l	718	795	0,11	0,00	9,69	795	0,109	0,00	705	0,125	0,00
S1-5-5-1-s	719	739	0,06	0,00	2,71	700	0,156	0,00	700	0,14	0,00
S1-5-5-2-l	878	878	0,08	0,00	0,00	778	0,078	0,00	838	0,078	0,39
S1-5-5-2-s	657	659	0,14	0,00	0,30	659	0,125	0,00	659	0,125	0,00
S1-5-5-3-l	790	796	0,11	0,00	0,75	630	0,125	0,00	671	0,094	0,00
S1-5-5-3-s	695	703	0,08	0,00	1,14	697	0,156	0,00	697	0,156	0,00
S1-10-5-1-l	562	648	0,09	0,00	13,27	503	0,11	0,00	601	0,125	0,00
S1-10-5-1-s	706	711	0,16	0,00	0,70	709	0,141	0,00	709	0,187	0,00
S1-10-5-2-l	1038	1038	0,08	0,00	0,00	1038	0,062	2,02	987	0,062	0,00
S1-10-5-2-s	722	769	0,16	0,00	6,11	731	0,156	0,00	731	0,141	0,00
S1-10-5-3-l	603	775	0,13	0,00	22,19	603	0,078	0,00	603	0,125	0,00
S1-10-5-3-s	781	786	0,13	0,00	0,64	751	0,14	0,00	751	0,125	0,00
S1-15-5-1-l	955	983	0,13	0,00	2,85	904	0,141	0,00	956	0,141	0,00
S1-15-5-1-s	705	711	0,13	0,00	0,84	756	0,141	0,00	756	0,093	0,00
S1-15-5-2-l	732	849	0,08	0,00	13,78	849	0,063	0,00	849	0,078	0,00
S1-15-5-2-s	719	747	0,17	0,00	3,75	741	0,141	0,00	741	0,125	0,00
S1-15-5-3-l	902	902	0,08	0,00	0,00	902	0,094	0,00	754	0,109	0,00
S1-15-5-3-s	770	787	0,05	0,00	2,16	750	0,125	0,00	750	0,11	0,00
Médias	758	793	0,11	0,00	4,49	750	0,12	0,11	748	0,12	0,02

S1-10											
Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objective value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objective value	Time/s	GAP %	Objective value	Time/s	GAP %
S1-5-10-1-l	2005	2015	0,16	0,00	0,50	1924	0,172	0,00	2013	0,156	0,00
S1-5-10-1-s	1132	1232	0,20	0,00	8,12	1186	0,891	0,00	1160	0,39	0,00
S1-5-10-2-l	1563	1706	0,14	0,00	8,38	1591	0,14	0,00	1649	0,156	0,00
S1-5-10-2-s	1310	1384	0,28	0,00	5,35	1366	0,188	0,00	1370	0,172	0,00
S1-5-10-3-l	1348	1552	0,13	0,00	13,14	1405	0,125	0,00	1480	0,141	0,00
S1-5-10-3-s	1077	1115	0,38	0,00	3,41	1077	0,36	0,00	1035	0,375	0,00
S1-10-10-1-l	2031	2150	0,14	0,00	5,53	1750	0,172	0,00	1954	0,156	0,00
S1-10-10-1-s	1101	1134	0,56	0,00	2,91	1125	0,406	0,00	1098	0,516	0,00
S1-10-10-2-l	2160	2269	0,13	0,00	4,80	2074	0,141	0,00	2074	0,14	0,00
S1-10-10-2-s	1265	1369	0,39	0,00	7,60	1321	0,375	0,00	1321	0,328	0,00
S1-10-10-3-l	1684	1954	0,13	0,00	13,82	1510	0,125	0,00	1561	0,109	0,00

S1-10-10-3-s	1239	1272	0,39	0,00	2,59	1308	0,203	0,00	1279	0,375	0,00
S1-15-10-1-l	1817	1818	0,16	0,00	0,06	1837	0,156	0,00	1798	0,156	0,00
S1-15-10-1-s	1285	1313	0,41	0,00	2,13	1296	0,5	0,00	1283	0,36	0,00
S1-15-10-2-l	1935	2033	0,14	0,00	4,82	1994	0,141	0,00	2067	0,157	0,00
S1-15-10-2-s	1296	1342	0,19	0,00	3,43	1273	0,86	0,00	1319	0,344	0,00
S1-15-10-3-l	1921	1986	0,13	0,00	3,27	1784	0,14	0,00	1909	0,125	0,00
S1-15-10-3-s	1086	1137	0,41	0,00	4,49	1121	0,391	0,00	1127	0,406	0,00
Médias	1514	1599	0,25	0,00	5,24	1497	0,30	0,00	1528	0,25	0,00

