



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E MATEMÁTICA APLICADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO
MESTRADO ACADÊMICO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



O Problema do Caixeiro Viajante com Passageiros e Lotação

Ranmsés Emanuel Martins Bastos

Natal-RN

Fevereiro de 2017

Ranmsés Emanuel Martins Bastos

O Problema do Caixeiro Viajante com Passageiros e Lotação

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação do Departamento de Informática e Matemática Aplicada da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas e Computação.

Linha de Pesquisa:

Algoritmos Experimentais

Orientador

Prof. Dr. Marco César Goldbarg

Co-orientadora

Prof. Dr^a. Elizabeth Ferreira Gouvêa Goldbarg

CCET - CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

DIMAP - DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E MATEMÁTICA APLICADA

PPGSC - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

UFRN - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Natal-RN

Fevereiro de 2017

Dissertação de Mestrado sob o título O Problema do Caixeiro Viajante com Passageiros e Lotação apresentada por Ranmsés Emanuel Martins Bastos e aceita pelo Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação do Departamento de Informática e Matemática Aplicada da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, sendo aprovada por todos os membros da banca examinadora abaixo especificada:

Prof. Dr. Marco César Goldbarg
Presidente

DIMAp - Departamento de Informática e Matemática Aplicada
UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr^a. Elizabeth Ferreira Gouvêa Goldbarg
Examinadora

DIMAp - Departamento de Informática e Matemática Aplicada
UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr^a. Sílvia Maria Diniz Monteiro Maia
Examinadora

DIMAp - Departamento de Informática e Matemática Aplicada
UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Matheus da Silva Menezes
Examinador

DCEN - Departamento de Ciências Exatas e Naturais
UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Lucídio dos Anjos Formiga Cabral
Examinador

DI - Departamento de Informática
UFPB - Universidade Federal da Paraíba

Natal-RN, 17 de fevereiro de 2017.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus, nosso guia e guardião maior.

A minha esposa Carolina, pelo cuidado, amor e pela companhia sempre presente, mesmo que em pensamento quando a ingrata distância geográfica está entre nós.

A minha mãe Eugênia, pelo amor, pelo exemplo de perseverança e esforço incansável em proporcionar uma educação de qualidade.

Aos meus irmãos Claudio, Eliane, Luiz e Júlio César, pela acolhida de um irmão caçula como se filho fosse.

Aos Professores Marco Goldbarg e Elizabeth Goldbarg, pelos conhecimentos, orientação e compreensão.

Aos amigos da Petrobras, pelo incentivo e apoio durante este intenso período de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas e Computação da UFRN, pela oportunidade de cursar este Mestrado Acadêmico.

Para a frente, custe o que custar.

O Problema do Caixeiro Viajante com Passageiros e Lotação

Autor: Ranmsés Emanuel Martins Bastos

Orientador: Prof. Dr. Marco César Goldberg

Co-orientadora: Prof. Dr^a. Elizabeth Ferreira Gouvêa Goldberg

RESUMO

O Problema do Caixeiro Viajante com Passageiros e Lotação é uma versão do PCV clássico onde o caixeiro é o motorista de um veículo que compartilha os custos de viagem com passageiros. Além de dividir os custos do percurso, o caixeiro pode se valer, também, dos descontos das *high-occupancy vehicle lanes*, que são faixas de trânsito que isentam veículos lotados do pagamento de pedágio. A adição de passageiros ao PCV, um problema restrito ao roteamento, cria um viés colaborativo que é intensificado pela consideração das faixas especiais. Tal cenário confere ao problema estudado um aspecto ecológico, uma vez que seu estudo tem consequências diretas sobre o uso eficiente do espaço urbano e a diminuição da emissão de gases poluentes, contribuindo sobremaneira para o incremento da qualidade de vida. A pesquisa compreendeu desde a correlação entre esse novo problema e outros constantes na literatura até a concepção de um conjunto de seiscentas instâncias artificiais e a criação de diversos métodos de solução. Para a determinação de ótimos, é proposto um modelo matemático que suportou as soluções por Programação Matemática e por Restrições. Adicionalmente, é apresentado um algoritmo *branch-and-bound* especificamente desenvolvido para o problema. Visando a busca por soluções de qualidade em curto espaço de tempo, são expostos cinco algoritmos experimentais com base nas abordagens heurísticas *Simulated Annealing*, *Variable Neighborhood Search*, Colonização de Abelhas e Algoritmos Genéticos. Diversos procedimentos auxiliares para construção de soluções e execução de buscas locais são também expostos. Um experimento computacional é realizado para comparação entre os métodos de solução. Uma amostra de cem casos teste é utilizada para o processo estatístico de ajuste de parâmetros dos algoritmos heurísticos, enquanto o restante das instâncias é extensivamente abordado pelos métodos. São determinados os ótimos para cento e cinquenta e cinco casos com tamanhos 10 e 20 cidades. Dentre os métodos experimentais, cabe destacar a superioridade do algoritmo heurístico que une as meta-heurísticas *Simulated Annealing* e *Variable Neighborhood Search*.

Palavras-chave: Problema do Caixeiro Viajante, Problema *Ridesharing*, *Carpool*, Meta-heurísticas, *High-occupancy Vehicle Lanes*.

The Traveling Salesman with Passengers and High Occupancy Problem

Author: Ranmsés Emanuel Martins Bastos

Supervisor: Prof. D. Sc. Marco César Goldberg

Co-supervisor: Prof. D. Sc. Elizabeth Ferreira Gouvêa Goldberg

ABSTRACT

The Traveling Salesman with Passengers and High Occupancy Problem is a version of the classic TSP where the salesman is the driver of a vehicle who shares travels' expenses with passengers. Besides shared expenses, the driver also benefits from discounts of the high-occupancy vehicle lanes, i.e. traffic lanes in which high occupancy vehicles are exempted from tolls. The addition of passengers to the TSP, a routing-only problem, creates a sharing view which is intensified by the consideration of special lanes. This scenario grants to the problem an ecological feature, since its study have direct consequences for the efficient use of urban space and the greenhouse gas emissions reduction, greatly contributing for quality of life improvement. This work addresses the study of this novel combinatorial optimization problem, going from the relationship it draws with other ones in the literature until the conception of a six hundred set of artificial test cases and the creation of many solution methods. To find optimal solutions, a mathematical model is proposed. This model supported the search for exact solutions by Mathematical and Constraint Programming. Additionally, is presented a branch-and-bound algorithm specifically developed for the problem. Aiming the search for good quality solutions in short time period, five experimental algorithms based on the heuristics approaches Simulated Annealing, Variable Neighborhood Search, Bees Colony and Genetic Algorithms are introduced. Several auxiliary procedures for solutions generations and local search execution are revealed as well. A computational experiment is fulfilled to comparison between the solution methods. A sample of a hundred test cases is used for the heuristics algorithms' parameter tuning statistical process, while the rest of them are extensively addressed by the methods. The optimal solution for a hundred and fifty five test cases with sizes of 10 and 20 cities are determined. Among the experimental methods, one has to highlight the advantage of the heuristic algorithm that unites the metaheuristics Simulated Annealing and Variable Neighborhood Search.

Keywords: Traveling Salesman Problem, Ridesharing Problem, Carpool, Metaheuristics, High-occupancy Vehicle Lanes.

Lista de figuras

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Sinalização norueguesa para faixas <i>hov</i> | 16 |
| Figura 2 – Instâncias do PCV-PL 06-10 (à esquerda) e 11-03 (à direita). | 42 |
| Figura 3 – Obtenção de ciclo hamiltoniano para grafos simétricos e assimétricos. | 47 |
| Figura 4 – Comparação entre esquemas de carregamento..... | 49 |
| Figura 5 – Operadores para variação da rota. | 56 |
| Figura 6 – Exemplo de vizinhança gerada pelo operador <i>troca</i> | 56 |
| Figura 7 – Exemplo da vizinhança para carregamento..... | 57 |

Lista de tabelas

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 1 – Classes de instâncias. | 40 |
| Tabela 2 – Relação entre tamanho e identificador de instâncias. | 41 |
| Tabela 3 – Média dos tempos de execução dos métodos exatos em segundos. | 72 |
| Tabela 4 – Parâmetros dos algoritmos heurísticos. | 73 |
| Tabela 5 – Médias dos tempos médios para os algoritmos heurísticos. | 74 |
| Tabela 6 – Média das métricas percentuais sobre a variabilidade dos resultados. | 75 |
| Tabela 7 – Classificação dos algoritmos segundo a média de métricas percentuais. ... | 76 |
| Tabela 8 – Quantidade de testes de Kruskal-Wallis significativos..... | 76 |
| Tabela 9 – Emprego da mediana associado aos testes de Kruskal-Wallis..... | 77 |
| Tabela 10 – Métodos geradores das soluções x^* | 77 |
| Tabela 11 – Tempos (s) de execução dos métodos exatos. | 85 |
| Tabela 12 – Tempos médios (s) das execuções dos métodos heurísticos..... | 90 |
| Tabela 13 – Valores absolutos das melhores soluções por instância..... | 103 |
| Tabela 14 – Métricas relativas de variabilidade dos resultados heurísticos. | 110 |
| Tabela 15 – p -valores resultantes do teste de Kruskal-Wallis par a par. | 124 |

Lista de abreviaturas e siglas

SA – Simulated Annealing

VNS – Variable Neighborhood Search

BA – Bees Algorithm

PCV – Problema do Caixeiro Viajante

TSP – Traveling Salesman Problem

PCV-PL – Problema do Caixeiro Viajante com Passageiros e Lotação

TSPHOP – Traveling Salesman with Passengers and High-occupancy Problem

GRASP – Greedy Randomized Search Procedure

ILS – Iterated Local Search

Lista de algoritmos

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Algoritmo 1 – <i>Branch-and-bound</i> para determinação da solução exata (<i>BB</i>)..... | 46 |
| Algoritmo 2 – Procedimento <i>COpt</i> para determinação do carregamento ótimo. | 48 |
| Algoritmo 3 – Heurística de carregamento (<i>HC</i>). | 58 |
| Algoritmo 4 – Busca local para carregamento (<i>BLC</i>)..... | 59 |
| Algoritmo 5 – Busca local com operadores de rota (<i>BLOp</i>). | 61 |
| Algoritmo 6 – Procedimento <i>G</i> de geração de solução. | 61 |
| Algoritmo 7 – Procedimento <i>GLC</i> de geração de solução. | 62 |
| Algoritmo 8 – Procedimento <i>GLOp</i> de geração de solução. | 62 |
| Algoritmo 9 – Procedimento <i>GSet</i> de geração de conjunto de soluções. | 63 |
| Algoritmo 10 – <i>Simulated Annealing com operadores</i> (<i>SAop</i>). | 63 |
| Algoritmo 11 – <i>Simulated Annealing com Buscas Locais</i> (<i>SABL</i>)..... | 65 |
| Algoritmo 12 – <i>Bees Algorithm</i> (<i>BA</i>). | 66 |
| Algoritmo 13 – Procedimento de busca local para algoritmo <i>BA</i> | 66 |
| Algoritmo 14 – <i>Genetic Algorithm</i> (<i>GA</i>). | 67 |
| Algoritmo 15 – Procedimento de combinação de soluções para algoritmo <i>GA</i> | 68 |
| Algoritmo 16 – <i>Variable Neighborhood Search</i> (<i>VNS</i>)..... | 69 |

Sumário

| | | |
|----------|---------------------------------------------------|-----------|
| 1 | Introdução | 15 |
| 1.1 | Objeto de estudo..... | 15 |
| 1.2 | Metodologia | 17 |
| 1.3 | Motivação..... | 17 |
| 1.4 | Objetivos | 18 |
| 1.5 | Contribuições | 19 |
| 1.6 | Organização do trabalho..... | 19 |
| | | |
| 2 | PCV-PL: o problema | 21 |
| 2.1 | Definição | 21 |
| 2.1.1 | Modelo matemático | 23 |
| 2.1.2 | Complexidade | 26 |
| 2.1.3 | Limites inferiores..... | 27 |
| 2.2 | Trabalhos relacionados..... | 34 |
| 2.2.1 | GRIBKOVSKAIA; LAPORTE; SHYSHOU (2008)..... | 34 |
| 2.2.2 | LIAO; TING (2010) | 35 |
| 2.2.3 | BRUCK et al. (2012a) e BRUCK et al. (2012b) | 36 |
| 2.2.4 | COELHO et al. (2012) | 37 |
| 2.2.5 | WANG; DESSOUKY; ORDÓÑEZ (2016) | 38 |
| 2.3 | Geração das instâncias | 39 |
| 2.3.1 | Características..... | 39 |
| 2.3.2 | Formato..... | 41 |
| | | |
| 3 | Abordagem exata | 43 |
| 3.1 | Métodos exatos..... | 43 |

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.1 | <i>Branch-and-bound</i> | 43 |
| 3.1.2 | Programação Matemática | 44 |
| 3.1.3 | Programação por Restrições | 45 |
| 3.2 | Implementações..... | 45 |
| 3.2.1 | BB – Solução por <i>Branch-and-bound</i> | 45 |
| 3.2.2 | MP – Solução por <i>Mathematical Programming</i> | 49 |
| 3.2.3 | CP – Solução por <i>Constraint Programming</i> | 50 |
| 4 | Abordagem heurística | 52 |
| 4.1 | Meta-heurísticas | 52 |
| 4.1.1 | <i>Simulated Annealing</i> | 52 |
| 4.1.2 | <i>Variable Neighborhood Search</i> | 53 |
| 4.1.3 | Colônia de abelhas..... | 54 |
| 4.1.4 | Algoritmos genéticos..... | 54 |
| 4.2 | Implementações..... | 55 |
| 4.2.1 | Estruturas de vizinhança..... | 55 |
| 4.2.2 | Procedimentos auxiliares..... | 57 |
| 4.2.3 | SAop – <i>Simulated Annealing com operadores de rota</i> | 63 |
| 4.2.4 | SABL – <i>Simulated Annealing com Busca Local</i> | 64 |
| 4.2.5 | BA – <i>Bees Algorithm</i> | 65 |
| 4.2.6 | GA – <i>Genetic Algorithm</i> | 67 |
| 4.2.7 | VNS – <i>Variable Neighborhood Search</i> | 69 |
| 5 | Experimento computacional | 71 |
| 5.1 | Determinação de soluções exatas..... | 71 |
| 5.1.1 | Resultados..... | 72 |
| 5.2 | Determinação de soluções heurísticas..... | 73 |

| | | |
|----------|----------------------------------------------|-----------|
| 5.2.1 | Ajuste de parâmetros | 73 |
| 5.2.2 | Resultados..... | 74 |
| 6 | Considerações finais | 78 |
| 6.1 | Principais contribuições | 78 |
| 6.2 | Limitações | 79 |
| 6.3 | Trabalhos futuros..... | 79 |
| | Referências | 81 |
| | Apêndice A – Dados experimentais..... | 85 |

1 Introdução

A presente dissertação de mestrado aborda um novo problema de roteamento intitulado “O Problema do Caixeiro Viajante com Passageiros e Lotação”. Este capítulo apresenta uma visão geral daquilo que foi produzido, estando dividido em seis seções. Na seção 1.1, é definido o objeto de estudo desta pesquisa, seguida da descrição dos aspectos metodológicos adotados, na seção 1.2. A seção 1.3 discorre a respeito da motivação para o trabalho desenvolvido. Os objetivos que se buscou alcançar são expostos na seção 1.4, as contribuições científicas estão na seção 1.5 e a maneira geral como está organizado o texto é apresentada na seção 1.6.

1.1 Objeto de estudo

Em se tratando de um novo problema, é conveniente que o mesmo seja abordado à luz do problema para o qual fornece uma extensão: o Problema do Caixeiro Viajante (PCV). O PCV é um dos mais tradicionais e conhecidos problemas de programação matemática (MELAMED; SERGEEV; SIGAL, 1990). O objetivo do PCV é encontrar, em um grafo $G = (N, M)$ onde $N = \{1, \dots, n\}$ modela o conjunto de vértices de G ou localidades, e $M = \{1, \dots, m\}$ o conjunto de arestas de G ou ligações rodoviárias, o caminho hamiltoniano de menor custo. A importância do PCV alcança pelo menos três aspectos:

1. Extensa aplicação prática (BELLMORE; NEMHAUSER, 1968), (BURKARD, 1979), (REINELT, 1994), (GUTIN; PUNNEN, 2002) e (MATAI; SINGH; MITTAL, 2010).
2. Uma significativa relação com outros modelos (LAPORTE et al., 1996).
3. Dificuldade de solução exata (PAPADIMITRIOU; STEIGLITZ, 1982), (GUTIN et al., 2004) e (ZHANG, 1997).

Dessa forma, a relevância do modelo é indiscutível, tanto sob o aspecto prático, como teórico. Considerado intratável por (GAREY; JONHSON, 1979), é classificado em (KARP, 1975) como *NP-difícil*. Ressalte-se que a maioria das variantes do PCV admite o próprio PCV com um caso particular, o que implica em um grau de complexidade pelo menos semelhante ao PCV, quando não maior.

Aproximando-se um pouco mais do problema em questão, é conveniente lançar mão de conceitos já presentes num outro problema relacionado, a saber: o Problema do Caixeiro

Viajante com Passageiros (PCV-Pa). Nele, é abordado o seguinte cenário: um motorista deve percorrer um ciclo num conjunto de cidades passando por cada uma delas exatamente uma vez, e pode transportar passageiros (caronas) com o objetivo de diminuir de ratear custos entre os transportados. O problema aqui apresentado aproveita-se desse cenário com a consideração de *high-occupancy toll lanes*, ou *hov*, que na prática são vias cujos valores de pedágio isentam veículos com ocupação acima de um determinado limite. Em outras palavras, a parcela de custos referente ao pedágio é nula caso o veículo esteja suficientemente ocupado.