S1-15

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S1-5-15-1-l	2598	2778	1,00	0,00	6,48	2541	1,25	0,00	2765	1,063	0,00
S1-5-15-1-s	1628	1755	1,31	0,62	7,24	1755	1,547	0,03	1774	0,891	0,23
S1-5-15-2-l	2474	2527	0,70	0,09	2,10	2195	1,156	0,00	2254	1,031	10,69
S1-5-15-2-s	1728	1860	1,52	0,00	7,10	1845	1,75	0,07	1819	1,219	0,42
S1-5-15-3-l	2460	2505	0,17	0,00	1,80	2116	0,14	0,00	2120	0,141	0,00
S1-5-15-3-s	1614	1824	1,45	0,00	11,51	1769	0,938	0,00	1774	0,766	0,00
S1-10-15-1-l	3128	3202	0,55	0,00	2,31	2927	1,031	0,00	3016	1,172	2,76
S1-10-15-1-s	1733	1825	0,53	0,06	5,04	1745	2,125	0,03	1745	2,484	0,00
S1-10-15-2-l	3052	3221	0,74	0,00	5,25	3136	0,828	0,00	3188	1,031	0,00
S1-10-15-2-s	1625	1776	0,30	0,00	8,50	1692	2,563	0,03	1698	1,282	0,46
S1-10-15-3-l	2204	2743	0,19	0,00	19,65	2543	0,172	0,00	2379	0,266	0,00
S1-10-15-3-s	1516	1577	0,59	0,00	3,87	1540	1,579	0,00	1530	1,609	0,00
S1-15-15-1-l	3263	3387	0,67	0,00	3,66	3109	1,938	18,45	3198	0,657	0,58
S1-15-15-1-s	1687	1776	1,89	0,38	5,01	1749	1,547	0,00	1766	1,25	0,00
S1-15-15-2-l	3216	3330	0,64	0,00	3,42	2962	1,375	0,00	3416	0,672	0,00
S1-15-15-2-s	1845	1957	1,20	0,10	5,72	1937	1,64	0,06	1944	1,047	0,00
S1-15-15-3-l	2744	3019	0,38	0,00	9,11	2697	0,391	17,07	2908	0,188	0,00
S1-15-15-3-s	1694	1745	1,55	0,00	2,92	1707	2,188	0,00	1720	1,562	0,00
Médias	2234	2378	0,85	0,07	6,15	2220	1,34	1,99	2279	1,02	0,84

S2-5

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S2-5-5-1-l	1285	1434	0,11	0,00	10,39	1285	0,125	0,00	1431	0,172	0,00
S2-5-5-1-s	1417	1428	0,14	0,00	0,77	1419	0,156	0,00	1419	0,157	0,00
S2-10-5-1-l	1922	1927	0,13	0,00	0,26	1901	0,125	0,00	1901	0,109	0,00
S2-10-5-1-s	1160	1365	0,09	0,00	15,02	1365	0,11	0,00	1365	0,125	0,00
S2-10-5-2-l	2421	2421	0,11	0,00	0,00	2324	0,109	0,00	2324	0,109	0,00
S2-10-5-2-s	1442	1461	0,13	0,00	1,30	1445	0,14	0,00	1445	0,156	0,00
S2-10-5-3-l	954	954	0,11	0,00	0,00	490	0,14	0,00	490	0,172	0,00
S2-10-5-3-s	1311	1317	0,13	0,00	0,46	1152	0,14	0,00	1152	0,156	0,00
S2-15-5-1-l	2217	2219	0,14	0,00	0,09	2130	0,14	0,00	2213	0,141	0,00
S2-15-5-1-s	1412	1482	0,20	0,00	4,72	1425	0,157	0,00	1425	0,14	0,00
S2-15-5-2-l	1588	1830	0,20	0,00	13,22	1720	0,125	0,00	1830	0,171	0,00
S2-15-5-2-s	1432	1441	0,14	0,00	0,62	1441	0,14	0,00	1441	0,141	0,00
S2-15-5-3-l	1511	1920	0,13	0,00	21,30	1380	0,141	0,00	1514	0,125	0,00
S2-15-5-3-s	1472	1529	0,13	0,00	3,73	1486	0,157	0,00	1486	0,172	0,00
S2-5-5-2-l	1983	1983	0,13	0,00	0,00	1614	0,109	0,00	1754	0,125	0,00
S2-5-5-2-s	1412	1413	0,17	0,00	0,07	1243	0,219	0,00	1243	0,125	0,00
S2-5-5-3-l	1259	1536	0,14	0,00	18,03	1201	0,094	0,00	1259	0,141	0,00
S2-5-5-3-s	1403	1439	0,11	0,00	2,50	1403	0,094	0,00	1403	0,094	0,00
Médias	1533	1617	0,13	0,00	5,14	1468	0,13	0,00	1505	0,14	0,00

S2-10

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S2-5-10-2-l	3687	3827	0,19	0,00	3,66	3071	0,375	0,00	3360	0,343	0,00
S2-5-10-2-s	2328	2430	0,67	0,00	4,20	2410	0,797	0,00	2403	0,656	0,00

S2-5-10-3-l	3429	3840	0,17	0,00	10,70	3376	0,172	0,00	3507	0,156	0,00
S2-5-10-3-s	2215	2263	0,91	0,00	2,12	2216	0,656	0,00	2160	0,641	0,00
S2-10-10-1-l	4049	4472	0,34	0,00	9,46	4062	0,485	11,21	4182	0,328	0,00
S2-10-10-1-s	2479	2595	0,59	0,00	4,47	2459	0,89	0,00	2486	0,875	0,00
S2-10-10-2-l	3552	3618	0,20	0,00	1,82	3329	0,328	0,00	3219	0,297	0,00
S2-10-10-2-s	2310	2423	0,73	0,00	4,66	2380	0,688	0,00	2380	0,875	0,00
S2-10-10-3-l	3344	3663	0,16	0,00	8,71	3344	0,171	0,00	3460	0,172	0,00
S2-10-10-3-s	2457	2552	0,52	0,00	3,72	2511	1,219	0,00	2523	0,469	0,00
S2-15-10-1-l	3927	4140	0,34	0,00	5,14	3647	0,61	7,40	4020	0,281	0,00
S2-15-10-1-s	2352	2511	0,77	0,00	6,33	2410	0,734	0,00	2459	0,859	0,00
S2-15-10-2-l	4304	4470	0,19	0,00	3,71	3970	0,203	0,00	4233	0,187	0,00
S2-15-10-2-s	2530	2556	0,73	0,00	1,02	2495	1,282	0,00	2495	0,657	0,00
S2-15-10-3-l	3742	3934	0,20	0,00	4,88	2969	0,188	0,00	3442	0,172	0,00
S2-15-10-3-s	2481	2510	0,39	0,00	1,16	2437	0,485	0,00	2367	0,485	0,00
S2-5-10-1-l	3174	3200	0,36	0,00	0,81	2784	0,672	0,04	3293	0,36	0,00
S2-5-10-1-s	2283	2398	0,45	0,00	4,80	2275	0,672	0,00	2260	0,75	0,00
Médias	3036	3189	0,44	0,00	4,52	2897	0,59	1,04	3014	0,48	0,00

S2-15

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S2-5-15-1-l	4737	4913	1,36	11,13	3,58	4450	1,938	17,78	4543	6	0,03
S2-5-15-1-s	3286	3415	2,83	0,00	3,78	3326	6,843	0,00	3317	6,031	0,03
S2-5-15-2-l	4871	5043	0,97	18,32	3,41	4380	2,031	17,45	4552	1,422	21,51
S2-5-15-2-s	3168	3412	5,61	0,03	7,15	3326	6,578	0,01	3331	5,422	0,03
S2-5-15-3-l	4053	4056	0,24	0,00	0,07	3245	0,235	0,00	3252	0,235	0,00
S2-5-15-3-s	2951	2999	4,11	0,50	1,60	2922	6,015	0,05	2803	7,218	0,00
S2-10-15-1-l	5472	5710	1,41	8,05	4,17	5400	1,781	15,24	5506	1,187	24,25
S2-10-15-1-s	3136	3368	5,50	0,03	6,89	3351	7,219	0,42	3331	6,562	0,24
S2-10-15-2-l	5181	5388	1,27	5,82	3,84	4874	2,078	18,96	5174	1,547	18,51
S2-10-15-2-s	3456	3639	6,03	0,03	5,03	3601	6,484	0,00	3602	7,235	0,03
S2-10-15-3-l	4689	5737	0,28	0,00	18,27	5041	0,25	0,00	4901	0,344	0,00
S2-10-15-3-s	3188	3364	1,50	0,00	5,23	3163	6,078	0,00	3159	5,203	0,00
S2-15-15-1-l	5894	6398	1,47	6,47	7,88	6011	1,453	7,20	6370	1,797	0,02
S2-15-15-1-s	3559	3636	5,06	0,00	2,12	3600	6,015	0,03	3568	6,688	0,03
S2-15-15-2-l	6042	6313	1,41	21,29	4,29	5864	2,172	6,84	6031	1,875	7,59
S2-15-15-2-s	3016	3408	1,44	0,05	11,50	3258	7,484	0,02	3290	6,468	0,02
S2-15-15-3-l	4069	4069	0,25	0,00	0,00	3555	0,235	0,00	3424	0,234	0,00
S2-15-15-3-s	3458	3587	4,66	0,00	3,60	3516	6,296	0,47	3462	5,313	0,52
Médias	4124	4359	2,52	3,98	5,13	4049	3,95	4,69	4090	3,93	4,05

S3-5

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S3-5-5-1-l	2865	3014	0,14	0,00	4,94	2881	0,14	0,00	2881	0,188	0,00
S3-5-5-1-s	2062	2068	0,16	0,00	0,29	1873	0,172	0,00	1873	0,156	0,00
S3-5-5-2-l	3106	3107	0,19	0,00	0,03	3036	0,141	0,00	3085	0,109	0,00
S3-5-5-2-s	1912	1916	0,13	0,00	0,21	1916	0,125	0,00	1916	0,188	0,00
S3-5-5-3-l	2261	2849	0,14	0,00	20,64	2632	0,141	0,00	2497	0,125	0,00
S3-5-5-3-s	2311	2320	0,14	0,00	0,39	2311	0,141	0,00	2311	0,109	0,00
S3-10-5-1-l	2564	2589	0,13	0,00	0,97	2456	0,157	0,00	2474	0,156	0,00
S3-10-5-1-s	2036	2104	0,16	0,00	3,23	2098	0,172	0,00	2098	0,203	0,00
S3-10-5-2-l	3379	3379	0,13	0,00	0,00	2945	0,14	0,00	2945	0,156	0,00
S3-10-5-2-s	2299	2300	0,19	0,00	0,04	2276	0,172	0,00	2276	0,188	0,00
S3-10-5-3-l	1728	1729	0,14	0,00	0,06	925	0,172	0,00	925	0,172	0,00
S3-10-5-3-s	1653	1669	0,19	0,00	0,96	1535	0,156	0,00	1535	0,141	0,00
S3-15-5-1-l	3116	3125	0,14	0,00	0,29	3116	0,14	0,00	3015	0,141	0,00
S3-15-5-1-s	2188	2189	0,14	0,00	0,05	2116	0,141	0,00	2116	0,187	0,00
S3-15-5-2-l	3011	3012	0,14	0,00	0,03	2765	0,187	0,00	2917	0,141	0,00