Isto posto, o Problema do Caixeiro Viajante com Passageiros e Lotação (PCV-PL) ou *Traveling Salesman with Passengers and High Occupancy Problem* (TSPHOP) inclui, no tradicional problema do caixeiro viajante, a consideração do valor econômico relativo ao aproveitamento do potencial de transporte solidário do carro do caixeiro em pelo menos duas dimensões: a decorrente da divisão de despesas entre os ocupantes e aquela que se refere às vantagens de trafegar com o carro em lotação socialmente incentivada.

As faixas especiais de trânsito *hov* estão presentes em várias partes do mundo e fazem parte de esforços governamentais para redução de tráfego. Além do incentivo financeiro citado no parágrafo anterior, é comum que as faixas sejam exclusivas e apresentem menor incidência de congestionamentos, cada vez mais presentes em grandes metrópoles. A Figura 1 ilustra um exemplo de sinalização de trânsito utilizada na Europa para as referidas faixas.



Figura 1 – Sinalização norueguesa para faixas *hov*.

O estímulo ao compartilhamento de transporte expande sobremaneira o alcance prático do PCV-PL, uma vez que contribui para um uso mais eficiente das do espaço urbano e para a diminuição de emissão de poluentes. Beneficiam-se de tais efeitos tanto a população local, com a melhoria da qualidade de vida, quanto o meio-ambiente como um todo.

1.2 Metodologia

Em linhas gerais, as etapas percorridas para composição desta investigação seguem uma linha lógica em sintonia com o nascimento de um problema, como de fato o é.

Primeiramente, analisou-se a relevância do problema e sua relação com problemas amplamente estudados na literatura, sendo, portanto, produtos dessa etapa inicial de estudo:

1. Um modelo matemático formal composto pela função objetivo e as respectivas restrições peculiares ao PCV-PL, bem como a inclusão de características herdadas do PCV clássico;
2. Uma revisão bibliográfica de trabalhos que apresentam maior semelhança ao novo problema abordado.

Em seguida, passou-se à etapa que pode ser sumarizada como a criação do arcabouço basal para validação de algoritmos de solução do problema. Como consequência desse passo, foram criados problemas artificiais seguindo diretrizes específicas adequadas a padrões já adotados em problemas de roteamento e agendamento de passageiros.

Por fim, seguiu-se a etapa de concepção, implementação e validação de algoritmos de solução. Os casos de teste gerados foram exaustivamente solucionados por algoritmos exatos para determinação das soluções ótimas, o que forneceu base a avaliação de algoritmos experimentais. Foram elaborados algoritmos inspirados em meta-heurísticas consagradas. Os respectivos parâmetros foram determinados por meio de uma ferramenta estatística, de modo a assegurar a isenção na escolha destes. Para validação, foram avaliados no tocante à proximidade das soluções ótimas e outras métricas. Em fase posterior, foram comparados entre si para determinação da existência ou não de um algoritmo vencedor para o PCV-PL, análise esta executada à luz de testes estatísticos com boa aceitação no meio científico.

1.3 Motivação

No decorrer das últimas quatro décadas, foram vários os problemas de roteamento já amplamente abordados pelos campos de Otimização Combinatória e Pesquisa Operacional, atenção em grande parte devida à suma aplicação prática dos mesmos. Apesar disso, essa classe de problemas ainda representa um desafio à ciência no aspecto da busca por soluções de boa qualidade quando há requisitos limitantes de recursos computacionais.

Adicionalmente, apesar de extensa literatura dedicada à otimização na solução deste tipo de problema, a classe ainda apresenta potencial de desenvolvimento. O PCV-PL, em sua essência, deriva do clássico PCV. Aspectos que tornam o planejamento do caixeiro mais complexo são características desse modelo. O aumento de complexidade decorre da possibilidade do caixeiro reduzir seus custos de transporte através da oferta de assentos para passageiros em seu carro. As possibilidades incorporadas no modelo proposto todavia não determinam ou eliminam a possibilidade de serem totalmente desconsideradas em uma solução válida do problema. Em consequência, o modelo colocado caracteriza-se como uma legítima generalização do PCV, onde soluções desse problema raiz são também soluções válidas do novo modelo proposto. No PCV-PL, o objetivo da decisão é descobrir uma rota associada a uma programação de carregamentos de passageiros que leve à menor despesa final para o caixeiro. A união entre o carregamento de passageiros e a rota são interdependentes. O PCV-PL trata exatamente da busca por essa união inteligente.

Desta feita, assim pode-se sumarizar os pontos que motivaram a presente pesquisa:

- Ineditismo: não há, antes dessa pesquisa, menção sobre o PCV-PL na literatura;
- Relação com o clássico: o PCV-PL estende o PCV, um dos problemas de maior importância para a Pesquisa Operacional e para a Otimização Combinatória;
- Relação com o mundo real: inclusão de aspectos práticos a um problema de roteamento, como o estímulo ao compartilhamento de meios de transporte e o incentivo financeiro a ele conferido por meio das faixas *hov*.

1.4 Objetivos

São objetivos desse trabalho os abaixo listados:

1. Apresentar o PCV-PL ao meio científico, demonstrando sua originalidade ao passo que se levantam os problemas relacionados já estudados.
2. Investigar a aplicação das meta-heurísticas SA, VNS, colônia de abelhas e algoritmo genético ao PCV-PL.
3. Propor e implementar algoritmos exatos e heurísticos para solução do PCV-PL.
4. Contribuir para estudos futuros do PCV-PL, provendo casos teste para validação de novas estratégias de solução.

5. Validar os resultados dos algoritmos heurísticos desenvolvidos por meio de ferramentas estatísticas que atestem a existência ou não de diferenças significativas entre os mesmos.

1.5 Contribuições

Uma vez que o problema-objeto do presente estudo é, por si só, um novo tema para a literatura de Pesquisa Operacional e Otimização Combinatória, é possível considerar todo o trabalho desenvolvido como uma peça com potencial concreto para o avanço científico.

Embora o PCV-PL aqui apresentado seja exclusivamente mono-objetivo e vise a minimizar o custo do caixeiro, trata-se de um problema intrinsecamente interessante por apresentar dois vieses distintos para o alcance de soluções de boa qualidade. Este fato obriga que os algoritmos desenvolvidos possuam artifícios especiais para manipulação das soluções, posto que para cada solução competem duas decisões diferentes porém interligadas: a definição da ordem das cidades e a configuração dos carregamentos. Em outras palavras, não se pode tentar minimizar o custo da rota sem considerar o embarque de passageiros e muito menos maximizar a ocupação do veículo sem levar em conta o impacto de tal escolha no aumento do custo da rota. Conclusivamente, o objetivo do modelo somente pode ser alcançado por meio do equilíbrio entre estes dois subobjetivos interdependentes.

A publicação abaixo é resultado da pesquisa apresentada nesta dissertação de mestrado:

- BASTOS, R. E. M.; GOLBARG, E. F. G.; GOLDBARG, M. C. (2016) O Problema do Caixeiro Viajante com Passageiros e Lotação. In: XLVIII SBPO 2016 Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.

1.6 Organização do trabalho

A investigação está estruturada em seis capítulos, organizados conforme a seguir.

O Capítulo 2 trata em detalhes do tema do trabalho, apresentando a definição completa do problema em si. Nele, é apresentado o modelo matemático do PCV-PL e considerações diversas a respeito da complexidade do PCV-PL, além do arcabouço matemático de limites inferiores para sua solução. Também são abordados produções científicas e problemas intimamente relacionados.

Os Capítulos 3 e 4 adentram às estratégias desenvolvidas e implementadas para solução problema, abrangendo desde aspectos teóricos que inspiraram a concepção dos algoritmos até os detalhes dos artifícios empregados para a obtenção de soluções de boa qualidade. Todas as técnicas e métodos utilizados são abordados primeiramente no tocante à teoria, sendo posteriormente analisados sob o enfoque prático.

O Capítulo 5 contempla o experimento computacional realizado para validação dos resultados. Os casos de teste solucionados pelos algoritmos exatos são utilizados como referencial do sucesso dos algoritmos heurísticos. Adicionalmente, para tais algoritmos são empregadas ferramentas estatísticas para calibração de parâmetros e também para a análise comparativa do conjunto de dados obtidos. Cabe ressaltar que tais dados estão resumidamente apresentados no corpo do texto, de modo que sua legibilidade seja preservada. As diversas tabelas contendo a completude dos dados encontra-se no Apêndice A.

Em conclusão, o Capítulo 6 tece considerações finais sobre a pesquisa desenvolvida e aborda possibilidades referentes ao horizonte de trabalhos futuros.

2 PCV-PL: o problema

2.1 Definição

Mesclando a classe dos problemas de *ridesharing* com a classe dos problemas do caixeiro viajante, o Problema do Caixeiro Viajante com Passageiros e Lotação pode ser entendido como uma variante do Caixeiro Viajante Capacitado em que o caixeiro pode reduzir seus custos através de compartilhamento de despesas de viagem com eventuais passageiros embarcados e, adicionalmente, beneficia-se de incentivos sociais pelo transporte solidário. No PCV-PL considera-se que a disposição das localidades e ligações rodoviárias associadas ao problema são representadas por um grafo ponderado $G = (N, M)$ onde $N = \{1, \dots, n\}$ modela o conjunto de localidades do problema e $M = \{1, \dots, m\}$ o conjunto de ligações rodoviárias existentes entre as localidades, cada uma associada ao seu particular custo. Considere-se ainda um grafo esparso ponderado $W = (N, M')$, onde M' representa o conjunto de ligações rodoviárias com ocorrência de custos adicionais devido aos pedágios. Tais são as arestas *hov* já descritas anteriormente, as quais provém o benefício do desconto associado ao transporte solidário. O ciclo do caixeiro é iniciado na localidade de número 1.

Os passageiros desejam, de uma forma geral, embarcar e desembarcar em localidades que pertencem ao ciclo do caixeiro. Consequentemente, os passageiros podem ocupar assentos compartilhando o transporte provido pelo veículo do caixeiro em parte de sua rota, desde que a cidade de embarque do passageiro esteja sequencialmente localizada na rota do caixeiro antes da cidade de desembarque. O caixeiro não cobra tarifa fixa pelos deslocamentos e sim rateia as despesas do deslocamento de cada trecho com os passageiros embarcados no trecho. Por outro lado, os passageiros não são sensíveis ao caminho percorrido entre a cidade de embarque e a cidade de desembarque, ou seja, ao número de cidades intermediárias entre o embarque e o desembarque. Há apenas um controle do valor máximo de suas despesas calculadas no rateio. Tal despesa total de deslocamento não deve ultrapassar t_l unidades monetárias. Cada passageiro l deseja iniciar seu caminho na cidade P_l e o terminá-lo na cidade Q_l , sendo $|P_l|$ a cardinalidade do conjunto de passageiros que possuem esta mesma demanda. Desse modo, tem-se sempre que $Q_1 \neq 1$. No caso particular do problema aqui examinado somente um passageiro está aguardando embarque em cada cidade, ou seja: $|P_l| = 1, \forall l \in N$.

Ao embarcar no carro na cidade P_l , o passageiro l passa a dividir em rateio uniforme, com os demais ocupantes do carro, passageiros e o motorista, as despesas dos trechos em que l seguir embarcado. A parte da despesa que cabe a cada ocupante, passageiros e motorista, para trafegar entre as localidades i e j , localidades vizinhas no ciclo, é obtida pela divisão do custo do deslocamento entre i e j pelo número de pessoas que ocupam o carro no trecho $i - j$.

Quando o veículo atravessar uma aresta de W , tem-se duas possibilidades para o custo global da viagem a ser pago pelo caixeiro. Caso a ocupação encontre-se abaixo do limiar de incentivo, ou seja, o carro está pouco ocupado, o custo do pedágio é adicionado ao somatório global tornando a viagem mais custosa ao caixeiro. Já se o carro possuir a lotação mínima exigida para habilitar o incentivo, não há cobrança de pedágio e o custo da rota do caixeiro permanece inalterado. O valor de rateio devido pelos passageiros não sofre alteração por influência das tarifas de pedágio; somente o caixeiro é penalizado se o mesmo opta por circular pelas arestas *hov* sem atender a lotação socialmente incentivada. Essa separação impede que o caixeiro busque rotas mais custosas para os passageiros, todavia que compensem o valor adicional que ele mesmo paga, em função do aproveitando das vantagens por circular em arestas *hov* como menores custos de manutenção para o carro, redução no custo do licenciamento anual dos veículos e outras. A modelagem proposta incentiva que o caixeiro busque realmente lotar o carro nas arestas *hov* atendendo a demanda para a qual o incentivo de lotação foi criado.

Para melhor fundamentar as considerações matemáticas que serão abordadas nas próximas seções e as explanações futuras sobre os algoritmos de solução, é conveniente lançar mão de conceitos auxiliares relativos ao PCV-PL. Seja uma instância do problema com grafo de localidades G , grafo de pedágios W e conjunto de passageiros L .

- **Solução viável ou válida:** é aquela que atende a todas as restrições do problema, mas que não necessariamente possui custo mínimo.
- **Solução parcial:** denominação utilizada quando a rota ainda não está completa, havendo apenas informações preliminares não suficientes para definir uma rota.
- **Conjunto, esquema ou vetor de carregamento:** representação de quais passageiros foram contemplados com embarque numa dada solução válida s . Pode ser expresso como um subconjunto de L ou como um vetor binário relacionado à rota r de s , sendo unitário seu i -ésimo elemento se houve embarque na i -ésima cidade de r ou nulo em caso contrário.

- **Trecho de deslocamento:** dada uma rota r , o trecho de deslocamento de um passageiro l é o conjunto de arestas compreendidas entre as cidades de embarque P_l e desembarque Q_l . A notação simplificada para o somatório dos pesos das arestas do trecho é $\sum e_{\overrightarrow{P_l Q_l}}$.
- **Passageiro compatível:** um passageiro l é dito compatível com uma rota r se a cidade Q_l é visitada após a cidade P_l .
- **Passageiro viável:** um passageiro l é dito viável com relação a uma rota r , se ambas as condições a seguir são satisfeitas.
 1. O passageiro l é compatível.
 2. Supondo que todos os assentos estejam ocupados durante seu trecho de deslocamento, o valor resultante de rateio seja menor ou igual à tarifa máxima associada, ou seja, $\frac{\sum e_{\overrightarrow{P_l Q_l}}}{C+1} \leq t_{max}$.
- **Ocupação de aresta:** trata-se da ocupação do veículo ao percorrer uma dada aresta, ou seja: os denominadores v de eventuais rateios do custo de uma aresta qualquer incluindo o caixeiro. Logo, $1 \leq v \leq C + 1$.
- **Ocupação plena:** dada uma rota r composta pelas arestas e_1, e_2, \dots, e_n e um conjunto L^* de passageiros artificiais tal que os primeiros C passageiros sejam viáveis e tenham $Q_l = 1$, é dita ocupação plena o esquema que resulta do embarque destes. Denotando por v_i^* a ocupação do carro na aresta e_i :

$$v_i^* = \begin{cases} i + 1, & i < C \\ C + 1, & i \geq C \end{cases}$$

2.1.1 Modelo matemático

A solução do PCV-PL consiste na determinação de um ciclo Hamiltoniano no grafo G e da lista de pessoas, passageiros, que terão suas solicitações de transporte atendidas. As restrições devem garantir que as condições de embarque e desembarque, os limites de orçamento dos passageiros e a capacidade do veículo sejam todas atendidas. As arestas do tipo *hov* possuem vigência de pedágio, e os custos associados podem ser cobrados do caixeiro em função da ocupação do veículo. A formulação deve controlar a isenção do pedágio sempre que

uma aresta *hov* for percorrida com ocupação máxima. O grafo esparso W contém as arestas com tal comportamento.

O objetivo é minimizar a expressão (1), onde d_{ij} denota o custo da aresta (i, j) ; x_{ij} é uma variável binária igual a 1 se a aresta (i, j) pertence ao ciclo Hamiltoniano definido para o caixeiro e 0 caso contrário; φ_{ij} é uma variável binária que possui valor nulo sempre que o veículo circula em (i, j) com lotação máxima e valor unitário caso contrário; w_{ij} é o custo do pedágio associado à aresta (i, j) , sendo não nulo somente quando tal aresta é do tipo *hov*. L denota o conjunto de pessoas demandando transporte e v_{ij}^l é uma variável binária que possui valor unitário se o passageiro l foi transportado na aresta (i, j) e valor nulo em caso contrário.

O modelo foi concebido e exaustivamente testado para a versão do PCV-PL formatada conforme diretrizes específicas abaixo expostas.

- Há um passageiro único disponível para embarque em cada cidade.
- Os passageiros não são sensíveis ao tempo de trajeto, ao número de localidades visitadas entre a sua cidade de embarque e de desembarque e às condições de lotação do veículo.
- É conhecida a tarifa máxima t_l que o passageiro l aceita pagar pelo deslocamento que deseja realizar. Considera-se também que tal passageiro não é sensível ao custo por ele devido, contanto que tal limite seja respeitado.

Na medida em que as hipóteses anteriores podem ser alteradas por interesses práticos, são possíveis outras variantes para o problema.