S3-15-5-2-s	2173	2177	0,16	0,00	0,18	2169	0,219	0,00	2169	0,187	0,00
S3-15-5-3-l	811	1748	0,17	0,00	53,60	937	0,141	0,00	937	0,125	0,00
S3-15-5-3-s	1917	2105	0,14	0,00	8,93	2087	0,157	0,00	2087	0,172	0,00
Médias	2300	2411	0,15	0,00	5,27	2226	0,16	0,00	2225	0,16	0,00

S3-10

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S3-5-10-1-l	5321	5707	0,61	26,77	6,76	5412	0,719	9,09	5703	0,672	0,00
S3-5-10-1-s	3487	3623	1,38	0,00	3,75	3475	1,171	0,00	3547	0,906	0,00
S3-5-10-2-l	7249	7262	0,31	0,00	0,18	6656	0,312	0,00	6836	0,36	0,00
S3-5-10-2-s	3377	3723	0,80	0,00	9,29	3637	2,297	0,00	3628	2,188	0,00
S3-5-10-3-l	4197	4199	0,17	0,00	0,05	3627	0,172	0,00	3631	0,171	0,00
S3-5-10-3-s	3411	3685	0,75	0,00	7,44	3606	0,844	0,00	3606	0,719	0,00
S3-10-10-1-l	6310	6336	0,34	0,00	0,41	5741	0,516	17,93	5875	0,484	0,00
S3-10-10-1-s	3270	3412	1,70	0,00	4,16	3315	0,938	0,00	3278	2,484	0,00
S3-10-10-2-l	5934	5989	0,47	14,25	0,92	5773	0,469	11,56	6215	0,344	0,00
S3-10-10-2-s	3730	3830	0,86	0,00	2,61	3825	1,188	0,00	3830	0,89	0,00
S3-10-10-3-l	4248	5128	0,19	0,00	17,16	3591	0,281	0,00	4149	0,219	0,00
S3-10-10-3-s	3469	3602	0,80	0,00	3,69	3444	1,266	0,00	3458	1,359	0,00
S3-15-10-1-l	4418	4874	0,63	38,05	9,36	5006	0,609	39,35	4995	0,719	38,57
S3-15-10-1-s	3475	3803	1,14	0,00	8,62	3613	1,343	0,00	3717	1,219	0,00
S3-15-10-2-l	5230	5622	0,34	0,00	6,97	5105	0,562	18,47	5193	0,359	0,00
S3-15-10-2-s	3782	3881	1,09	0,00	2,55	3810	1,281	0,00	3829	1,297	0,00
S3-15-10-3-l	2849	3861	0,19	0,00	26,21	2792	0,156	0,00	2792	0,234	0,00
S3-15-10-3-s	3952	4029	0,75	0,00	1,91	3938	0,828	0,00	3938	0,734	0,00
Médias	4317	4587	0,70	4,39	6,23	4243	0,83	5,36	4346	0,85	2,14

S3-15

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
S3-5-15-1-l	6539	7019	1,95	5,46	6,84	6435	2,563	12,70	6671	2,594	18,80
S3-5-15-1-s	5318	5412	9,58	0,03	1,74	5366	11,656	0,02	5369	12,469	0,29
S3-5-15-2-l	8591	9066	2,44	6,07	5,24	8708	2,641	15,45	9011	2,453	6,78
S3-5-15-2-s	5038	5300	7,48	0,20	4,94	5104	13,937	0,43	5080	12,453	0,00
S3-5-15-3-l	5289	6202	1,03	7,70	14,72	5357	1,265	15,84	5318	1,032	0,00
S3-5-15-3-s	4995	5415	3,78	0,00	7,76	5193	5,344	0,00	5118	5,109	0,00
S3-10-15-1-l	8133	8606	2,19	5,22	5,50	8094	2,89	6,09	8855	1,5	30,34
S3-10-15-1-s	4945	5158	13,91	0,02	4,13	5102	17,234	0,03	5101	13,719	0,02
S3-10-15-2-l	10175	10233	1,19	12,53	0,57	9208	2,484	11,58	9382	2,219	28,36
S3-10-15-2-s	5031	5344	10,56	0,22	5,86	5273	13,187	0,55	5229	13,594	0,01
S3-10-15-3-l	4249	5547	0,39	0,00	23,40	4614	0,406	0,00	4404	0,375	0,00
S3-10-15-3-s	4728	5231	5,91	0,00	9,62	5277	6,188	0,00	5198	7,079	0,00
S3-15-15-1-l	8686	9443	2,47	5,11	8,02	8948	2,063	8,59	9054	2,812	2,09
S3-15-15-1-s	5243	5368	10,31	0,44	2,33	5299	14,125	0,28	5324	15,203	0,37
S3-15-15-2-l	10601	11213	1,27	16,22	5,46	10291	2,343	12,07	10622	1,906	21,39
S3-15-15-2-s	4980	5373	5,77	0,00	7,31	5245	14,719	0,43	5236	11,641	0,17
S3-15-15-3-l	6395	6792	0,44	0,00	5,85	6134	0,531	0,00	5991	0,469	0,00
S3-15-15-3-s	5126	5171	5,83	0,00	0,87	4839	8,406	0,00	4899	8,937	0,01
Médias	6337	6772	4,80	3,29	6,67	6360	6,78	4,67	6437	6,42	6,04

M1-5

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
M1-5-5-1-l	10359	10549	0,50	0,00	1,80	10213	0,531	0,00	10426	0,562	0,00
M1-5-5-1-s	7306	7321	0,84	0,00	0,20	7169	0,828	0,00	7169	0,812	0,00
M1-5-5-2-l	10298	10309	0,53	0,00	0,11	9210	0,515	0,00	9721	0,453	0,00
M1-5-5-2-s	7116	7597	0,34	0,00	6,33	7469	0,391	0,00	7469	0,422	0,00
M1-5-5-3-l	5812	6861	0,52	0,00	15,29	6520	0,469	0,00	6520	0,438	0,00
M1-5-5-3-s	6416	7619	0,50	0,00	15,79	7072	0,578	0,00	7072	0,547	0,00

M1-10-5-1-l	9096	10425	0,88	0,00	12,75	9138	0,531	0,00	9138	0,547	0,00
M1-10-5-1-s	7163	7196	0,52	0,00	0,46	6543	0,719	0,00	6543	0,735	0,00
M1-10-5-2-l	7388	8639	0,52	0,00	14,48	8628	0,562	0,00	8639	0,578	0,00
M1-10-5-2-s	7370	7394	0,80	0,00	0,32	7153	0,703	0,00	7153	0,672	0,00
M1-10-5-3-l	4788	4788	0,48	0,00	0,00	4527	0,484	0,00	4527	0,438	0,00
M1-10-5-3-s	6174	6452	0,64	0,00	4,31	6448	0,437	0,00	6448	0,437	0,00
M1-15-5-1-l	11462	11481	0,61	50,86	0,17	10017	0,532	0,00	10058	0,578	0,00
M1-15-5-1-s	6175	6471	0,45	0,00	4,57	6239	0,859	0,00	6239	0,86	0,00
M1-15-5-2-l	11826	11864	0,58	0,00	0,32	11249	0,531	0,00	11501	0,61	0,00
M1-15-5-2-s	7282	7286	0,75	0,00	0,05	7130	0,891	0,00	7130	0,875	0,00
M1-15-5-3-l	8016	10141	0,48	0,00	20,95	9306	0,453	0,00	10141	0,531	0,00
M1-15-5-3-s	6226	6256	0,52	0,00	0,48	6178	0,704	0,00	6178	0,656	0,00
Médias	7793	8258	0,58	2,83	5,47	7789	0,60	0,00	7893	0,60	0,00

M1-10

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
M1-5-10-1-l	14214	14237	2,89	0,00	0,16	12188	6,11	12,22	12771	2,922	46,76
M1-5-10-1-s	11605	11762	10,16	0,00	1,33	11936	5,594	11,52	11746	7,125	0,00
M1-5-10-2-l	19195	19657	1,72	0,00	2,35	18398	2,828	0,00	18866	2,625	0,00
M1-5-10-2-s	11598	11938	6,50	0,00	2,85	11666	6,438	0,00	11626	6,844	0,00
M1-5-10-3-l	14218	14278	1,44	123,92	0,42	12142	1,453	0,00	11676	1,453	0,00
M1-5-10-3-s	11362	11489	3,06	0,00	1,11	11426	2,172	0,00	10623	3,093	0,00
M1-10-10-1-l	19568	20387	3,23	0,00	4,02	20206	3,219	0,00	20482	3,063	0,00
M1-10-10-1-s	11888	12449	5,44	8,49	4,51	12297	6,719	4,88	12358	5,203	7,90
M1-10-10-2-l	15916	17649	2,64	0,00	9,82	16778	4,375	11,04	19273	1,687	0,00
M1-10-10-2-s	12396	13214	3,33	0,00	6,19	12881	4,75	0,00	12843	3,828	0,00
M1-10-10-3-l	16964	20149	1,66	0,00	15,81	17666	1,781	0,00	17951	1,672	0,00
M1-10-10-3-s	11728	11839	7,61	0,00	0,94	11100	5,515	0,00	10826	5,828	0,00
M1-15-10-1-l	16826	19072	3,09	0,00	11,78	18487	5,016	14,41	18671	2,968	0,00
M1-15-10-1-s	11430	11627	5,42	10,04	1,69	11484	6,922	0,00	11364	5,594	0,00
M1-15-10-2-l	15578	17737	2,91	0,00	12,17	17029	3,672	0,00	17930	3,016	0,00
M1-15-10-2-s	11893	13137	4,14	0,00	9,47	12805	4,828	0,00	13062	4,187	0,00
M1-15-10-3-l	15668	15789	1,44	0,00	0,77	12552	1,734	0,00	12776	1,531	0,00
M1-15-10-3-s	12363	12874	2,72	0,00	3,97	12359	10,594	0,00	12209	3,672	0,00
Médias	14134	14960	3,86	7,91	4,96	14078	4,65	3,00	14281	3,68	3,04