O PCV-PL pode ser matematicamente formulado conforme apresentado a seguir.

$$\text{Minimizar} \sum_{i,j \in N} \frac{d_{ij}x_{ij}}{\sum_{l \in L} v_{ij}^l + 1} + \varphi_{ij}w_{ij}x_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad (3)$$

$$u_i - u_j + (n - 1)x_{ij} \leq n - 2 \quad i \neq j, \forall i, j \in N \setminus \{1\} \quad (4)$$

$$\sum_{l=1}^n v_{ij}^l - Cx_{ij} \leq 0 \quad i \neq j, \forall i, j \in N \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{v_{ij}^l d_{ij}}{\sum_{l=1}^n v_{ij}^l + 1} - t_l \leq 0 \quad i \neq j, \forall l \in N \quad (6)$$

$$(1 - \varphi_{ij}) - \frac{\sum_{l=1}^n v_{ij}^l + 1}{C + 1} \leq 0 \quad i \neq j, \forall i, j \in N \quad (7)$$

$$\frac{\sum_{l=1}^n v_{ij}^l + 1}{C + 1} - (1 - \varphi_{ij}) \leq \frac{C + 1}{C + 2} \quad i \neq j, \forall i, j \in N \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^n v_{ij}^l - \sum_{j=1}^n v_{ji}^l = 0 \quad i \neq j, i \neq l, i \neq Q_l, \forall i, l \in N \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^n v_{il}^l + \sum_{j=1}^n v_{Q_l i}^l = 0 \quad i \neq l, i \neq Q_l, \forall i, l \in N \quad (10)$$

$$\sum_{i=2}^n v_{1i}^l = 0 \quad \forall l \in N \setminus \{1\} \quad (11)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N \quad (12)$$

$$u_i \in N \setminus \{n\} \quad \forall i \in N \setminus \{1\} \quad (13)$$

$$v_{ij}^l \in \{0, 1\} \quad \forall i, j, l \in N \quad (14)$$

$$\varphi_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N \quad (15)$$

A função objetivo expressa na equação (1) realiza o rateio de despesas do caixeiro considerando o número real de ocupantes do carro em cada aresta do ciclo. Observe-se que o caixeiro obrigatoriamente participa do rateio como se um passageiro fosse, o que não permite ao caixeiro uma atividade lucrativa com a cessão de assentos. As restrições (2) e (3) garantem

que todas as cidades são visitadas uma única vez. A restrição (4) evita a formação de subciclos. As restrições de (2) até (4) correspondem à formulação MTZ para o PCV (MILLER; TUCKER; ZEMLIN, 1960). A restrição (5) obriga que no máximo C passageiros estejam embarcados em qualquer das arestas da rota. A restrição (6) impede que algum passageiro pague mais que sua respectiva tarifa máxima t_l . Já as restrições (7) e (8) modelam a isenção de pedágio, obrigando que a tarifa de pedágio w_{ij} seja cobrada ao caixeiro sempre que existam assentos desocupados no veículo. Matematicamente, a variável de decisão φ_{ij} pode ser expressa por $\varphi_{ij} = 1 - \left\lfloor \frac{\sum_{l=1}^n v_{ij}^l + 1}{C+1} \right\rfloor$. A restrição (9) obriga que todos os passageiros embarcados sejam desembarcados, enquanto que a restrição (10) garante que um passageiro embarcado na cidade l somente é desembarcado em sua cidade destino Q_l . A restrição (11) garante que se um passageiro embarcado chega até a cidade 1, início do ciclo, ele não prossegue com a viagem. As restrições (12) a (15) definem os domínios para as variáveis de decisão introduzidas pela formulação.

2.1.2 Complexidade

Como uma generalização do PCV, a solução do PCV-PL é pelo menos tão difícil quanto a solução do Caixeiro Viajante, um conhecido problema NP-árduo. Todavia, o número de possíveis decisões no PCV-PL é maior do que no PCV, uma vez que o custo do ciclo não pode ser obtido *a priori* através da soma do custo das arestas por depender do carregamento do carro. Por sua vez, o carregamento depende da sequência de visitas, da decisão de embarque e da capacidade do carro. O esquema de embarques e desembarques ótimo calculado sobre a rota ótima do caixeiro viajante clássico claramente não é solução ótima garantida para o PCV-PL, uma vez que o carregamento ótimo do carro dependerá também do destino desejado pelos passageiros. Há que se determinar uma rota de baixo custo e que permita um carregamento excelente do carro. A dificuldade da solução desse problema é sugerida na própria modelagem, pois se evidencia a necessidade de alcançar a solução de um problema de programação inteira com função objetivo não linear e restrições não lineares.

Uma vez estabelecidas as nuances da relação entre PCV e PCV-PL e levando em conta o fato já exposto de que o PCV é NP-árduo, é razoável desconfiar que PCV-PL também o é. A demonstração da validade de tal afirmação pode ser verificada por meio da redução polinomial do PCV ao PCV-PL. Informalmente, diz-se que um problema X **reduz-se** a um problema Y se qualquer instância de X pode ser “reescrita” como uma instância de Y . Formalmente, o

problema X é **polinomialmente redutível** a Y se instâncias arbitrárias de X podem ser resolvidas por:

- Um número polinomial de passos computacionais padrão, e
- Um número polinomial de chamadas a um **oráculo** que resolve uma instância qualquer de Y num passo computacional único.

Teorema 1. *PCV-PL é NP-árduo.*

Demonstração:

Redução polinomial do PCV ao PCV-PL. Dada uma instância do PCV cujo grafo é G , seja e_{min} o peso da aresta de menor custo do G . Tome-se um conjunto de passageiros L com um passageiro em cada vértice e tarifa máxima $t_{max} < \frac{e_{min}}{c+1}$. Para qualquer passageiro que seja embarcado, a tarifa mínima t_{min} que a ele caberá será dada pelo quociente entre o custo de um trecho arbitrário de arestas $tr > e_{min}$ supondo ocupação máxima, ou seja, $t_{min} = \frac{tr}{c+1}$. Tem-se então que $t_{min} = \frac{tr}{c+1} > \frac{e_{min}}{c+1} > t_{max}$. Tal condição torna impossível o embarque de qualquer passageiro e obriga que cada aresta seja intelgramente computada para cálculo do custo total, sem qualquer rateio. Invocando o oráculo para que solucione o PCV-PL com grafo de localidades G , tarifas nulas de pedágio e conjunto de passageiros L , é determinada uma sequência de vértices r que: (i) representa um ciclo hamiltoniano e (ii) possui custo mínimo. Logo, r é solução do PCV e assim está demonstrado que o PCV é polinomialmente redutível ao PCV-PL. Como o PCV é NP-árduo, então o PCV-PL é NP-árduo.

2.1.3 Limites inferiores

A descoberta de limites inferiores é ponto crucial no estudo de qualquer problema de otimização com alta complexidade computacional, requerendo certo grau de criatividade e perspicácia no estabelecimento dos métodos. Tais limites permitem que buscas no espaço de soluções sejam mais eficientemente realizadas, mapeando subconjuntos de soluções que não possuem potencial de melhoria de qualidade em cenários específicos.

Para o PCV-PL, foram formulados quatro limites com vistas à aplicação na determinação de soluções exatas. Eles diferenciam-se entre si pela aplicabilidade, sendo aplicáveis tanto quando não se tem nenhuma informação sobre soluções quanto a casos em que

já se possui uma rota pré-definida, e pelo custo computacional. É desejável que um limite possua um método de cômputo razoavelmente barato, ou que pelo menos o seu emprego seja computacionalmente mais vantajoso que a execução puramente enumerativa da geração e verificação de validade de todas as soluções.

2.1.3.1 Limite inferior \underline{Z}_{pcv} para PCV genérico

Como toda solução do PCV-PL inclui um ciclo hamiltoniano e o PCV trata-se de encontrar aquele com peso mínimo, um limite inferior para o PCV apresenta estreita relação com o valor mínimo que pode assumir uma solução para o PCV-PL.

O limite a seguir foi escolhido pelo baixo custo computacional, tendo sido apresentado em (WIENER, 2003) para emprego num algoritmo *branch-and-bound* que soluciona o PCV sob grafos simétricos. De forma geral, é calculado pela metade do somatório das duas arestas menos custosas incidentes a cada um dos vértices. O autor também mostra como adaptá-lo ao caso de rotas parcialmente definidas por conjuntos não vazios de inclusão e exclusão de arestas.

Neste trabalho, o referido limite, denotado por \underline{Z}_{pcv} , foi estendido para ser aplicado também a grafos assimétricos. A demonstração de validade a seguir busca formalizar o emprego do limite.

Teorema 2. *Toda solução válida r do PCV possui valor maior ou igual a \underline{Z}_{pcv} .*

Demonstração:

Seja G o grafo associado e r a rota que representa a solução do PCV em G . Denotando por $e_{i,j}$ a aresta que liga o i -ésimo ao j -ésimo vértice e CH_{min} o custo associado a r :

$$CH_{min} = e_{1,2} + e_{2,3} + \dots + e_{n-1,n} + e_{n,1}$$

Devem ser considerados dois casos: (i) PCV simétrico e (ii) PCV assimétrico.

Caso (i). Sejam a_i e a'_i arestas contendo o i -ésimo vértice como extremidade, sendo a_i aquela com menor peso e a'_i a aresta com o segundo menor peso. A definição do limite \underline{Z}_{pcv} para grafos simétricos será dada por:

$$\underline{Z}_{pcv} = \sum_{i=1}^n \frac{a_i + a'_i}{2}$$

Tomando cada vértice i isoladamente, o custo mínimo para que este seja visitado envolve duas arestas distintas com extremidade em i . Assim,

$$e_{1,2} + e_{2,3} \geq a_2 + a'_2$$

$$e_{2,3} + e_{3,4} \geq a_3 + a'_3$$

...

$$e_{n-1,n} + e_{n,1} \geq a_n + a'_n$$

$$e_{n,1} + e_{1,2} \geq a_1 + a'_1$$

Daí,

$$2 CH_{min} \geq \sum_{i=1}^n (a_i + a'_i) \geq 2 \underline{Z_{pcv}}$$

Logo,

$$s \geq CH_{min} \geq \underline{Z_{pcv}}$$

Caso (ii). Sejam a_i a aresta de menor peso que diverge do i -ésimo vértice e b_i a aresta de menor peso que converge a i . A definição do limite $\underline{Z_{pcv}}$ para grafos assimétricos será:

$$\underline{Z_{pcv}} = \sum_{i=1}^n \frac{a_i + b_i}{2}$$

Para cada vértice em particular, tem-se:

$$e_{1,2} \geq a_1 \quad e_{1,2} \geq b_2$$

$$e_{2,3} \geq a_2 \quad e_{2,3} \geq b_3$$

...

$$e_{n-1,n} \geq a_{n-1} \quad e_{n-1,n} \geq b_n$$

$$e_{n,1} \geq a_n \quad e_{n,1} \geq b_1$$

Portanto,

$$2 CH_{min} \geq \sum_{i=1}^n a_i + \sum_{i=1}^n b_i \geq 2 \underline{Z_{pcv}}$$

Dessa forma,

$$s \geq CH_{min} \geq \underline{Z_{pcv}}$$

2.1.3.2 Limite inferior $\underline{Z_1}$ para PCV-PL genérico

Estabelecido o limite $\underline{Z_{pcv}}$, é conveniente empregá-lo para o cálculo do limite inferior para o PCV-PL. Será utilizado o fato de que o denominador máximo de rateio é $C + 1$, onde C é a quantidade de assentos do veículo.

Teorema 3. *Toda solução válida s do PCV-PL possui valor maior ou igual a $\underline{Z_1}$.*

Demonstração:

A definição do limite $\underline{Z_1}$ será dada por:

$$\underline{Z_1} = \left(\frac{1}{C + 1} \right) \underline{Z_{pcv}}$$

De acordo com a formulação matemática, s é expressa por:

$$s = \sum_{i,j \in N} \frac{d_{ij}x_{ij}}{\sum_{l \in L} v_{ij}^l + 1} + \varphi_{ij}w_{ij}x_{ij} \geq \sum_{i,j \in N} \frac{d_{ij}x_{ij}}{\sum_{l \in L} v_{ij}^l + 1}$$

Conforme posto anteriormente, o valor máximo do denominador para cada parcela do rateio é $C + 1$. Em outras palavras,

$$s \geq \sum_{i,j \in N} \frac{d_{ij}x_{ij}}{\sum_{l \in L} v_{ij}^l + 1} \geq \sum_{i,j \in N} \frac{d_{ij}x_{ij}}{C + 1} = \left(\frac{1}{C + 1} \right) \sum_{i,j \in N} d_{ij}x_{ij}$$

Reconhecendo $\sum_{i,j \in N} d_{ij}x_{ij}$ como a formulação matemática para a função objetivo do PCV, é possível fazer uso de $\underline{Z_{pcv}}$:

$$s \geq \left(\frac{1}{C + 1} \right) \sum_{i,j \in N} d_{ij}x_{ij} \geq \left(\frac{1}{C + 1} \right) CH_{min} \geq \left(\frac{1}{C + 1} \right) \underline{Z_{pcv}}$$

E assim,

$$s \geq \underline{Z_1}$$

2.1.3.3 Limite inferior \underline{Z}_2 para PCV-PL com rota pré-definida e ocupação plena

Os limites apresentados até este ponto podem ser aplicados a soluções parciais, ainda sem rota completamente definida. Uma vez que a rota esteja definida, porém, é possível estimar de maneira mais fiel um piso para o valor das soluções.

O limite \underline{Z}_2 surge com o cômputo do valor artificial de solução quando aplicada a ocupação plena à rota desconsiderando a ocorrência de pedágios.

Teorema 4. *Toda solução válida s do PCV-PL com rota r possui valor maior ou igual a \underline{Z}_2 .*

Demonstração:

Sem perda de generalidade, com relação à i -ésima aresta da rota r , denote-se por e_i custo associado, v_i a ocupação do veículo e h_i o custo do pedágio cobrado ao caixeiro ao percorrê-la. A solução s então pode ser expressa conforme se segue:

$$s = \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{v_i} + h_i \right)$$

A definição do limite \underline{Z}_2 será dada por:

$$\underline{Z}_2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{v_i^*} \right)$$

Recapitulando a ideia da ocupação plena, o veículo inicia o percurso somente com o caixeiro e pode, no melhor caso, embarcar um novo passageiro em cada vértice até que esgotem-se os assentos disponíveis. Isto posto, é possível afirmar que:

$$v_i^* \geq v_i \therefore e_i/v_i \geq e_i/v_i^*$$

E assim,

$$s = \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{v_i} + h_i \right) \geq \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{v_i} \right) \geq \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{v_i^*} \right) \therefore s \geq \underline{Z}_2$$

2.1.3.4 Limite inferior \underline{Z}_3 para PCV-PL com rota pré-definida e ocupação arbitrária

Em termos de aplicabilidade, o limite a ser apresentado a seguir serve ao mesmo propósito do limite \underline{Z}_2 uma vez que requer uma rota r pré-definida. A diferença reside, no entanto, no custo computacional requerido para calculá-los. Enquanto aquele é obtido tomando o conjunto artificial L^* , o limite \underline{Z}_3 é computado considerando de forma específica o conjunto L de passageiros.

A estratégia adotada é relaxar a restrição de capacidade do veículo, permitindo que todos os passageiros viáveis sejam embarcados e desembarcados em suas respectivas cidades. Posteriormente, repara-se o cálculo do valor da solução limitando o denominador de cada parcela do rateio a $C + 1$. Para demonstrar a validade desse limite, é preciso antes abordar a comparação entre os custos de soluções quando há relação de inclusão entre os conjuntos de carregamento associados.

Teorema 5. *Toda solução válida s do PCV-PL com rota r possui valor maior ou igual a \underline{Z}_3 .*

Demonstração:

Prova por absurdo. Seja $L^V \subseteq L$ o conjunto de passageiros viáveis com relação a r . Suponha-se que existe uma solução válida $s' < \underline{Z}_3$. Adotando a mesma notação do Teorema 4, s' pode ser expressa da seguinte forma:

$$s' = \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{v'_i} + h'_i \right)$$

Construa-se uma solução artificial s'' não necessariamente válida que contemple o embarque de todos os passageiros viáveis, relaxando a restrição de capacidade caso necessário:

$$s'' = \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{v''_i} + h''_i \right)$$

Onde v''_i pode, hipoteticamente, ultrapassar o limite $C + 1$. Note-se que h''_i permanece com seu comportamento inalterado, podendo ser não nulo somente quando $v''_i < C + 1$. O limite \underline{Z}_3 surge a partir da transformação de v''_i para v^T_i conforme abaixo:

$$v^T_i = \begin{cases} v''_i, & v''_i \leq C + 1 \\ C + 1, & v''_i > C + 1 \end{cases}$$

Observe-se que a transformação acima também não influencia h_i'' em nenhuma hipótese e que $v_i^T \leq v_i'$. Assim,

$$\underline{Z}_3 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{v_i^T} + h_i'' \right) \geq s''$$

Denote-se por $L' \subseteq L$ o conjunto de passageiros que são embarcados em s' . Sendo s' uma solução válida, todas as restrições são respeitadas e, em particular, todos os passageiros embarcados são viáveis. Dessa forma, $L^V \supseteq L'$.

Se $L' = L^V$, todos os passageiros viáveis embarcaram em s' e então $v_i' = v_i'' = v_i''$, donde se conclui que os mesmos pedágios são ativados ou desativados: $h_i' = h_i''$. Logo, se $L' = L^V$ então $s' = s'' = \underline{Z}_3$, absurdo.

Se $L^V \supset L'$, então existe pelo menos um passageiro viável que não foi embarcado em s' . Isso significa que, para pelo menos uma aresta e_k tal que $1 \leq k \leq n$:

$$v_k^T \geq v_k'$$

A igualdade ainda permanece plausível porque o embarque de um passageiro viável não necessariamente influencia o valor de \underline{Z}_3 (vide regra de transformação de v_i'' para v_i^T).

Observe-se ainda a impossibilidade de ocorrer $v_j^T < v_j'$ para alguma aresta e_j tal que $1 \leq j \leq n$, uma vez que todos os passageiros de s' também embarcam em s'' e são, portanto, considerados no cálculo de \underline{Z}_3 . Logo, é possível afirmar:

$$v_i^T \geq v_i' \quad \therefore \quad \frac{e_i}{v_i'} \geq \frac{e_i}{v_i^T} \quad \therefore \quad \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{v_i'} \geq \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{v_i^T}$$

Relativamente às parcelas de pedágio, apenas há alteração se ocorre $v_k' < v_k^T = C + 1$ para alguma aresta e_k tal que $1 \leq k \leq n$. Em tal caso, teria-se $h_k'' = 0 < h_k'$. Se tal condição não ocorre, então $h_i' = h_i''$. De forma geral:

$$\sum_{i=1}^n h_i' \geq \sum_{i=1}^n h_i''$$

E daí:

$$s' = \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{v_i'} + h_i' \right) \geq \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{v_i^T} + \sum_{i=1}^n h_i'' \geq \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{v_i^T} + h_i'' \right) = \underline{Z}_3$$

Logo, tem-se que $s' \geq \underline{Z}_3$, absurdo.

Dessa forma, não existe solução válida $s' < \underline{Z}_3$ e assim fica demonstrado que, para toda solução válida s :

$$s \geq \underline{Z}_3$$

2.2 Trabalhos relacionados

Nesta seção serão explorados aspectos relevantes de trabalhos relacionados ao problema objeto do presente estudo. Devido à especificidade do problema, nenhum dos trabalhos abordados trata exatamente do mesmo cenário. Trata-se um novo tema e agrega ao clássico PCV as consequências provenientes do emprego de incentivos financeiros ao tráfego de veículos com lotação acima de um determinado limite.

Embora inédito, o PCV-PL está correlacionado com outros problemas clássicos de roteamento. O primeiro modelo que compartilha elementos com o PCV-PL é o caixeiro viajante. O PCV-PL é uma variante do PCV, e, se feita a opção por não realizar qualquer embarque, o conjunto de soluções obtido é simultaneamente válido para ambos os problemas. Em outras palavras, é possível afirmar que o PCV é um caso particular do PCV-PL. Ao permitir o compartilhamento de assentos, o problema PCV-PL também pode ser incluído genericamente na classe dos problemas de *ridesharing*. Essa classe é definida sob diferentes pontos de vista na literatura (AMEY; ATTANUCCI; MISHALANI, 2011). De uma forma geral, corresponde ao problema de reunir duas ou mais pessoas para partilhar uma única viagem em um veículo, sem levar em conta um acordo prévio ou um histórico de cooperação (DAILEY et al., 1999). Uma visão estruturada do problema pode ser obtida em (MASABUMI et al., 2013). São também relacionados os temas *carpooling* e problemas de *pickup and delivery*.

2.2.1 GRIBKOVSKAIA; LAPORTE; SHYSHOU (2008)

O trabalho em questão aborda o problema *Single Vehicle Routing Problem With Deliveries And Selective Pickups* (SVRPDSP), que se diferencia em sua classe por não apresentar a necessidade de satisfazer todas as coletas solicitadas, ao passo que todas as entregas são obrigatórias. Os autores propõem um modelo de minimização que inclui em sua função

objetivo duas parcelas: somatório de custos diminuído do somatório de ganhos promovidos pelas coletas.

Do ponto de vista matemático, é interessante ressaltar a ocorrência no presente artigo de provas matemáticas da aplicação de algumas das restrições apresentadas, o que configura uma importante contribuição para o estudo do problema em questão.

No quesito solução, os algoritmos desenvolvidos resolveram de forma ótima instâncias com no máximo 22 vértices presentes no grafo de localidades de coletas e entregas. Os algoritmos desenvolvidos incluem heurísticas para construção de circuitos hamiltonianos, e aplicam os conceitos de vizinho mais próximo e inserção menos custosa. São apresentadas também heurísticas de melhoria, que consistem na variação da ordem em que as cidades são visitadas num mesmo circuito. Os autores classificaram como heurísticas clássicas os algoritmos supracitados.

Por fim, é apresentado um pseudocódigo baseado na meta-heurística Busca Tabu. Como limite inferior para o roteamento foi utilizado o *solver* Concorde, que resolve de forma ótima o problema do caixeiro viajante. Para determinar o limite superior do somatório dos ganhos das coletas foi adotada a solução ótima de um problema da mochila derivado da formulação matemática apresentada. De posse desses limites, a diferença entre os mesmos foi adotada como o limite inferior da função objetivo.

Como conclusão, para as instâncias utilizadas os resultados apresentados atestam ser vantajoso repetir visitas a um mesmo cliente, confirmando não haver a necessidade de forçar que a solução seja um circuito hamiltoniano.

2.2.2 LIAO; TING (2010)

Este artigo apresenta uma abordagem evolucionária para uma variante do PDP caracterizada como seletiva, uma vez que visa suprir todas as demandas dos pontos de entrega visitando um subconjunto não vazio dos pontos de coleta. Em outras palavras, busca-se priorizar coletas de maior carga em prol da diminuição dos custos das rotas sem deixar de atender a todos os pontos de entrega.

Com o relaxamento da restrição da visita a todos os pontos de coleta, os autores conseguiram condensar significativamente o modelo matemático apresentado, que visa somente diminuir os custos das rotas.

Foi proposto um algoritmo genético na sua mais clássica concepção, sendo baseado em operações de permutação. O operador *fitness* é a própria função objetivo, enquanto que o operador seleção escolhido foi o sorteio binário, no qual são sorteados um par de indivíduos quaisquer e um deles é escolhido com probabilidade baseada em seu *fitness*. O operador *crossover* recombina partes dos pais em seus filhos, enquanto que o operador mutação seleciona aleatoriamente um segmento do indivíduo e efetua sua reversão, aceitando-o somente se o *fitness* for aumentado. A estratégia de reparo é planejada para resolver dois tipos de situações encontradas no decorrer do processo: a primeira ocorre quando as coletas efetuadas não são suficientes para atender a demanda dos pontos de entrega, e a segunda quando a primeira não ocorre, mas a ordem de visita dos pontos causa o não atendimento da demanda de algum ponto de entrega. Os algoritmos implementados para reparo fazem uso do conceito de árvore geradora mínima e de um método constante na literatura chamado de ajuste do sucessor.

É interessante citar que a simples adição da restrição de que as cargas nos veículos devem ser não negativas durante as rotas foi imprescindível para o sucesso do método desenvolvido no trabalho. No entanto, uma restrição muito de todas as instâncias reais do problema foi deixada de lado: as capacidades máximas dos veículos, o que, se considerado fosse, incrementaria significativamente a relevância do algoritmo desenvolvido.

2.2.3 BRUCK et al. (2012a) e BRUCK et al. (2012b)

Possuindo como objeto de estudo o mesmo problema da seção anterior, o artigo em questão expande as estratégias de solução por meio da aplicação de diversas meta-heurísticas, que se apresentaram promissoras conforme a análise experimental executada pelos autores. Nesse caso, no entanto, é levada em consideração as capacidades máximas dos veículos.

Como heurísticas construtivas são apresentados quatro algoritmos: uma baseada no PCV, outra no problema da mochila, uma terceira baseada no vizinho mais próximo e a última baseada na inserção menos custosa. Para reparar possíveis soluções inválidas obtidas após etapas de permutações diversas de buscas no espaço de solução, foi apresentado um algoritmo de duas fases, que primeiramente insere pontos de entrega não contemplados em posições que minimizem os custos das rotas da solução em questão e após isso remove pontos de coleta que estejam sobrecarregando os veículos. É apresentada também uma heurística de melhoria das soluções que basicamente agrega de forma consecutiva requisições de coleta e entrega que tenham de ser feitas no mesmo ponto.

São desenvolvidos três algoritmos meta-heurísticos: um evolucionário, um baseado no método VNS e um do tipo ILS. A abordagem evolucionária exposta tem como diferencial o emprego de um novo critério de qualidade das soluções baseado na frequência com que padrões se repetem na população e na média dos custos das soluções nas quais o padrão ocorreu. O VNS apresentado utiliza cinco estruturas de vizinhança para promover perturbações: *2-opt*, que consiste na remoção de dois arcos não adjacentes e na reconexão dos vértices desconectados de maneira distinta da original, *swap*, que troca dois pontos de lugar na rota, e *k-or-opt*, que remove uma, duas ou três requisições consecutivas e as realoca conforme um critério de custo-benefício. Uma dessas vizinhanças é então selecionada aleatoriamente e retorna o ótimo local após exploração completa, configurando o procedimento de busca local. Por fim, o algoritmo ILS proposto se aproveita das definições do VNS descrito e a cada iteração a melhor solução encontrada é perturbada uma dada quantidade de vezes, sendo a busca local feita afim de melhorar a solução obtida. Para fugir de ótimos locais, a cada cinco iterações sem melhoria é somada uma unidade à quantidade de vezes que a perturbação é executada.

Os resultados apresentados foram bastante significativos, tendo obtido melhores soluções que os trabalhos então publicados em várias das instâncias-objeto. Para três delas, os autores conseguiram achar soluções até então não conhecidas.

Também abordando o SVRPDSP, em (BRUCK et al., 2012b) é apresentada uma proposta de meta-heurística híbrida com o arcabouço de algoritmo evolucionário sendo melhorado por meio de um VNS durante o processo, inserindo novas soluções de modo sistemático para evitar a convergência prematura para mínimos locais. Adicionalmente, é apresentada uma análise de parâmetros para o algoritmo e uma análise experimental fazendo uso das mesmas instâncias do primeiro artigo.

2.2.4 COELHO et al. (2012)

Ainda possuindo como tema o SVRPDSP, o estudo em questão propõe uma heurística híbrida baseada no *General VNS* (GVNS). Em linhas gerais, o algoritmo proposto combina movimentos aleatórios e procedimentos de busca local baseadas em mudanças sistemáticas de vizinhanças pré-definidas. Embora promissor em seus resultados, os autores afirmam que o sucesso do mesmo está intimamente ligado à qualidade das soluções iniciais.

Para geração de soluções iniciais foi desenvolvido um método híbrido com programação matemática, sendo a ideia achar soluções ótimas para o PDP relacionado e executar um *merge* entre pares de soluções visando encontrar soluções para o problema completo.

A estratégia base do GVNS é escapar de ótimos locais por meio da alteração sistemática da estrutura de vizinhança considerada na perturbação, que preferencialmente deve levar a um vizinho o mais longe possível da solução original. Caso a nova solução possua uma função objetivo melhor, o algoritmo aceita a alteração e passa a trabalhar com a mesma. As estruturas de vizinhança adotadas foram: *2-opt*, que consiste na remoção de dois arcos não adjacentes e na reconexão dos vértices desconectados de maneira distinta da original, *swap*, que troca dois pontos de lugar na rota, e *k-or-opt*, que remove uma ou duas requisições consecutivas e as realoca conforme um critério de custo-benefício. Uma dessas vizinhanças é então selecionada aleatoriamente e retorna o ótimo local após exploração completa, configurando o procedimento de busca local.

O algoritmo apresentado teve resultados com baixa variabilidade e se mostrou mais eficiente que outros trabalhos na literatura considerando as métricas *cgap* e *rgap*.

2.2.5 WANG; DESSOUKY; ORDÓÑEZ (2016)

Dentre os abordados nesta revisão, este é o trabalho que mais se aproxima do efeito do incentivo financeiro dos *high-occupancy toll lanes*. Nele é apresentado um PDP com janelas de tempo e *ridesharing*, explorando o efeito da redução dos custos das rotas nos casos em que há descontos em pedágios condicionados a um grau de ocupação mínimo do veículo. Em outras palavras, o objetivo dos autores foi determinar se, e até que ponto, é vantajoso aumentar o comprimento das rotas em troca do embarque de passageiros visando obter estes descontos nas vias com cobrança de pedágio.

A principal diferença entre o PCV-PL e o problema em questão é a classe de problemas que caracteriza o cenário genérico dos estudos: enquanto aquele insere no PCV os efeitos de *ridesharing* e lotação, este aborda tais efeitos no contexto do PDP com janelas de tempo. É apresentado um modelo de programação inteira 0-1 que objetiva minimizar de forma ponderada as seguintes parcelas: o tempo total de viagem dos passageiros, a distância total percorrida pelo veículo, a tarifa total de pedágios e os custos com terceirização de coletas caso alguma requisição não seja atendida pelo planejamento encontrado.

Como heurísticas utilizadas para solução de instâncias menores, foram apresentadas as seguintes: heurística de inserção, que basicamente insere as requisições nas rotas dos veículos de modo que seja mínimo o valor da função objetivo considerando tal passo; e a heurística do ajuste de tempo da coleta, que é colocada como uma forma de melhoria da qualidade do serviço obtida por meio da inserção das requisições baseado na largura da respectiva janela de tempo, sendo inserida primeiramente aquela que possui janela de tempo mais estreita.

As heurísticas citadas são aplicadas para construção das rotas iniciais e após esse passo a meta-heurística de Busca Tabu é aplicada. A vizinhança utilizada é obtida por meio dos operadores *PD-Shift*, que troca aleatoriamente um par de requisições de coleta e entrega entre duas rotas quaisquer, e *PD-Exchange*, que escolhe aleatoriamente duas rotas e um par de requisições de coleta e entrega em cada uma delas, fazendo com que cada par faça parte da rota do outro. Após um certo número de iterações sem melhoria, a rota é reinicializada para escapar de ótimos locais.

A conclusão apresentada pelos autores é que as heurísticas desenvolvidas se assemelham em tempo à resolução por meio de programação inteira, para os casos em que as instâncias possuem tamanhos pequenos. Os resultados experimentais também mostraram ser vantajoso aumentar o tamanho das rotas em troca de buscar passageiros visando os descontos nos pedágios nas vias com faixas *hov*.

2.3 Geração das instâncias

Conforme citado anteriormente, fez-se necessária a criação de instâncias artificiais que pudessem suportar as etapas seguintes da pesquisa, em especial a concepção e implementação de estratégias de solução, bem como a comparação entre as mesmas.

2.3.1 Características

Foi elaborado um conjunto de casos testes compostos por grafos simétricos e assimétricos com custos das arestas variando aleatoriamente entre 50 e 500. Em cada vértice existe um passageiro disponível para embarque cujo destino é sorteado aleatoriamente com distribuição uniforme. A tarifa limite t_l para os passageiros é calculada em função de um percentual entre 25% e 50% da árvore geradora mínima do grafo.

A designação das arestas *hov*, aquelas com pedágio associado, foi realizada em sorteio aleatório equiprovável sobre as arestas da instância, com base em um percentual previamente fixado S aplicado sobre a quantidade total de arestas. Para modelagem das tarifas dos pedágios, a metodologia foi calcular valores que representam entre 25% e 200% do valor original da aresta de modo que a soma entre o peso da aresta e o do pedágio associado não ultrapasse 750. O pedágio é sempre cobrado se, ao percorrer uma aresta *hov*, o veículo encontra-se pleno em sua capacidade C (sem contar com o caixeiro).

No total, foram criadas 12 (doze) classes de instâncias, sendo metade delas composta por instâncias simétricas e a outra metade por assimétricas. Em cada classe existem 10 (dez) problemas de cada um dos tamanhos $N \in \{10, 20, 30, 40, 50\}$, compondo um total de 600 (seiscentos) problemas artificiais. Cada classe é caracterizada por um par de valores para S e C conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Classes de instâncias.

| Classe | $S(\%)$ | C | Tipo | Qtde. Instâncias |
|--------|---------|-----|-------------|------------------|
| 01 | 10 | 3 | Simétrica | 50 |
| 02 | 20 | 3 | Simétrica | 50 |
| 03 | 25 | 3 | Simétrica | 50 |
| 04 | 10 | 4 | Simétrica | 50 |
| 05 | 20 | 4 | Simétrica | 50 |
| 06 | 25 | 4 | Simétrica | 50 |
| 07 | 10 | 3 | Assimétrica | 50 |
| 08 | 20 | 3 | Assimétrica | 50 |
| 09 | 25 | 3 | Assimétrica | 50 |
| 10 | 10 | 4 | Assimétrica | 50 |
| 11 | 20 | 4 | Assimétrica | 50 |
| 12 | 25 | 4 | Assimétrica | 50 |

Cada problema é unicamente identificado pelo par “Classe - Idt”, sendo Idt onúmero identificador de instância, o qual está relacionado ao valor N conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Relação entre tamanho e identificador de instâncias.

| N | Idt |
|-----|---------|
| 10 | 01 a 10 |
| 20 | 11 a 20 |
| 30 | 21 a 30 |
| 40 | 31 a 40 |
| 50 | 41 a 50 |

2.3.2 Formato

O formato dos arquivos que representam os casos de teste gerados é ilustrado pela Figura 2, que permitem passar ao leitor uma noção concreta de como os problemas artificiais são representados. É apresentado a seguir um breve descritivo linha a linha.

Conteúdo da primeira linha:

$N \quad P \quad C \quad H$

Onde:

- N : número de vértices;
- P : número de passageiros;
- C : capacidade do veículo;
- H : quantidade de arestas do tipo *hov*, determinado pela função piso do resultado da aplicação do percentual S ao total de arestas tal que $H = \left\lfloor S \frac{N(N-1)}{2} \right\rfloor$.

Já as N linhas seguintes contém a matriz $D = (d_{ij})_{NxN}$ cujos valores modelamas ligações rodoviárias, ou seja, os pesos das arestas.