M1-15

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
M1-5-15-1-l	26689	28120	13,89	8,43	5,09	25805	19,547	13,49	27021	15,765	5,69
M1-5-15-1-s	16445	17041	72,39	0,00	3,50	16758	84,688	0,00	16910	67,61	0,00
M1-5-15-2-l	27448	29002	12,70	13,08	5,36	28118	12,031	14,23	27964	12,391	16,31
M1-5-15-2-s	16089	17450	69,20	2,09	7,80	17197	80,422	0,00	17149	75,203	0,59
M1-5-15-3-l	16471	16731	2,56	0,00	1,55	15362	2,485	0,00	16212	2,484	0,00
M1-5-15-3-s	15732	16384	47,48	0,00	3,98	15950	68,187	0,00	15942	53,468	0,00
M1-10-15-1-l	29915	31589	10,17	5,45	5,30	27453	16,031	14,10	29490	13,328	15,19
M1-10-15-1-s	16735	17379	85,88	0,06	3,71	17005	113,562	0,00	16972	96,547	0,00
M1-10-15-2-l	28547	30056	12,14	17,78	5,02	27266	14,453	11,17	29182	11,937	19,22
M1-10-15-2-s	16820	17441	79,81	0,54	3,56	17236	83,968	0,00	17332	69,125	0,00
M1-10-15-3-l	18963	19028	2,59	162,33	0,34	13690	2,594	0,00	13218	2,922	0,00
M1-10-15-3-s	15281	16394	84,13	1,77	6,79	16383	83,953	0,00	16588	66,937	0,00
M1-15-15-1-l	29404	33357	10,78	3,96	11,85	29283	12,937	2,62	31198	13,515	0,99
M1-15-15-1-s	17246	18290	42,48	0,00	5,71	17802	72	0,48	17866	67,734	0,00
M1-15-15-2-l	29512	31422	9,31	13,38	6,08	26152	16,782	8,32	27549	13,812	16,77
M1-15-15-2-s	17427	17834	56,77	0,00	2,28	17414	79,625	0,00	17573	66,531	0,00
M1-15-15-3-l	19039	20519	2,56	0,00	7,21	16087	2,641	0,00	17408	2,703	0,00
M1-15-15-3-s	16167	17344	52,36	0,00	6,79	17052	64,266	0,00	16870	73,656	1,22
Médias	20774	21966	37,07	12,72	5,11	20112	46,12	3,58	20691	40,31	4,22

M2-5											
Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
M2-5-5-1-l	19919	19983	2,09	0,00	0,32	19983	1,875	0,00	19818	2,172	0,00
M2-5-5-1-s	14484	14571	1,47	0,00	0,60	14571	2,344	0,00	14571	2,297	0,00
M2-5-5-2-l	18962	18965	2,03	0,00	0,02	18737	1,922	0,00	18158	2,156	0,00
M2-5-5-2-s	11750	14248	1,00	0,00	17,53	12842	2,11	0,00	12842	2,109	0,00
M2-5-5-3-l	10279	10279	1,61	0,00	0,00	5216	1,64	0,00	5216	1,562	0,00
M2-5-5-3-s	13310	13347	1,22	0,00	0,28	7835	1,204	0,00	7835	1,078	0,00
M2-10-5-1-l	20378	20466	2,13	0,00	0,43	18556	1,875	0,00	19216	1,875	0,00
M2-10-5-1-s	14233	14337	2,59	0,00	0,73	14399	2,437	0,00	14399	2,437	0,00
M2-10-5-2-l	19165	19211	2,33	0,00	0,24	18990	2	0,00	18990	2,454	0,00
M2-10-5-2-s	14717	15195	1,45	0,00	3,15	14732	1,391	0,00	14732	1,641	0,00
M2-10-5-3-l	13057	14618	1,84	0,00	10,68	10693	2,063	0,00	13057	1,922	0,00
M2-10-5-3-s	11884	13266	2,25	0,00	10,42	11927	2,25	0,00	11927	2,719	0,00
M2-15-5-1-l	20003	20068	2,03	0,00	0,32	19287	2,187	0,00	18820	2,516	0,00
M2-15-5-1-s	12267	13796	2,53	0,00	11,08	13244	1,641	0,00	13244	1,937	0,00
M2-15-5-2-l	20137	20281	1,48	60,60	0,71	18326	1,766	0,00	18326	2,453	0,00
M2-15-5-2-s	14160	14584	1,58	0,00	2,91	14167	1,922	0,00	14167	1,921	0,00
M2-15-5-3-l	20173	20298	1,69	0,00	0,62	20298	1,719	0,00	20298	1,641	0,00
M2-15-5-3-s	14563	14569	1,16	0,00	0,04	13602	2,172	0,00	13602	2,141	0,00
Médias	15747	16227	1,80	3,37	3,34	14856	1,92	0,00	14957	2,06	0,00

M2-10											
Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
M2-5-10-1-l	36940	37364	6,83	79,00	1,13	34075	11,422	0,00	36959	11,672	0,00
M2-5-10-1-s	23333	23754	26,33	0,00	1,77	23595	24,921	0,00	23346	23,672	5,97
M2-5-10-2-l	34005	38012	14,16	0,00	10,54	34701	16,11	18,33	35971	11,656	0,00
M2-5-10-2-s	22426	23095	26,13	0,00	2,90	23151	21,766	0,00	23270	20,516	0,00
M2-5-10-3-l	30416	32680	6,14	100,24	6,93	28621	6,219	0,00	30180	5,515	0,00
M2-5-10-3-s	22835	25080	10,66	0,00	8,95	24379	13,234	0,00	24003	15,187	0,00
M2-10-10-1-l	29615	31871	11,11	0,00	7,08	27634	16,953	7,54	29144	12,047	44,58
M2-10-10-1-s	22995	23995	16,20	0,00	4,17	22942	29,094	9,13	23079	20,359	0,00
M2-10-10-2-l	41819	44387	12,61	0,00	5,79	41507	11,25	0,00	42753	7,187	0,00
M2-10-10-2-s	20956	23414	19,39	0,00	10,50	22874	23,328	0,00	23414	19,062	0,00
M2-10-10-3-l	33458	37848	6,34	0,00	11,60	32203	6,047	0,00	32802	5,672	0,00
M2-10-10-3-s	23232	25839	8,39	0,00	10,09	24273	17,563	0,00	24514	11,125	0,00
M2-15-10-1-l	34266	35667	11,52	0,00	3,93	33089	13,375	0,00	35696	13	0,00
M2-15-10-1-s	23524	23822	20,22	0,00	1,25	23295	31,516	0,00	23821	24,937	5,88
M2-15-10-2-l	44511	48012	6,22	0,00	7,29	42225	11,735	0,00	42341	13,657	0,00
M2-15-10-2-s	23749	24645	15,92	0,00	3,64	24320	22,032	6,58	24321	18,422	6,89
M2-15-10-3-l	30090	30105	5,42	0,00	0,05	18247	5,578	0,00	19848	6,031	0,00
M2-15-10-3-s	23812	25572	19,02	0,00	6,88	24775	21,5	0,00	24775	21,969	0,00
Médias	28999	30842	13,48	9,96	5,80	28106	16,87	2,31	28902	14,54	3,52