As próximas N linhas representam a matriz ou grafo de pedágios $W = (w_{ij})_{NxN}$. As arestas do tipo *hov* são aquelas que constam em W e possuem valor não nulo.

| 10 | 10 | 4 | 11 | | | | | | | | 10 | 10 | 4 | 18 | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 395 | 0 | 235 | 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 233 | 0 | 0 | 0 | 405 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 365 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 | 167 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 262 | 383 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 189 | 283 | 0 | 46 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 362 | 0 | 225 | 0 | 0 | 0 | 196 | 0 | 0 | 250 | 0 | 0 | 0 | 77 | 0 | 87 |
| 395 | 365 | 0 | 0 | 362 | 0 | 237 | 223 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 227 | 0 | 0 | 0 | 160 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 237 | 0 | 217 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 392 | 0 | 272 | 0 | 0 | 127 | 0 | 0 |
| 235 | 0 | 0 | 0 | 225 | 223 | 217 | 0 | 406 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 406 | 0 | 0 | 191 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 262 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 493 | 313 | 249 | 348 | 208 | 171 | 490 | 90 | 68 | 0 | 224 | 205 | 366 | 214 | 155 | 276 | 493 | 210 | 171 | |
| 493 | 0 | 436 | 120 | 477 | 365 | 336 | 373 | 332 | 92 | 341 | 0 | 351 | 256 | 335 | 422 | 167 | 248 | 117 | 132 | |
| 313 | 436 | 0 | 296 | 215 | 398 | 203 | 354 | 131 | 397 | 176 | 294 | 0 | 412 | 481 | 334 | 228 | 143 | 447 | 69 | |
| 249 | 120 | 296 | 0 | 414 | 179 | 169 | 418 | 82 | 441 | 113 | 473 | 101 | 0 | 241 | 268 | 162 | 500 | 140 | 359 | |
| 348 | 477 | 215 | 414 | 0 | 374 | 129 | 451 | 144 | 456 | 304 | 259 | 354 | 442 | 0 | 78 | 141 | 235 | 272 | 80 | |
| 208 | 365 | 398 | 179 | 374 | 0 | 475 | 223 | 273 | 312 | 70 | 82 | 90 | 191 | 259 | 0 | 378 | 412 | 53 | 381 | |
| 171 | 336 | 203 | 169 | 129 | 475 | 0 | 181 | 489 | 305 | 112 | 344 | 283 | 283 | 251 | 289 | 0 | 112 | 212 | 280 | |
| 490 | 373 | 354 | 418 | 451 | 223 | 181 | 0 | 214 | 109 | 126 | 274 | 72 | 239 | 215 | 70 | 452 | 0 | 478 | 364 | |
| 90 | 332 | 131 | 82 | 144 | 273 | 489 | 214 | 0 | 441 | 154 | 229 | 249 | 42 | 25 | 481 | 401 | 53 | 0 | 355 | |
| 68 | 92 | 397 | 441 | 456 | 312 | 305 | 109 | 441 | 0 | 73 | 346 | 420 | 340 | 323 | 95 | 463 | 258 | 60 | 0 | |
| 512 | 0 | 6 | | | | | | | | 311.85 | 0 | 6 | | | | | | | | |
| 512 | 1 | 2 | | | | | | | | 311.85 | 1 | 4 | | | | | | | | |
| 512 | 2 | 4 | | | | | | | | 311.85 | 2 | 3 | | | | | | | | |
| 512 | 3 | 4 | | | | | | | | 311.85 | 3 | 6 | | | | | | | | |
| 512 | 4 | 2 | | | | | | | | 311.85 | 4 | 3 | | | | | | | | |
| 512 | 5 | 8 | | | | | | | | 311.85 | 5 | 6 | | | | | | | | |
| 512 | 6 | 8 | | | | | | | | 311.85 | 6 | 3 | | | | | | | | |
| 512 | 7 | 3 | | | | | | | | 311.85 | 7 | 0 | | | | | | | | |
| 512 | 8 | 1 | | | | | | | | 311.85 | 8 | 2 | | | | | | | | |
| 512 | 9 | 3 | | | | | | | | 311.85 | 9 | 1 | | | | | | | | |

Figura 2 – Instâncias do PCV-PL 06-10 (à esquerda) e 11-03 (à direita).

Por fim, o formato é concluído com N linhas contendo as informações de cada um dos passageiros, a saber:

$$t_l \quad P_l \quad Q_l$$

Onde:

- t_l : tarifa máxima para passageiro l ;
- P_l : vértice de embarque do passageiro l ;
- Q_l : vértice de desembarque do passageiro l .

Como considerações adicionais, é importante pontuar que no escopo do presente trabalho e em se tratando de problemas simétricos, é considerada ação das arestas *hov* sempre que a aresta é percorrida independentemente do sentido (supondo satisfeita a restrição de lotação). Já para os passageiros, o sentido é sempre relevante, pois, pela natureza do problema, os pontos de embarque e desembarque não são intercambiáveis. O mesmo vale para instâncias assimétricas, uma vez que as arestas possuem apenas um sentido possível.

3 Abordagem exata

3.1 Métodos exatos

Para resolver de forma exata o PCV-PL e assim determinar as soluções ótimas das instâncias artificiais criadas, foram utilizadas três técnicas distintas. Primeiramente, foi utilizado um algoritmo *Branch-and-bound* especificamente concebido para o PCV-PL. Posteriormente, foi aplicada a solução por Programação Matemática. Por fim, foi investigada a Programação por Restrições.

3.1.1 *Branch-and-bound*

O método clássico *Branch-and-bound*, comumente empregado na solução de problemas de otimização combinatória de alta complexidade, coloca-se como alternativa inteligente à enumeração extensiva de soluções na busca pela melhor delas. A técnica pode ser vista como uma forma de sistematicamente analisar o espaço de soluções tomando por base um grafo acíclico direcionado costumeiramente denominado como árvore de busca. Via de regra, tal grafo é implementado como grafo implícito, ou seja, seus vértices e arestas não são criados como objetos que ocupam espaço na memória de um computador, mas sim, como elementos que surgem como consequência dos passos do algoritmo. Os nós do grafo representam decisões e são efetuadas avaliações a cada decisão tomada, sendo a sequência interrompida quando não há mais decisões possíveis, e aquele ramo é declarado insolúvel, ou foi encontrada uma sequência de decisões que representam uma solução viável para o problema.

A eficiência do método deve-se à capacidade de prematuramente eliminar soluções que ainda estão em construção mas que já demonstram sua incapacidade de apresentarem qualidade superior a uma solução previamente conhecida. Baseia-se, de forma geral, em dois processos: o *branch*, que atua dividindo o espaço de soluções e deve fazê-lo da maneira mais eficiente e com a maior granularidade possível, e o *bound*, que consiste na avaliação de uma solução parcial com base em cálculos de limites inferiores e superiores referentes ao custo de soluções. O mecanismo por trás de um bom procedimento *branch* deve adicionar gradualmente componentes a uma solução parcial de modo que esta vai se tornando cada vez mais próxima de uma solução completa. O procedimento *bound*, por sua vez, exige que os cálculos dos limites sejam determináveis eficientemente de modo que não haja competição entre os custos

computacionais para estes cálculos e a enumeração de fato. O limite superior é dado pelo valor de uma solução já conhecida, enquanto que o limite inferior é uma estimativa matemática para o custo mínimo de soluções completas que venham a surgir como evolução da solução parcial atualmente em construção. No algoritmo, estes dois mecanismos atuam de forma combinada, e a cada *branch* é feito o *bound*, sendo calculados os limites. Se, para um nó, o limite inferior é maior que o limite superior, a formação da solução é interrompida pois foi encontrado um ramo sem possibilidade de obter solução melhor que a conhecida. Caso contrário, os nós são desenvolvidos na ordem crescente dos seus limites inferiores, uma vez que um menor limite inferior expressa um caminho mais promissor para a exploração.

O *Branch-and-bound* é, via de regra, implementado utilizando-se do artifício da recursividade, sendo aplicado quando não se conhece um outro método eficiente para encontrar a solução exata. Uma vez que está sendo abordado um novo problema, trata-se de uma escolha adequada.

3.1.2 Programação Matemática

A Programação Matemática (*Mathematical Programming*) abrange a Programação Linear, a Programação Não Linear, Programação Inteira, Programação Dinâmica, Programação Geométrica e a Programação Estocástica. Trata-se, atualmente, do método de preferência para determinação de soluções exatas para problemas de otimização combinatória de considerável complexidade computacional. Requer o desenvolvimento prévio de um modelo matemático que siga diretrizes da programação linear, embora aceite, em geral, restrições ou objetivos com característica não linear. Em linhas gerais, a programação matemática pode ser encarada como uma extensão da programação linear.

Em geral, todo problema de programação linear é um problema de otimização uma vez que procura a solução de melhor qualidade segundo um critério pré-estabelecido. Segundo (BRONSON; NAADIMUTHU, 1997), enquadram-se nessa categoria os problemas com as seguintes características:

- Existe um conjunto de variáveis manipuláveis no procedimento de solução: são as variáveis de decisão do problema.
- O critério de qualidade é composto pela função objetivo, que é descrita em função das variáveis de decisão. Tal função é combinação linear das variáveis, podendo ser maximizada ou minimizada.

- As variáveis de decisão submetem-se, ainda, a critérios restritivos ou conjuntos de restrições, as quais compõem a região de soluções viáveis do problema. Tais variáveis podem também estar submetidas a regras que limitem os valores a subdomínios específicos dos números reais.

Via de regra, a implementação de fato da busca por soluções ótimas com a programação matemática é feita com o uso de *solvers* com suporte à modelos matemáticos, como por exemplo (GUROBI, 2016), MATLAB e Couenne.

3.1.3 Programação por Restrições

Possui razoável semelhança com a programação matemática, uma vez que um modelo matemático é, em última análise, um conjunto de restrições. Além disso, ocupa uma posição sutilmente intermediária entre duas estratégias: uma concebida especificamente para um dado problema, como por exemplo um algoritmo *branch-and-bound*, e uma que se baseie puramente na solução de um modelo matemático. Em outras palavras, há mais liberdade na definição das restrições do problema em si e na forma como a busca pelo ótimo será realizada. Tal característica possibilita, por vezes, a elaboração de modelos bastante concisos e, em alguns casos, tempos computacionais comparáveis a técnicas utilizadas com mais frequência.

É pré-requisito para a utilização desta técnica o aprendizado de linguagens muitas vezes específicas aos *solvers* de programação por restrição, ou pelo menos, de alguma linguagem que ofereça um tradutor que seja interpretado pelo programa. Como exemplos de *solvers* de programação por restrições estão (GECODE, 2016), Google OR-tools e Chuffed. Note-se que, via de regra, um *solver* por restrições é capaz de solucionar modelos matemáticos formais.

3.2 Implementações

3.2.1 BB – Solução por *Branch-and-bound*

O algoritmo *BB* aqui apresentado possui inspiração no algoritmo de (LITTLE et al., 1963) para solução do PCV. O mesmo visa eliminar soluções parciais antes mesmo que esteja definida a rota completa, e atinge esse objetivo por meio do emprego do limite \underline{Z}_1 , que provê um primeiro *bound*. A regra de *branch* é a inclusão ou exclusão de uma determinada aresta, simbolizada pela criação de ramos direito e esquerdo da árvore de busca implícita. O vetor

busca representa o critério de exploração das arestas. Para esta implementação foram testadas a ordem lexicográfica e a ordem crescente de peso das arestas.

Além disso, é passado como parâmetro o custo de uma solução já conhecida para que sirva como limite superior ub . Este serve como inicialização do custo da variável s^* , que rastreia dinamicamente a melhor solução encontrada até o momento. Tal solução é utilizada como referencial e sempre que um dos limites inferiores mostra-se superior, a solução atualmente em construção tem seu desenvolvimento interrompido. O presente trabalho utilizou como limites superiores as melhores soluções obtidas pelas execuções dos algoritmos heurísticos que serão explicados posteriormente. Uma vez que o carregamento só pode ser construído se estiver determinada a rota, o algoritmo possui duas fases. Seu pseudocódigo encontra-se no Algoritmo 1.

Algoritmo BB (ub)

- 1 $s^*.custo \leftarrow ub$;
 - 2 **Crie** o nó ω e **faça** $I_\omega \leftarrow \emptyset$; $E_\omega \leftarrow \emptyset$
 - 3 **Inicie** uma árvore de busca β tal que $\beta.raiz \leftarrow \omega$
 - 4 **Execute** $BB_r(\beta.raiz, e_0)$
-

Procedimento $BB_r(\omega, e)$

- 1 **Se** $|I_\omega| = n - 2$ **faça** $R \leftarrow extrairota(I_\omega)$
 - 2 **Para cada** $r \in R$ **faça**
 - 3 **Se** $\underline{Z}_2(r) < s^*.custo$ **faça**
 - 4 **Se** $\underline{Z}_3(r) < s^*.custo$ **faça**
 - 5 $s \leftarrow COpt(r)$
 - 6 **Se** $s.custo < s^*.custo$ **faça** $s^* \leftarrow s$
 - 7 **Senão se** $\underline{Z}_1(r, I_\omega, E_\omega) < s^*.custo$ **faça**
 - 8 $e' \leftarrow prox(busca, e)$
 - 9 **Se** $viavel(I_\omega, e)$ **faça**
 - 10 $I_{\omega_{dir}} \leftarrow I_\omega \cup \{e\}$
 - 11 $BB_r(\omega_{dir}, e')$
 - 12 **Se** $viavel(E_\omega, e)$ **faça**
 - 13 $E_{\omega_{esq}} \leftarrow E_\omega \cup \{e\}$
 - 14 $BB_r(\omega_{esq}, e')$
-

Algoritmo 1 – *Branch-and-bound* para determinação da solução exata (BB).

Na primeira fase, as decisões dizem respeito sobre incluir ou não uma determinada aresta no ciclo. As listas I_ω e E_ω representam o controle dessas decisões relativamente ao nó corrente ω , enquanto ω_{dir} e ω_{esq} são os nós filho supondo a inclusão e a exclusão da aresta atual, respectivamente. A aresta inicial é e_0 e as subsequentes são tomadas na ordem pré-definida, sendo rastreadas pela função $prox(busca, e)$. A cada rota incompleta, é possível calcular o limite inferior \underline{Z}_1 . Tal limite é adaptado para levar em conta as listas de inclusão e exclusão do nó atual, se houverem. A função *viavel* analisa a viabilidade de adição da aresta em análise em I_ω ou E_ω . Se a entrada for E_ω , é avaliado se a exclusão de uma determinada aresta torna impossível a construção de uma rota com todos os vértices do grafo. Caso seja I_ω , são avaliados os graus dos vértices e a ocorrência de subciclos.

Uma vez alcançado um nó cuja rota possua $n - 2$ arestas, é possível dela obter um conjunto R com 1 ou 2 ciclos hamiltonianos, tarefa executada pela função *extrairrota*. O procedimento *extrairrota* analisa as opções de formação de rota ligando os vértices cujos graus o permitem, utilizando a função *viavel* para eliminar as configurações que contêm subciclos. As possíveis construções constam na Figura 3. Os esquemas A e B referem-se a grafos simétricos e os esquemas C e D a grafos assimétricos. Note-se que as construções B e D possuem uma opção inviável cada, enquanto as restantes representam ciclos viáveis.

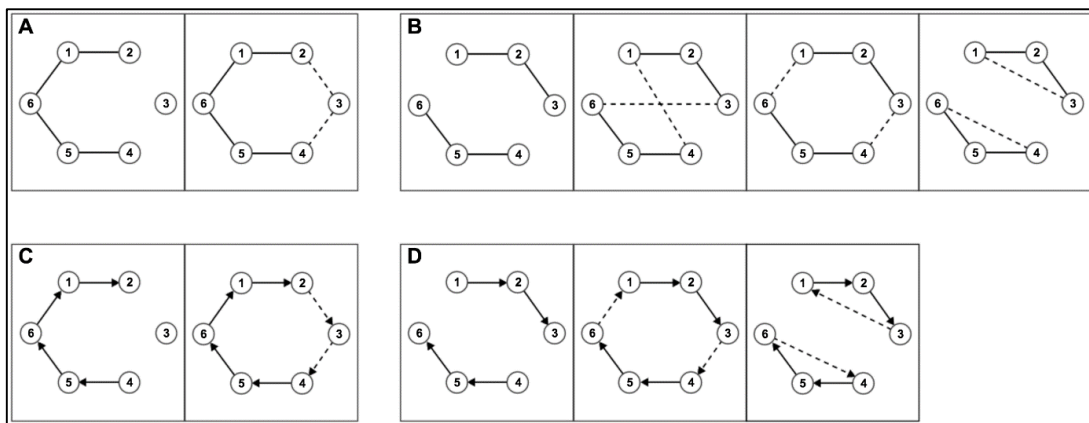


Figura 3 – Obtenção de ciclo hamiltoniano para grafos simétricos e assimétricos.

Determinada a rota, é iniciada a segunda fase do algoritmo. É aplicado primeiramente um novo limite inferior \underline{Z}_2 . Se a condição para interrupção não for satisfeita pelo limite \underline{Z}_2 , é

calculado um novo limite inferior \underline{Z}_3 . Se ainda assim o novo limite não supera a melhor solução até o momento, é invocado o procedimento *COpt* para determinar o carregamento ótimo.

Procedimento *COpt* (r)

- 1 $s^*.custo \leftarrow infinito ; s.rota \leftarrow r$
 - 2 **Para** $i \leftarrow 1$ até n **faça** $s.L_i \leftarrow 0$
 - 3 **Crie** o conjunto P incluindo todos os passageiros viáveis
 - 4 **Para** cada $p \in P$ **faça** $s.L_p \leftarrow 1$
 - 5 **Se** s é viável **faça** $s^* \leftarrow s$
 - 6 **Senão** **crie** $Elite \leftarrow \emptyset$
 - 7 $v \leftarrow HC(r); Elite \leftarrow Elite \cup \{v.L\} ; s^* \leftarrow v$
 - 8 **Crie** o conjunto $Carga$ com todas as combinações de embarques de $p \in P$
 - 9 **Para** cada $c \in Carga$, **se** $\nexists c^* \in Elite$ tal que c^* é melhor que c **faça**
 - 10 **Para** $i \leftarrow 1$ até n **faça** $s.L_i \leftarrow c_i$
 - 11 **Se** s é viável **faça**
 - 12 **Se** $s.custo < s^*.custo$ **faça** $s^* \leftarrow s$
 - 13 **Se** s embarca mais que $n/2$ passageiros **faça**
 - 14 $Elite \leftarrow Elite \cup \{s.L\}$
-

Algoritmo 2 – Procedimento *COpt* para determinação do carregamento ótimo.

O procedimento *COpt*, exposto no Algoritmo 2, recebe uma rota a ser carregada, primeiramente avaliando a viabilidade da solução que inclui o embarque de todos os passageiros que podem ser embarcados segundo a capacidade do carro. A execução somente continua se encontrada uma situação de inviabilidade. Após tal passo, é empregada a heurística *HC*, que será exposta na seção 4.2.2.1, para montar um carregamento de passageiros preliminar. Com o esquema obtido é inicializada uma lista *Elite*, que irá conter carregamentos de qualidade para evitar a avaliação de soluções com carregamentos necessariamente piores que os contidos na lista. Além deste embarque inicial, são incluídos na lista todos os carregamentos viáveis que forem capazes de carregar um número de passageiros maior que $n/2$. O próximo passo é a enumeração de todas as combinações de embarques de passageiros viáveis, sendo cada combinação avaliada somente se não existir uma combinação necessariamente melhor que ela na lista *Elite*.

| ROTA | 0 | 7 | 4 | 2 | 1 | 3 | 5 | 9 | 6 | 8 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CARREGAMENTO 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| CARREGAMENTO 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| CARREGAMENTO 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |

Figura 4 – Comparação entre esquemas de carregamento.

A comparação entre esquemas de carregamento está ilustrada na Figura 4: supondo que o carregamento 1 esteja na lista *Elite*, o esquema 2 não seria avaliado pois deixa de incluir o passageiro 4 enquanto inclui todos os outros. Já o esquema 3 seria avaliado, pois há um novo passageiro a ser contemplado com embarque (passageiro 8).

Objetivando reduzir o tempo computacional das execuções do algoritmo *BB*, o mesmo foi codificado de tal modo que são utilizadas *threads* para paralelizar o desenvolvimento da árvore de busca a partir de certa profundidade. Para evitar problemas de concorrência, cada uma delas assume o processamento de ramos independentes da árvore.

3.2.2 MP – Solução por *Mathematical Programming*

Conforme exposto anteriormente, para determinação de soluções por programação matemática faz-se necessária a escolha de um *solver* que ofereça uma interface para codificação do modelo matemático formal.

Isto posto, para o caso em questão foi escolhido o *solver* (GUROBI, 2016) e sua interface em C++. O modelo matemático apresentado na seção 2.1.1 foi codificado segundo as diretrizes da interface e, para melhoria do tempo computacional das execuções, foram utilizados dois artifícios: emprego combinado de limites superior e inferior e linearizações de quociente e produto entre variáveis.

O limite superior foi obtido a partir do valor mínimo de solução encontrado em execuções preliminares de algoritmos heurísticos. A interface aceita tal configuração por meio do parâmetro denominado *Cutoff*.

A linearização de quociente aplicada está exposta a seguir.

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{\sum_{l=1}^n v_{ij}^l + 1} \quad i \neq j, \forall i, j \in N \quad (16)$$

A consequência é o modelo deixar de possuir quocientes entre variáveis de decisão no tocante ao rateio. Assim, a função objetivo torna-se:

$$\text{Minimizar } \sum_{i,j \in N} (\alpha_{ij}d_{ij} + \varphi_{ij}w_{ij})x_{ij} \quad (17)$$

A linearização de produto entre uma variável binária e uma variável contínua (COELHO, 2013) é aplicada sobre os fatores do somatório da equação (17). A operação aproveita-se do fato $0 < \alpha_{ij}d_{ij} + \varphi_{ij}w_{ij} \leq d_{ij} + w_{ij}$. Visa-se então introduzir a variável ψ_{ij} de modo que a função objetivo seja transformada para:

$$\text{Minimizar } \sum_{i,j \in N} \psi_{ij} \quad (18)$$

O que é alcançado por meio das restrições adicionais abaixo.

$$\psi_{ij} \leq (d_{ij} + w_{ij})x_{ij} \quad i \neq j, \forall i, j \in N \quad (19)$$

$$\psi_{ij} \leq \alpha_{ij}d_{ij} + \varphi_{ij}w_{ij} \quad i \neq j, \forall i, j \in N \quad (20)$$

$$\psi_{ij} \geq \alpha_{ij}d_{ij} + \varphi_{ij}w_{ij} - (1 - x_{ij})(d_{ij} + w_{ij}) \quad i \neq j, \forall i, j \in N \quad (21)$$

$$\psi_{ij} \geq 0 \quad i \neq j, \forall i, j \in N \quad (22)$$

Finalmente, foi possível substituir a restrição (22) pela aplicação do limite inferior \underline{Z}_1 conforme se segue:

$$\psi_{ij} \geq \frac{d_{ij}x_{ij}}{C + 1} \quad i \neq j, \forall i, j \in N \quad (23)$$

3.2.3 CP – Solução por *Constraint Programming*

Como *solver* para a presente estratégia de solução, foi utilizado (GECODE, 2016) em conjunto com a interface na linguagem (MINIZINC; TACK; STUCKEY, 2016). Trata-se de uma linguagem de código aberto que visa prover um meio eficiente e versátil de codificar

conjuntos de restrições diversos, independentemente de qual *solver* seja escolhido para a solução do problema.

Em linhas gerais, a implementação aqui executada também seguiu o modelo matemático formal da seção 2.1.1. Simplificações diversas, porém, puderam ser feitas e culminaram num modelo mais enxuto e mais inteligível que aquele, embora careça de formalismo matemático.

A principal de tais simplificações é referente à formulação do PCV. Enquanto a formulação matemática garante a ocorrência de um ciclo hamiltoniano como rota das soluções por meio de restrições às variáveis x_{ij} e u_i , aqui tal condição é sintetizada de maneira muito mais simples. A ideia é que a ordem dos vértices nas rotas sejam diretamente modeladas como variáveis de decisão. Denotando por r_i os n vértices da rota r , tem-se:

$$r_1 = 1 \wedge r_i \neq r_j \quad i \neq j, \forall i, j \in N \quad (24)$$

Em adição, tais variáveis podem ser empregadas como se deseje, servindo inclusive como referência para indexação de vetores de outras variáveis de decisão. As demais transformações executadas no modelo são consequência dessa que acaba de ser demonstrada e por isso serão omitidas.

Nessa implementação, também foi empregado um limite superior para cada instância, cujo valor foi obtido a partir do valor mínimo de solução encontrado em execuções preliminares de algoritmos heurísticos.

Por fim, a interface oferece ainda opções para definição da estratégia de busca. Foi adotada a estratégia de considerar as arestas na ordem crescente de seus respectivos pesos.

4 Abordagem heurística

4.1 Meta-heurísticas

4.1.1 *Simulated Annealing*

A meta-heurística SA pode ser descrita como uma abordagem probabilística com inspiração no processo de resfriamento de uma estrutura atômica aquecida, originalmente aplicado à otimização por (KIRKPATRICK et al., 1983). Utiliza-se a modelagem do processo físico de variação de energia da matéria quando esta é aquecida a uma temperatura maior que o meio em que se encontra e é deixada à disposição do processo natural de resfriamento no sentido do equilíbrio térmico. O modelo matemático que descreve a função distribuição de velocidades das partículas de um gás ideal é o cerne da estratégia de solução, a qual é conhecido como distribuição de Maxwell-Boltzmann. Para o SA, a função que descreve a referida distribuição é exatamente a probabilidade empregada no mecanismo de fuga de ótimos locais durante a busca no espaço de soluções, matematicamente representada pelo termo $e^{-\Delta/T_i}$. Este esquema também é conhecido como critério de Metropolis, em referência ao trabalho tido como precursor do desenvolvimento do método (METROPOLIS et al., 1953).

Basicamente, o SA pode partir de qualquer solução inicial s . Seu procedimento iterativo consiste em dois aspetos: geração de uma solução vizinha $v \in \phi(s)$, onde $\phi(s)$ representa a vizinhança de s , e teste de aceitação para a transição de s para v . A aceitação da transição é realizada pela avaliação da variação da energia $\Delta = \xi(v) - \xi(s)$ entre as duas soluções. A probabilidade da aceitação da transição $P_i(s \rightarrow v)$ é calculada pelo conjunto de equações (16). O parâmetro T_i , associado à probabilidade P_i no passo i , permite modular a probabilidade da aceitação da transição tanto em função da diferença de energia entre as soluções quanto do estágio i da busca.

$$P_i(s \rightarrow v) = \begin{cases} e^{-\Delta/T_i}, & \Delta \geq 0 \\ 1, & \Delta < 0 \end{cases} \quad (25)$$

O termo $e^{-\Delta/T_i}$ representa a probabilidade da busca evoluir para um estado pior (mais energético) que o estado i , o que diminui a chance de estagnação da busca em ótimos locais. A cada rodada o sistema é lentamente resfriado e o loop descrito se prolonga até que seja

alcançada uma temperatura mínima T_{min} ou até que sejam analisados $eMax$ estados (equivalente à quantidade de iterações).

Para cada implementação é preciso definir com cautela os seguintes parâmetros: T_{min} e $eMax$, já descritos; T_0 - temperatura inicial; T_i - mecanismo de decréscimo da temperatura; ϕ - função geradora da vizinhança; e ξ - função energia. No presente trabalho foi adotado o mecanismo homogêneo para T_i , o qual diminui gradualmente a temperatura por meio de uma progressão geométrica de razão α tal que $0 < \alpha < 1$.

4.1.2 Variable Neighborhood Search

Proposto originalmente por (HANSEN; MLADENOVIC, 1997), o VNS consiste num método de busca local que atua com base na ideia de explorar o espaço de soluções através de trocas sistemáticas de estruturas de vizinhança. Não há uma trajetória bem definida para a exploração, apenas uma linha de raciocínio que tenta fazer com que as vizinhanças sejam exploradas de forma gradativa, aumentando a “profundidade” da busca, por assim dizer, à medida que o algoritmo se desenvolve. Procedimentos que atuam na troca das estruturas de vizinhança, passo conhecido como *shaking* ou perturbação, e na execução de buscas locais, formam e definem a base dos algoritmos de otimização combinatória baseados neste método.

Neste trabalho, a meta-heurística VNS foi empregada tanto como filosofia quanto como algoritmo de solução para o PCV-PL. No primeiro caso, a variação na utilização de estruturas diferentes de vizinhanças foi empregada no esquema de geração da solução vizinha $v \in \phi(s)$ para os algoritmos baseados no SA. A função vizinhança ϕ passa a ser uma interface para uma escolha equiprovável de k estruturas distintas de vizinhança $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_k$.

Já como algoritmo de solução, as mesmas k estruturas são utilizadas, porém de forma mais sistematicamente organizada: para gerar uma nova solução parte-se da atual por meio de uma vizinhança inicial e esta é explorada seguidamente enquanto houver melhoria. Caso encontre-se uma solução pior que a atual, muda-se para a próxima vizinhança. Encontrando-se uma solução de melhor qualidade, retorna-se para a primeira vizinhança e assim por diante até que se alcance a condição de parada. A implementação executada no presente trabalho baseia-se na estratégia VND apresentada em (HANSEN; MLADENOVIC, 2005). Assim, foram três os parâmetros estabelecidos: o índice da vizinhança inicial k_0 , o número máximo de iterações $itMax$ e o número máximo de vizinhos gerados consecutivamente sem melhoria de qualidade $vizMax$.

4.1.3 Colônia de abelhas

Os primeiros que trouxeram os princípios básicos da inteligência coletiva das abelhas na natureza para o campo da Otimização foram (LUCIC; TEODOROVIC, 2001). O algoritmo por eles apresentado é conhecido por *Bee System*, que foi aplicado ao PCV em tal peça.

A inteligência coletiva das abelhas é enquadrada como uma meta-heurística na categoria de otimização por exames. Devido à alta capacidade de organização e cooperação, as abelhas são, ao lado das formigas, os insetos mais estudados na procura de artifícios que, quando bem mimetizados pela pesquisa, apresentem bons resultados na resolução de problemas de otimização.

No entanto, o interesse nas abelhas fez com que surgissem inúmeras vertentes de algoritmos meta-heurísticos nelas inspirados. No âmbito deste trabalho, foi escolhida aquela apresentada por (PHAM et al., 2006), que conceberam um algoritmo de otimização inspirado no comportamento de coleta de alimentos de abelhas produtoras de mel, intitulado *Bees Algorithm*. Para este *framework*, são seis os parâmetros a serem definidos, a saber:

- Número total de abelhas – $nTot$;
- Número de abelhas seguidoras – $nSeg$;
- Número de abelhas selecionadas – $nSel$;
- Tamanho da vizinhança para abelhas selecionadas – $vGrd$;
- Tamanho da vizinhança para abelhas seguidoras não selecionadas – $vPeq$;
- Número máximo de iterações – $itMax$.

4.1.4 Algoritmos genéticos

Trata-se de uma meta-heurística que possui inspiração na transferência vertical de genes, buscando estabelecer um processo evolutivo entre as soluções de um determinado problema com base nos processos naturais da evolução e seleção natural dos seres vivos. Segundo (GOLDBERG, 1989), são técnicas de otimização para encontrar soluções aproximativas, que usam princípios da biologia evolutiva, como: seleção natural, recombinação e mutação.

A abordagem adotada no presente trabalho segue o arcabouço tradicional de um algoritmo genético, envolvendo os processos de Seleção, Reprodução e Mutação, com a adição

do processo conhecido, porém menos frequente, do Elitismo. É preciso, portanto, definir os parâmetros abaixo:

- Probabilidade de Reprodução – pCr ;
- Probabilidade de Mutação – $pMut$;
- Quantidade de indivíduos da população – $tPop$;
- Número máximo de gerações – $gMax$;
- Percentual para aplicação do elitismo – $rElite$.

4.2 Implementações

Nesta seção estão descritos todos os algoritmos não exatos que foram elaborados para solucionar o PCV-PL. Além de estarem apresentados em pseudocódigo, as linhas de raciocínio e os artifícios utilizados na concepção dos algoritmos serão abordados, além de aspectos práticos envolvidos na codificação dos mesmos.

4.2.1 Estruturas de vizinhança

Uma vez que é possível variar dois aspectos distintos de cada solução, rota e esquema de carregamento, é importante definir quais vizinhanças foram utilizadas para percorrer o espaço de soluções em busca daquelas com boa qualidade.

4.2.1.1 Vizinhanças para rota - operadores

Em relação à formação de rotas, foram adotadas estruturas de vizinhança que têm por base os seguintes operadores: *troca*, *inserção*, *inversão* e *vizinho mais próximo*. No operador *troca*, troca-se a posição de duas cidades no ciclo. Na Figura 5, por exemplo, são trocadas de posição as cidades 4 e 2. No operador *inserção* uma cidade é removida de sua posição e inserida após outra. No exemplo, a cidade 4 é removida e inserida após a 9. No operador *inversão*, uma sequência de cidades é invertida, como por exemplo a sequência entre as cidades 4 e 2. No operador *vizinho mais próximo*, é escolhida uma cidade e esta é deslocada para o lado da primeira sua cidade mais próxima. Ainda relativamente ao exemplo da Figura 5, a cidade 2 é colocada ao lado da cidade 4.

| operador troca | | | | | | | | | | operador inserção | | | | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 7 | 4 | 9 | 1 | 3 | 5 | 2 | 6 | 8 | 0 | 7 | 4 | 9 | 1 | 3 | 5 | 2 | 6 | 8 |
| 0 | 7 | 2 | 9 | 1 | 3 | 5 | 4 | 6 | 8 | 0 | 7 | 9 | 1 | 3 | 5 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| operador inversão | | | | | | | | | | operador vizinho mais próximo | | | | | | | | | |
| 0 | 7 | 4 | 9 | 1 | 3 | 5 | 2 | 6 | 8 | 0 | 7 | 4 | 9 | 1 | 3 | 5 | 2 | 6 | 8 |
| 0 | 7 | 2 | 5 | 3 | 1 | 9 | 4 | 6 | 8 | vértice mais próximo de 4: 2 | | | | | | | | | |
| 0 | 7 | 2 | 5 | 3 | 1 | 9 | 4 | 6 | 8 | 0 | 7 | 4 | 2 | 1 | 3 | 5 | 9 | 6 | 8 |

Figura 5 – Operadores para variação da rota.

A Figura 6 exemplifica a vizinhança obtida quando o operador *troca* é aplicado a uma rota. Nela, a cidade 1 é sorteada e esta é trocada de posição com todas as outras cidades da rota, gerando $n - 1$ vizinhos. Para os outros operadores, a extensão da vizinhança também é $O(n)$.

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 7 | 4 | 2 | 1 | 3 | 5 | 9 | 6 | 8 |
| vértice aleatoriamente selecionado: 1 | | | | | | | | | |
| 1 | 7 | 4 | 2 | 0 | 3 | 5 | 9 | 6 | 8 |
| 0 | 1 | 4 | 2 | 7 | 3 | 5 | 9 | 6 | 8 |
| 0 | 7 | 1 | 2 | 4 | 3 | 5 | 9 | 6 | 8 |
| 0 | 7 | 4 | 1 | 2 | 3 | 5 | 9 | 6 | 8 |
| 0 | 7 | 4 | 2 | 3 | 1 | 5 | 9 | 6 | 8 |
| 0 | 7 | 4 | 2 | 5 | 3 | 1 | 9 | 6 | 8 |
| 0 | 7 | 4 | 2 | 9 | 3 | 5 | 1 | 6 | 8 |
| 0 | 7 | 4 | 2 | 6 | 3 | 5 | 9 | 1 | 8 |
| 0 | 7 | 4 | 2 | 8 | 3 | 5 | 9 | 6 | 1 |

Figura 6 – Exemplo de vizinhança gerada pelo operador *troca*.

4.2.1.2 Vizinhança para carregamento - combinações

A Figura 7 ilustra a estrutura da vizinhança para os esquemas de carregamento. Inicialmente tem-se uma solução, representada por duas listas ordenadas: uma que determina a ordem dos vértices da rota e outra que define em quais desses vértices ocorre embarque. Em seguida, é aplicada uma alteração na lista de carregamento. No exemplo, o marcador do passageiro do vértice 2 passa do valor nulo para valor unitário, indicando que este passou a ser contemplado com o embarque. Supondo que o novo esquema de embarque seja inviável, o intuito é analisar possíveis combinações que viabilizem tal embarque. São então analisados

todos os embarques que, em comparação com o original, garanta que o passageiro 2 seja embarcado admitindo a exclusão de 1, 2 ou 3 passageiros que haviam sido contemplados com o embarque na solução inicial.

| | | | | | | | | | | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ROTA | 0 | 7 | 4 | 2 | 1 | 3 | 5 | 9 | 6 | 8 |
| CARREGAMENTO | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |

passageiro a ser embarcado: 2

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Figura 7 – Exemplo da vizinhança para carregamento.