M2-15											
Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
M2-5-15-1-l	44745	46120	37,39	3,76	2,98	39896	48,203	0,09	45317	37,406	10,77
M2-5-15-1-s	32108	32882	237,36	1,33	2,35	32725	270,719	1,85	33046	212,437	0,00
M2-5-15-2-l	59919	62562	22,91	4,15	4,22	54739	30,063	15,14	58165	24,453	12,79
M2-5-15-2-s	31777	35287	83,61	0,00	9,95	33427	221,25	0,16	33799	142,844	1,98
M2-5-15-3-l	39776	55018	8,34	0,00	27,70	45677	12,953	0,00	45646	13,469	0,00
M2-5-15-3-s	29778	30868	107,42	0,28	3,53	29281	212,203	0,00	29094	201,703	2,66
M2-10-15-1-l	56141	64289	37,98	2,23	12,67	60080	44,234	4,79	64307	48,203	2,80
M2-10-15-1-s	32678	34275	240,56	0,53	4,66	34393	230,468	0,20	34506	217,812	0,83
M2-10-15-2-l	68798	70681	20,94	11,36	2,66	59674	36,922	11,63	65970	23,625	12,08
M2-10-15-2-s	32947	34257	192,72	0,00	3,82	33613	225,015	0,65	33465	219,187	0,00

M2-10-15-3-l	50379	50405	8,39	0,00	0,05	44761	8,14	139,24	46983	7,969	0,00
M2-10-15-3-s	34077	34598	213,94	0,37	1,51	35345	135,859	0,00	34958	164,828	0,23
M2-15-15-1-l	54574	60580	36,50	9,87	9,91	58545	35,781	4,92	58835	30,843	2,40
M2-15-15-1-s	32422	34798	121,63	0,15	6,83	33850	226,313	3,36	34346	159,953	0,00
M2-15-15-2-l	54370	56664	35,27	10,37	4,05	54409	36,359	12,40	55738	40,266	10,61
M2-15-15-2-s	33658	34546	369,84	0,44	2,57	33978	463,734	0,54	34249	385,109	0,47
M2-15-15-3-l	56403	65421	8,02	66,01	13,78	51244	8,671	0,00	56847	7,703	91,10
M2-15-15-3-s	34488	35165	85,80	0,00	1,93	35263	89,609	0,00	35218	86,86	0,00
Médias	43280	46579	103,81	6,16	6,40	42828	129,81	10,83	44472	112,48	8,26

L-5

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
L-5-5-1-l	98039	105467	37,36	0,00	7,04	95376	37,109	0,00	102762	36,687	0,00
L-5-5-1-s	58762	60004	34,42	0,00	2,07	55594	38,672	0,00	55594	37,281	0,00
L-5-5-2-l	104492	109188	31,28	0,00	4,30	108821	34,375	0,00	109188	31,781	0,00
L-5-5-2-s	64775	74176	23,19	0,00	12,67	71584	41,641	0,00	71584	41,109	0,00
L-5-5-3-l	33687	70353	35,80	0,00	52,12	62032	31,39	0,00	50754	36,687	0,00
L-5-5-3-s	50868	51544	39,30	53,93	1,31	51863	37,484	0,00	51863	38,359	0,00
L-10-5-1-l	92144	98470	42,09	0,00	6,42	93297	80,11	0,00	92991	35,078	0,00
L-10-5-1-s	63743	70754	21,81	0,00	9,91	65083	39,266	0,00	65083	37,579	0,00
L-10-5-2-l	73740	92796	38,31	0,00	20,54	92796	37,781	0,00	95347	29,703	0,00
L-10-5-2-s	71362	81007	18,69	0,00	11,91	78598	19,89	0,00	78598	19,844	0,00
L-10-5-3-l	79511	85040	31,03	0,00	6,50	78685	27,235	0,00	78685	32,734	0,00
L-10-5-3-s	68790	75961	15,08	0,00	9,44	70283	20,546	0,00	70283	19,61	0,00
L-15-5-1-l	84014	110521	26,34	0,00	23,98	99760	23,406	0,00	107396	28,812	0,00
L-15-5-1-s	57013	68758	37,86	0,00	17,08	66405	37,188	0,00	66405	35,937	0,00
L-15-5-2-l	105494	109000	41,30	0,00	3,22	103600	41,172	69,23	103631	33,562	0,00
L-15-5-2-s	69199	79208	37,52	0,00	12,64	78387	19,375	0,00	78387	19,391	0,00
L-15-5-3-l	98450	98612	30,44	0,00	0,16	94209	31,375	0,00	97568	38,906	0,00
L-15-5-3-s	65458	81458	18,27	0,00	19,64	76597	18,609	0,00	76597	17,844	0,00
Médias	74419	84573	31,12	3,00	12,28	80165	34,26	3,85	80706	31,72	0,00

L-10

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
L-5-10-1-l	188212	210276	111,75	0,00	10,49	179815	197,25	0,00	199747	102,969	0,00
L-5-10-1-s	100961	118959	329,88	0,00	15,13	116193	163,469	1,01	114339	394,969	0,00
L-5-10-2-l	184427	206629	185,67	0,00	10,74	197502	109,11	0,00	202330	105,828	0,00
L-5-10-2-s	94405	114499	394,64	0,00	17,55	112687	428,125	0,00	114624	417,094	0,00
L-5-10-3-l	155970	165548	89,55	0,00	5,79	131922	106,047	0,00	147281	99,125	0,00
L-5-10-3-s	90664	115676	303,02	9,71	21,62	113917	334,203	0,00	116552	259,141	0,00
L-10-10-1-l	184414	217055	124,39	0,00	15,04	209317	213,953	0,00	206931	207,484	0,00
L-10-10-1-s	102518	120674	409,59	6,78	15,05	120399	398,407	0,00	117925	404,875	9,84
L-10-10-2-l	191756	212844	122,63	0,00	9,91	198121	218,297	0,00	195434	192,672	0,00
L-10-10-2-s	111263	130610	216,30	0,00	14,81	125550	352,563	0,00	127408	302	0,00
L-10-10-3-l	88766	117247	103,86	0,00	24,29	83860	105,812	0,00	83860	89,703	0,00
L-10-10-3-s	107441	120787	247,64	0,00	11,05	115804	271,172	0,00	113806	299,437	0,00
L-15-10-1-l	181709	226259	126,31	0,00	19,69	200887	272,157	6,18	218946	221,922	0,00
L-15-10-1-s	106615	126591	325,25	0,00	15,78	124518	367,453	0,00	124975	261,906	0,00
L-15-10-2-l	215983	227926	113,78	0,00	5,24	212403	192,422	0,00	225726	121,453	0,00
L-15-10-2-s	107444	121928	311,81	5,74	11,88	122238	311,735	0,00	118042	434,203	0,00
L-15-10-3-l	168109	168712	103,77	0,00	0,36	113725	109,093	0,00	119277	103,125	0,00
L-15-10-3-s	108200	129392	234,47	0,00	16,38	124823	277,641	0,00	122209	424,312	0,08
Médias	138270	158423	214,13	1,24	13,38	144649	246,05	0,40	148301	246,79	0,55

L-15

Instância	Com Canibalismo Souza (2018)					Dissimilaridade			Similaridade		
	Canibalismo	Objetive value	Time/s	GAP %	GAP % heurístico	Objetive value	Time/s	GAP %	Objetive value	Time/s	GAP %
L-5-15-1-l	289809	317003	1471,00	0,86	8,58	297732	850,719	8,34	305863	682,609	3,46

L-5-15-1-s	136996	169129	4016,69	0,25	19,00	167145	4361,72	4,38	165346	5060,64	3,89
L-5-15-2-l	264722	284525	341,70	20,44	6,96	266743	577,969	5,70	256766	627,797	11,96
L-5-15-2-s	144430	175388	2070,23	1,23	17,65	172583	3328,38	0,00	172285	2509,44	2,97
L-5-15-3-l	150717	263662	178,16	0,00	42,84	213872	179,875	0,00	224234	177,313	0,00
L-5-15-3-s	132856	161029	3592,33	0,12	17,50	157862	3624,8	0,15	155495	4796,22	0,01
L-10-15-1-l	240497	281496	616,63	10,45	14,56	259883	764,625	11,22	266996	739,782	4,33
L-10-15-1-s	139869	167934	2532,80	0,02	16,71	163811	7211,64	1,31	165455	4317,61	0,03
L-10-15-2-l	283314	324946	489,64	9,47	12,81	298299	635,547	4,38	312087	572,922	5,77
L-10-15-2-s	139792	168184	4880,95	0,00	16,88	167504	4515,36	4,26	166895	4913,44	3,19
L-10-15-3-l	291224	299406	168,95	0,00	2,73	252777	171,203	0,00	258818	155,578	0,00
L-10-15-3-s	136293	166494	3250,66	0,00	18,14	165038	2748,66	3,39	165423	2737,41	0,00
L-15-15-1-l	275636	325621	598,31	4,65	15,35	302760	1059,67	6,84	322769	645,813	2,55
L-15-15-1-s	136322	166094	4002,41	1,32	17,92	165043	6031,7	0,30	163415	6429,2	0,42
L-15-15-2-l	288556	315933	583,81	0,96	8,67	311345	621,797	2,40	309165	604,828	6,31
L-15-15-2-s	145804	178269	3556,27	0,00	18,21	177006	3066,3	3,57	179270	2707,36	0,00
L-15-15-3-l	303433	316545	165,45	0,00	4,14	263292	168,922	0,00	283182	154,516	0,00
L-15-15-3-s	143065	167355	2573,59	0,52	14,51	167493	2845,36	0,00	165614	2892,17	0,00
Médias	202408	236056	1949,42	2,79	15,18	220566	2375,79	3,12	224393	2262,48	2,49

Fonte: Elaborado pela autora (2019).