4.2.2 Procedimentos auxiliares

Os procedimentos a seguir serviram como componentes básicos dos algoritmos heurísticos. Neles, essas rotinas foram empregadas de maneira diversa em cada estratégia de solução, sempre com o cuidado de evitar o aumento excessivo do tempo computacional e levando em conta as peculiaridades de cada uma das meta-heurísticas.

4.2.2.1 HC – Heurística de carregamento

Para atribuir passageiros à uma rota definida de forma computacionalmente rápida, foi adotada uma estratégia construtiva designada por *Heurística de Carregamento (HC)*. A heurística *HC* recebe como entrada uma rota r sem passageiros atribuídos. A saída de *HC* é a solução s com rota r e atribuição de passageiros na lista $s.L$. O passo-a-passo do método pode

ser consultado no Algoritmo 3. Por simplicidade, é designado por passageiro j aquele que está disponível para embarque no vértice j . A lista T é característica do problema, e contém o máximo que cada passageiro está disposto a pagar enquanto t denota a tarifa corrente devida.

Procedimento $HC(r)$

```

1   $\theta \leftarrow FALSE$ 
2  Para  $i \leftarrow 1$  até  $n$  faça  $s.rota_i \leftarrow r_i$ ;  $s.L_i \leftarrow 0$ 
3  Desmarque todos os passageiros
4  Enquanto  $\theta = FALSE$ 
5      Para  $i \leftarrow 1$  até  $n$ 
6          Se o passageiro  $p$  é viável faça
7              Se  $p$  é desmarcado e existem assentos disponíveis faça  $s.L_p \leftarrow 1$ 
8               $s.custo \leftarrow calcula\_custo(s)$ 
9               $maxtar \leftarrow 0$  ;  $j \leftarrow 0$ 
10             Para  $i \leftarrow 1$  até  $n$ 
11                 Se  $s.L_i = 1$  faça  $t_i \leftarrow calcula\_tarifa(i)$ 
12                 Se  $maxtar < t_i - T_i$  faça
13                      $maxtar \leftarrow t_i - T_i$  ;  $j \leftarrow i$ 
14             Se  $j \neq 0$  faça
15                 Marque o passageiro  $j$ 
16                 Para  $i \leftarrow 1$  até  $n$  faça  $s.L_i \leftarrow 0$ 
17             Caso contrário,  $\theta \leftarrow TRUE$ 
18 Retorne  $s$ 

```

Algoritmo 3 – Heurística de carregamento (HC).

No passo 1, a variável θ recebe valor falso. Esta variável receberá valor verdadeiro quando a lista $s.L$ contiver um esquema válido para carregamento de passageiros. Inicialmente, é atribuída a rota à solução e um esquema vazio de carregamento (passo 2). Isso significa que somente o motorista está no veículo. Em seguida, na linha 3, todos os candidatos a embarque são desmarcados. O laço entre as linhas 4 e 16 faz a alocação de passageiros. No passo 6 é verificado se o passageiro a ser embarcado é um passageiro viável conforme definição da seção 2.1. O embarque do passageiro somente é aceito se o passageiro não tiver sido marcado em uma iteração anterior e se ainda existir assento disponível, conforme verificado no passo 7. O custo da solução (rota e embarques) é calculado no passo 8. As linhas 9 a 13 verificam se existe algum passageiro excedendo a tarifa máxima admitida para ser marcado. No caso de existir mais de um, é marcado o passageiro que tiver a maior diferença entre o seu limite e a tarifa atual. O

passageiro marcado não é considerado em futuras iterações do algoritmo. Se o esquema de embarque possui algum passageiro na condição descrita, então o esquema é descartado e o algoritmo reinicia a construção da alocação de passageiros (linhas 14 a 16). Se o esquema é válido, o algoritmo é finalizado.

4.2.2.2 BLC – Busca local para carregamento

A busca local para carregamento (*BLC*) foi concebida para ser aplicada a uma solução que já possui um esquema de carregamento definido para a rota. O que se deseja é descobrir um novo esquema de carregamento de modo que o custo do motorista seja menor, sem que haja qualquer alteração da rota a ser percorrida. O pseudocódigo do procedimento *BLC* encontra-se exposto no Algoritmo 4, e contém as etapas que geram a vizinhança ilustrada pela Figura 7.

Procedimento *BLC* (s)

- 1 $l^* \leftarrow s ; s' \leftarrow s$
 - 2 **Ordene** os passageiros na ordem decrescente do tamanho do trecho
 - 3 **Selecione** p' com maior trecho tal que $s.L_{p'} = 0$ e **faça** $s'.L_{p'} \leftarrow 1$
 - 4 **Se** s' é viável **faça** $l^* \leftarrow s'$
 - 5 **Senão faça**
 - 6 **Para** $\forall p_1$ não marcado tal que $s.L_{p_1} = 1$, **faça**
 - 7 $v' \leftarrow s' ; v'.L_{p_1} \leftarrow 0$
 - 8 **Se** v' é viável **faça**
 - 9 **Se** $l^*.custo > v'.custo$, **faça** $l^* \leftarrow v'$
 - 10 **Senão faça**
 - 11 **Para** $\forall p_2$ não marcado tal que $s.L_{p_2} = 1$ e $p_2 \neq p_1$, **faça**
 - 12 $v'.L_{p_2} \leftarrow 0$
 - 13 **Se** v' é viável, **faça**
 - 14 **Se** $l^*.custo > v'.custo$, **faça** $l^* \leftarrow v'$
 - 15 **Senão faça**
 - 16 **Para** $\forall p_3$ não marcado tal que $s.L_{p_3} = 1$ e $p_3 \neq p_1, p_2$, **faça**
 - 17 $v'.L_{p_3} \leftarrow 0$
 - 18 **Se** v' é viável, **faça**
 - 19 **Se** $l^*.custo > v'.custo$, **faça** $l^* \leftarrow v'$
 - 20 **Senão marque** p_1
 - 21 **Retorne** l^*
-

Algoritmo 4 – Busca local para carregamento (*BLC*).

O procedimento avalia todos os passageiros embarcáveis não contemplados com embarque na solução original. É eleito o passageiro que possui o trecho mais longo, e este é inserido no esquema de embarque. A nova solução, que, se viável, é obrigatoriamente melhor que a original, é retornada. Se a mesma não for viável, dá-se início ao procedimento de busca por uma solução viável que obrigatoriamente inclua o passageiro eleito e, para tanto, exclua o embarque de, no máximo três passageiros que estavam contemplados com o embarque no esquema da solução inicial. Seguindo este critério, todas as combinações são então avaliadas, e caso seja encontrada uma solução viável melhor que a original, finda-se assim a busca. Caso contrário, considera-se que o procedimento não foi capaz de encontrar um vizinho melhor que a solução de entrada, e a mesma é retornada como saída.

Existe ainda um mecanismo que previne que sejam avaliados esquemas de carregamento necessariamente piores que soluções viáveis já encontradas (passos 5, 10 e 15). Além disso, no passo 20 são marcados os passageiros para os quais não foi possível encontrar esquemas viáveis contando com seu desembarque. Uma vez encontrada tal situação, o passageiro deixa de ser desembarcado nas próximas iterações.

É interessante notar que a estratégia descrita é, via de regra, aplicada a soluções que tenham sido previamente carregadas pela heurística *HC*, e dessa forma o intuito é explorar o espaço de soluções de maneira complementar ao que já foi executado. Ao passo que aquele baseia-se numa ideia construtiva de baixo custo computacional, este atua de maneira mais criteriosa buscando garantir o embarque de passageiro viável, disponível e cujo embarque apresenta um bom potencial de diminuição dos custos do caixeiro.

4.2.2.3 *BLop* – Busca Local com operadores de rota

O procedimento *BLop* recebe como entrada uma solução, em torno da qual a busca será realizada, e um dos operadores de rota previamente selecionado em sorteio equiprovável aleatório. O operador então é aplicado sistematicamente a cada um dos vértices da rota, gerando um conjunto de novas rotas de cardinalidade $O(n)$. Cada rota do conjunto é então carregada por meio de *HC* e as novas soluções geradas são avaliadas. A saída é a melhor solução dentre aquelas pertencentes ao conjunto gerado, que é obrigatoriamente diferente da solução original. Cabe ressaltar que, no laço dos passos 2 a 5, o contador i representa o índice do vértice da rota em relação ao qual o operador será aplicado. A Figura 6 ilustra as rotas geradas por esse

procedimento supondo que o operador *troca* foi fornecido como entrada e o índice do vértice é $i = 1$. O pseudocódigo está exposto no Algoritmo 5.

Procedimento *BLop* (s, ϕ)

- 1 $l^*.custo \leftarrow infinito$
 - 2 **Para** $i \leftarrow 1$ até n
 - 3 **Aplique** ϕ à rota de s gerando r
 - 4 $v \leftarrow HC(r)$
 - 5 **Se** $l^*.custo > v.custo$ **faça** $l^* \leftarrow v$
 - 6 **Retorne** l^*
-

Algoritmo 5 – Busca local com operadores de rota (*BLop*).

Dois aspectos são dignos de nota. O primeiro é que, diferentemente da busca local para carregamento que mantém inalterada a rota das soluções avaliadas, na busca local para rota as soluções geradas não herdam da solução original nem a rota e nem o esquema de carregamento. O segundo é que o esquema de carregamento original é descartado para a geração dos vizinhos, e essa opção foi feita pela própria natureza do problema: a rota é determinante para o carregamento, mas a recíproca não é verdadeira.

4.2.2.4 Procedimentos para geração de soluções

Os procedimentos aqui apresentados foram usados como componentes para os algoritmos meta-heurísticos que serão apresentados nas próximas seções. Diferentes mecanismos foram montados e serão abordados a seguir.

Procedimento *G*(s)

- 1 **Sorteie** um operador ϕ , **aplique** ϕ à rota de s gerando r
 - 2 $v \leftarrow HC(r)$
 - 3 **Retorne** v
-

Algoritmo 6 – Procedimento *G* de geração de solução.

O Algoritmo 6 contém o pseudocódigo da forma computacionalmente menos custosa utilizada neste trabalho para se gerar uma nova solução a partir de uma solução original s

qualquer. Batizado procedimento G , envolve o sorteio de um dos operadores de rota e em seguida o carregamento desta pelo emprego de HC , retornando a nova solução como saída.

É conveniente observar que o algoritmo acima não faz uso de busca local. Já o procedimento GLC , mostrado pelo Algoritmo 7, agrega ao procedimento G a execução da busca local BLC .

Procedimento $GLC(s)$

- 1 $v \leftarrow G(s)$
 - 2 $v' \leftarrow BLC(v)$
 - 3 **Retorne** v'
-

Algoritmo 7 – Procedimento GLC de geração de solução.

Similarmente ao procedimento anterior, o Algoritmo 8 também gera solução vizinha e utiliza busca local para fazê-lo. No entanto, o faz puramente por meio do procedimento $BLoP$, que já inclui o emprego de HC conforme constante na seção anterior.

Procedimento $GLoP(s)$

- 1 **Sorteie** um operador ϕ
 - 2 $v \leftarrow BLoP(s, \phi)$
 - 3 **Retorne** v
-

Algoritmo 8 – Procedimento $GLoP$ de geração de solução.

Finalmente, há meta-heurísticas que funcionam com base num conjunto inicial de soluções geradas de forma aleatória. O procedimento $GSet$ foi pensado para atender a este fim e seu pseudocódigo encontra-se abaixo exposto. A cardinalidade q do conjunto a ser gerado é passada como entrada ao procedimento.

Procedimento $GSet(q)$

- 1 **Crie** aleatoriamente a rota r e **faça**
 - 2 $r' \leftarrow LKH(r)$
 - 3 $s \leftarrow HC(r')$
 - 4 $v \leftarrow BLC(s)$
 - 5 **Faça** $S \leftarrow \{v\}$ e **execute** $q - 1$ iterações
 - 6 **Crie** aleatoriamente a rota r e **faça**
 - 7 $s \leftarrow HC(r)$
 - 8 $v \leftarrow BLC(s)$
 - 9 $S \leftarrow S \cup \{v\}$
 - 10 **Retorne** S
-

Algoritmo 9 – Procedimento $GSet$ de geração de conjunto de soluções.

4.2.3 SAop – *Simulated Annealing com operadores de rota*

Sendo o primeiro dos dois algoritmos que tem por base a arquitetura da meta-heurística SA, o algoritmo *SAop* não faz uso de buscas locais. Seu pseudocódigo está no Algoritmo 10.

Algoritmo $SAop$

- 1 **Crie** aleatoriamente a rota r e **faça**
 - 2 $r' \leftarrow LKH(r)$
 - 3 $s \leftarrow HC(r')$
 - 4 **Faça** $T \leftarrow T_0$; $s^* \leftarrow s$
 - 5 **Enquanto** $T \geq T_{min}$
 - 6 **Execute** $eMax$ iterações
 - 7 $v \leftarrow G(s)$
 - 8 **Faça** $\Delta \leftarrow \xi(v) - \xi(s)$
 - 9 **Se** $\Delta < 0$ **faça** $s \leftarrow v$
 - 10 **Se** $\xi(s^*) > \xi(s)$ **faça** $s^* \leftarrow s$
 - 11 **Se** $\Delta \geq 0$ **faça** com probabilidade $e^{-\Delta/T}$
 - 12 $s \leftarrow v$
 - 13 **Faça** $T \leftarrow \alpha T$
 - 14 **Retorne** s^*
-

Algoritmo 10 – *Simulated Annealing com operadores (SAop)*.

O método parte de uma solução inicial montada nos passos 1 a 3. Para encontrar uma rota de baixo custo é utilizada a rota gerada por um algoritmo que apresenta bons resultados para a solução do PCV clássico (LIN; KERNIGHAN, 1973), referenciado por *LKH*. O carregamento de passageiros na referida rota é feito pela heurística *HC*. A função de avaliação $\xi(s)$ denota o custo da solução s . As linhas 5 a 13 contém o laço principal do algoritmo, que emprega o mecanismo *G* para geração de vizinhos. As linhas 9 a 13 referem-se ao critério de aceitação da solução vizinha e à atualização da temperatura.

Mesmo que a cada iteração só seja avaliada uma única solução vizinha e assim não seja assegurada a exploração total de qualquer vizinhança, percebe-se a influência da filosofia de troca de estruturas preconizada pela meta-heurística VNS, uma vez que o sorteio de operador de rota no procedimento *G* (passo 7) pode levar a qualquer das estruturas definidas pelos operadores de rota da Figura 5.

4.2.4 SABL – *Simulated Annealing com Busca Local*

O método *SABL* foi concebido com inspiração na combinação das meta-heurísticas SA e VNS. A composição das duas abordagens supostamente tem potencial para uma evolução progressiva da busca e fuga de ótimos locais através do esquema *annealing*. Por outro lado, herda ainda a capacidade de exploração sistemática e aprofundada de boas vizinhanças da proposta VNS.

O Algoritmo 11 contém o pseudocódigo do *SABL*, que faz uso das buscas locais *BLop* (invocado por *GLop*) e *BLC*, garantindo a exploração total das vizinhanças exemplificadas nas Figuras 6 e 7. Percebe-se a semelhança com o algoritmo *SAop*, incluindo as etapas para criação da solução inicial e outros aspectos gerais. No entanto, a diferença é bastante significativa e reside exatamente no emprego dos procedimentos de busca local, utilizados na geração de vizinhos (passo 7) e em ação posterior à aceitação do vizinho gerado (passos 10 e 14).

Algoritmo SABL

```

1  Crie aleatoriamente a rota  $r$  e faça
2       $r' \leftarrow LKH(r)$ 
3       $s \leftarrow HC(r')$ 
4  Faça  $T \leftarrow T_0$ ;  $s^* \leftarrow s$ 
5  Enquanto  $T \geq T_{min}$ 
6      Execute  $eMax$  iterações
7           $v \leftarrow GLop(s)$ 
8          Faça  $\Delta \leftarrow \xi(v) - \xi(s)$ 
9          Se  $\Delta < 0$  faça
10              $v' \leftarrow BLC(v)$ 
11              $s \leftarrow v'$ 
12             Se  $\xi(s^*) > \xi(s)$  faça  $s^* \leftarrow s$ 
13         Se  $\Delta \geq 0$  faça com probabilidade  $e^{-\Delta/T}$ 
14              $v' \leftarrow BLC(v)$ 
15              $s \leftarrow v'$ 
16             Se  $\xi(s^*) > \xi(s)$  faça  $s^* \leftarrow s$ 
17         Faça  $T \leftarrow \alpha T$ 
18 Retorne  $s^*$ 

```

Algoritmo 11 – Simulated Annealing com Buscas Locais (SABL).

4.2.5 BA – Bees Algorithm

A codificação tomou por base o algoritmo conhecido por *Bees Algorithm* proposto em (PHAM et al., 2006). Os passos da estratégia BA podem ser consultados no Algoritmo 12.

O algoritmo funciona como descrito a seguir. No passo 1, um conjunto de $nTot$ abelhas é distribuído no espaço de soluções para que cada uma visite um canteiro de flores, sendo cada abelha referenciada pela solução representada pelo canteiro que visitou. Trata-se do conjunto inicial, B . A melhor solução do conjunto, b_{min} serve como inicialização do rastreamento da melhor solução s^* . Em seguida, é iniciado o laço compreendido nos passos de 2 a 10, que é executado por $itMax$ iterações. No passo 3, a chamada *melhores* seleciona os $nSeg$ elementos do conjunto B de maior qualidade formando o conjunto B_F . Estas abelhas, ditas seguidoras, serão reenviadas aos canteiros para que sejam visitadas soluções na proximidade dos canteiros atuais. No conjunto das abelhas seguidoras, as melhores $nSel$ abelhas serão ditas como selecionadas e formarão o conjunto B_S (passo 4). No passo 5, as abelhas o conjunto B_F é atualizado com a exclusão das abelhas do conjunto B_S . Nos passos 6 e 7 é realizada a busca

local pelo procedimento *explora* conforme Algoritmo 13. As abelhas de B_S visitam $vGrd$ canteiros vizinhos e as de B_F visitam uma quantidade menor de soluções, $vPeq$. No passo 8, as abelhas não seguidoras são enviadas a novas soluções aleatórias, iniciando um novo enxame B_R . No passo 9, os conjuntos B_S , B_F e B_R são unidos no novo enxame B que irá na próxima iteração, enquanto que o passo 10 garante que a melhor solução gerada seja sempre salva.

Algoritmo BA

- 1 **Faça** $B \leftarrow envia(nTot)$ e $s^* \leftarrow b_{min}$
 - 2 **Execute** $itMax$ iterações
 - 3 **Faça** $B_F \leftarrow melhores(B, nSeg)$
 - 4 **Faça** $B_S \leftarrow melhores(B_F, nSel)$
 - 5 $B_F \leftarrow B_F \setminus B_S$
 - 6 **Execute** $explora(B_S, vGrd)$
 - 7 **Execute** $explora(B_F, vPeq)$
 - 8 **Faça** $B_R \leftarrow envia(nTot - nSeg)$
 - 9 $B \leftarrow B_S \cup B_F \cup B_R$
 - 10 **Se** $s^*.custo > b_{min}.custo$ **faça** $s^* \leftarrow b_{min}$
 - 11 **Retorne** s^*
-

Algoritmo 12 – Bees Algorithm (BA).

O procedimento de geração de um conjunto de soluções aleatórias *envia* é o mesmo procedimento referenciado por *GSet*, abordado na seção 4.2.2.4.

Procedimento *explora*(S, Q)

- 1 **Para** $s \in S$, **faça**
 - 2 $l^*.custo \leftarrow infinito$
 - 3 **Execute** Q iterações
 - 4 $v' \leftarrow GLC(v)$
 - 5 **Se** $l^*.custo > v.custo$ **faça** $l^* \leftarrow v$
 - 6 $s \leftarrow l^*$
-

Algoritmo 13 – Procedimento de busca local para algoritmo BA.

Para viabilizar uma busca local eficiente na vizinhança das soluções com potencial de boa qualidade, foi montado um esquema auxiliar de busca local baseada no tamanho do

conjunto a ser analisado. Em outras palavras, *explora* realiza uma busca local com limite de quantidade de vizinhos considerados. O procedimento recebe um conjunto S de soluções válidas e para cada uma delas analisa Q vizinhos, sendo a solução original necessariamente substituída pelo melhor vizinho analisado. O próprio conjunto de soluções S é modificado e portanto o procedimento não possui saída explícita.

4.2.6 GA – Genetic Algorithm

Escrito sobre o arcabouço padrão dos Algoritmos Genéticos, o algoritmo GA utiliza-se dos processos da Seleção Natural, Reprodução, Mutação e Elitismo. Seu pseudocódigo pode ser consultado no Algoritmo 14.

Algoritmo GA

```

1  Faça  $P \leftarrow cria(tPop)$  e  $s^* \leftarrow p_{min}$ 
2  Execute  $gMax$  iterações
3      Faça  $P' \leftarrow melhores(P, n * rElite)$ 
4      Enquanto  $|P'| < tPop$  execute
5           $p_1 \leftarrow selecao(P)$ 
6           $p_2 \leftarrow selecao(P)$ 
7           $p_3 \leftarrow cruzamento(p_1, p_2)$  com probabilidade  $pCr$ 
8           $p \leftarrow mutacao(p_3)$  com probabilidade  $pMut$ 
9           $P' \leftarrow P' \cup \{p\}$ 
10      $P \leftarrow P'$ 
11     Se  $s^*.custo > p_{min}.custo$  faça  $s^* \leftarrow p_{min}$ 
12  Retorne  $s^*$ 

```

Algoritmo 14 – Genetic Algorithm (GA).

Em linhas gerais, o algoritmo funciona conforme descrito a seguir. No passo 1 é criada a primeira geração P com $tPop$ indivíduos, sendo o melhor deles p_{min} mapeado em s^* . O procedimento *cria* é o mesmo procedimento referenciado por *GSet*, abordado na seção 4.2.2.4. Da linha 2 até a linha 11, é executado o laço que simula as etapas evolutivas da população de soluções, sendo gerada a cada iteração uma nova população guiada pelos processos naturais até um limite máximo de $gMax$ gerações. A chamada *melhores*, no passo 3, implementa o processo de Elitismo, garantindo que a próxima população P' contenha os melhores indivíduos

de P na quantidade determinada pela expressão $n * rElite$. Nos passos 5 e 6 atua o processo de Seleção e nele são escolhidos dois indivíduos por meio do procedimento *selecao*, que executa um torneio binário para a escolha do indivíduo na população. A linha 7 refere-se ao processo de Reprodução, executado com probabilidade pCr pelo procedimento *cruzamento* conforme Algoritmo 15. A linha 8 invoca o procedimento *mutacao*. Para esta implementação, foi empregado para tal o procedimento *GLC* conforme explanado na seção 4.2.2.4. Em seguida, o passo 9 inclui o indivíduo gerado na população em formação e no passo 10 o conjunto P assume o conjunto da nova geração. Na linha 11, o melhor indivíduo da geração recém-formada é salvo e o laço é recommçado.

Procedimento *cruzamento*(p_1, p_2)

```

1   $r_1 \leftarrow 1$ 
2  Para  $i \leftarrow 1$  até  $n - 1$ 
3      Se  $p_1.rota_{r_{i+1}} \notin r$  e  $p_2.rota_{r_{i+1}} \notin r$  faça
4          Se  $p_1.rateio_{r_i} \leq p_2.rateio_{r_i}$  faça
5               $r_{i+1} \leftarrow p_1.rota_{r_{i+1}}; L_i \leftarrow p_1.L_{r_i}$ 
6          Senão faça
7               $r_{i+1} \leftarrow p_2.rota_{r_{i+1}}; L_i \leftarrow p_2.L_{r_i}$ 
8      Senão faça
9          Se  $p_1.rota_{r_{i+1}} \notin r$  faça
10              $r_{i+1} \leftarrow p_1.rota_{r_{i+1}}; L_i \leftarrow p_1.L_{r_i}$ 
11         Senão faça
12             Se  $p_2.rota_{r_{i+1}} \in r$  faça
13                  $r_{i+1} \leftarrow vizmaisprox(r_i); L_i \leftarrow 1$ 
14   $p.rota \leftarrow r; p.L \leftarrow L$ 
15  Se  $p$  é viável retorne  $p$ 
16  Senão faça  $p \leftarrow repara(p)$  e retorne  $p$ 
```

Algoritmo 15 – Procedimento de combinação de soluções para algoritmo GA.

O procedimento *cruzamento* atua combinando soluções pai num novo indivíduo solução p , mimetizando o processo de Reprodução. Nas linhas de 2 a 13, são definidas a rota e o esquema de embarques da nova solução p . Tal escolha se dá analisando as possibilidades de os vértices das rotas das soluções de origem já estarem inclusas na rota em formação r . Se for encontrada uma situação em que não é possível escolher o próximo vértice em função dos

indivíduos originais, é invocada uma função que busca no grafo qual o vértice mais próximo e para o passageiro lá disponível se assume a ocorrência do embarque (passo 13). Se o laço anterior gerar uma solução válida, então o procedimento é encerrado no passo 15. Caso contrário, é feita uma reparação na solução que tem por base os procedimentos *BLC* e *HC*. *BLC* não poderia ser diretamente empregado no referido cenário pois deve receber uma solução viável, o que não é o caso. Se, após a aplicação da ideia de *BLC* permanece a situação de inviabilidade, o esquema de carregamento é descartado e um novo é montado por *HC*.

4.2.7 VNS – *Variable Neighborhood Search*

O Algoritmo 16 ilustra o pseudocódigo da codificação realizada com inspiração na meta-heurística VNS. Assim como os algoritmos *SAop* e *SABL*, é utilizada como rota inicial aquela gerada pelo procedimento *LKH*, já explicado anteriormente. Em seguida, a heurística de carregamento é aplicada e obtém-se a solução inicial da busca.

Algoritmo VNS

```

1  Crie aleatoriamente a rota  $r$  e execute
2       $r' \leftarrow LKH(r)$ 
3       $s^* \leftarrow HC(r')$ 
4  Faça  $k \leftarrow k_0$ ;  $it \leftarrow 0$ ;  $viz \leftarrow 0$ 
5  Enquanto  $it \leq itMax$  e  $viz \leq vizMax$  faça
6       $v \leftarrow G(s^*)$ 
7       $v' \leftarrow BLoP(v, \gamma_k)$ 
8       $v'' \leftarrow BLC(v')$ 
9      Se  $s^*.custo > v''.custo$  faça
10          $k \leftarrow k_0$ 
11          $s^* \leftarrow v''$ 
12     Senão faça
13          $k \leftarrow prox(k)$ 
14          $viz \leftarrow viz + 1$ 
15      $it \leftarrow it + 1$ 
16 Retorne  $s^*$ 

```

Algoritmo 16 – *Variable Neighborhood Search* (VNS).

Após a inicialização, no passo 4, ocorre também a inicialização do índice da vizinhança inicial k_0 e da contagem de vizinhos. O passo 5 inicia o laço do algoritmo, que ocorre até que um dos parâmetros $itMax$ ou $vizMax$ seja alcançado pelos contadores relacionados. A linha 6 corresponde à perturbação da solução original, característica do VNS. As linhas 7 e 8 compõem o mecanismo de busca local feita na k -ésima vizinhança, enquanto os passos de 9 a 13 configuram o retorno à vizinhança inicial sempre que é encontrada uma nova solução melhor que a atual ou a mudança para a vizinhança seguinte por meio da chamada a $prox(k)$. As linhas 14 e 15 atualizam os contadores componentes da condição de parada. Uma vez que são quatro as vizinhanças utilizadas, $prox(k) = (k + 1) \bmod 4$. Estas são definidas pelos operadores da Figura 5 conforme definido a seguir ϕ_1 : operador troca; ϕ_2 : operador inversão; ϕ_3 : operador vizinho mais próximo; ϕ_4 : operador inserção. Desse modo, a vizinhança definida pelo parâmetro k_0 é aquela representada pelo operador ϕ_{k_0} .

5 Experimento computacional

Foi realizado um experimento computacional visando a análise comparativa dos algoritmos desenvolvidos e a determinação das melhores estratégias de solução levando em conta a proximidade das soluções ótimas e os recursos computacionais despendidos.

Uma vez que o PCV-PL está sendo pela primeira vez profundamente estudado, foi preciso gerar instâncias para que servissem de casos de teste aos algoritmos propostos, como exposto em detalhes na seção 2.3. Para assegurar a qualidade do experimento, é desejável que existam instâncias com solução exata conhecida e as considerações relativas ao processo de determinação de tais soluções encontram-se na seção 5.1. A etapa seguinte do experimento é composta pela aplicação dos algoritmos heurísticos aos problemas teste e pela submissão dos resultados obtidos à análise estatística, sendo comparados entre si e com as respectivas melhores soluções conhecidas para cada problema. Esta etapa é descrita na seção 5.2.

Do grupo completo de 600 problemas, 100 foram aleatoriamente sorteados para compor exclusivamente o conjunto de treinamento na tarefa de ajuste de parâmetros. O conjunto base de casos teste é composto pelas 500 instâncias restantes, as quais foram resolvidas 50 vezes por cada algoritmo heurístico.

Esses foram os problemas para os quais tentou-se encontrar as soluções ótimas e as soluções heurísticas com boa qualidade.

5.1 Determinação de soluções exatas

Todos métodos aplicados lograram êxito na determinação das soluções exatas dos 107 problemas de tamanho 10 que compõem o conjunto base. Já para as 102 instâncias de tamanho 20, somente o algoritmo *BB* foi capaz de determinar o ótimo e o fez para 48 destes problemas. Em outros 25 casos teste, o mesmo algoritmo conseguiu alcançar uma solução melhor que o valor passado como limite superior, embora a varredura do espaço de soluções não tenha sido concluída até o fim do período máximo de execução de 12 horas. Todos os algoritmos foram executados com paralelismo, com o total de 8 processadores dedicados às execuções.

5.1.1 Resultados

A seguir estão expostos os tempos de execução dos métodos exatos para as instâncias que os respectivos foram capazes de determinar. A Tabela 3 contém a média dos tempos de execução de cada estratégia classificados por tamanho de instância. O tempo específico por método e por instância encontra no Apêndice A. Todas as execuções receberam um valor de solução como limite superior ou “corte” proveniente de um conjunto preliminar de execuções dos métodos heurísticos. Além disso, todos os métodos foram paralelizados por meio de *threads*.

Tabela 3 – Média dos tempos de execução dos métodos exatos em segundos.

| N | <i>BB</i> | <i>PM</i> | <i>CP</i> |
|-----------|------------------|------------------|------------------|
| 10 | 4,73 | 48,53 | 3,02 |
| 20 | 7611,42 | - | - |

É interessante observar a grandeza do aumento dos tempos computacionais uma vez que é duplicado o tamanho do problema, o que demonstra o alto grau de complexidade do PCV-PL.

O método *BB* foi executado com dois tipos de ordem de execução da busca por soluções: lexicográfica e na ordem crescente dos pesos das arestas do problema, tendo sido reportado o menor tempo entre essas duas execuções. Já o método *CP* foi executado na ordem crescente do peso das arestas, enquanto que *PM* foi executado sem configuração específica sobre a ordem da busca.

A diferença de desempenho entre *BB* e *PM* em favor do primeiro tem uma possível explicação no aspecto relacionado a sua concepção, já que se trata de um algoritmo moldado especificamente para o problema. Tal resultado sugere também o sucesso dos limites inferiores empregados, uma vez que este conseguiu analisar todo o espaço de soluções para 155 das 209 instâncias de tamanho 10 e 20 constantes no conjunto base.

Por outro lado, o método *CP* mostrou-se ainda mais rápido que *BB* em média. Isso indica a efetividade da simplificação na modelagem do PCV demonstrada pela equação (24).

5.2 Determinação de soluções heurísticas

Para a adequada realização do experimento computacional é necessário adotar um meio para conferir isenção ao ajuste de parâmetros que irão definir as execuções dos algoritmos experimentais. A próxima subseção trata desse processo. Em seguida serão analisados os resultados das execuções dos algoritmos quando aplicados às instâncias do conjunto base.

5.2.1 Ajuste de parâmetros

A calibração dos parâmetros foi realizada por meio da ferramenta IRACE, que executa um processo automatizado de afinamento com fundamentos estatísticos (LÓPEZ-IBÁÑEZ et al., 2011). Para cada um dos algoritmos heurísticos, a execução do IRACE foi feita com tempo ilimitado e com o valor da configuração *maxExperiments* igual a 10^4 . Cada processo objetivou determinar, dentre os conjunto de valores possíveis para cada parâmetro, o esquema de configuração para cada algoritmo que apresenta evidência estatística na direção da minimização das soluções das instâncias do conjunto de treinamento.

A Tabela 4 contém, por algoritmo e por parâmetro, o intervalo disponibilizado ao IRACE para escolha e o respectivo valor selecionado.

Tabela 4 – Parâmetros dos algoritmos heurísticos.

| Algoritmo | Parâmetro | Valores possíveis | Selecionado |
|-------------|-------------|--------------------------------|-------------|
| <i>SAop</i> | T_0 | {1; 20; 40; 60; 80; 100} | 1 |
| <i>SAop</i> | T_{min} | {0,01; 0,001; 0,0001; 0,00001} | 0,001 |
| <i>SAop</i> | α | [0,75; 0,99] | 0,99 |
| <i>SAop</i> | <i>eMax</i> | {100; 500; 1000} | 1000 |
| <i>SABL</i> | T_0 | {1; 20; 40; 60; 80; 100} | 1 |
| <i>SABL</i> | T_{min} | {0,01; 0,001; 0,0001; 0,00001} | 0,00001 |
| <i>SABL</i> | α | [0,75; 0,99] | 0,99 |
| <i>SABL</i> | <i>eMax</i> | {100; 500; 1000} | 100 |
| <i>BA</i> | <i>nTot</i> | [15; 30] | 12 |
| <i>BA</i> | <i>nSeg</i> | [7; 15] | 10 |
| <i>BA</i> | <i>nSel</i> | [1; 5] | 2 |
| <i>BA</i> | <i>vGrd</i> | [15; 25] | 25 |
| <i>BA</i> | <i>vPeq</i> | [5; 10] | 9 |

| Algoritmo | Parâmetro | Valores possíveis | Selecionado |
|------------|----------------------|---------------------|-------------|
| <i>BA</i> | <i>itMax</i> | [10; 50] | 26 |
| <i>GA</i> | <i>pCr</i> | [0,80; 0,99] | 0,95 |
| <i>GA</i> | <i>pMut</i> | [0,01; 0,05] | 0,04 |
| <i>GA</i> | <i>popT</i> | {10; 20; 30} | 50 |
| <i>GA</i> | <i>gMax</i> | {100; 150; 200} | 300 |
| <i>GA</i> | <i>rElite</i> | [0,01; 0,20] | 0,07 |
| <i>VNS</i> | <i>k₀</i> | [1; 4] | 4 |
| <i>VNS</i> | <i>vizMax</i> | {50; 100; 150; 200} | 200 |
| <i>VNS</i> | <i>itMax</i> | {1000; 1500; 2000} | 2000 |

5.2.2 Resultados

No tocante aos algoritmos heurísticos, o experimento computacional consistiu na realização de uma bateria de testes, onde cada algoritmo foi aplicado 50 vezes a cada uma das 500 instâncias não empregadas na etapa de ajuste de parâmetros. Os resultados dos testes foram coletados e aqui são apresentados de forma a embasar conclusões referentes aos pontos a seguir:

1. Se houve diferença no consumo de recursos computacionais entre os algoritmos;
2. Se cada algoritmo foi capaz de encontrar a melhor solução conhecida de cada problema e com que variabilidade isso se deu;
3. Se houve diferença significativa entre os resultados de cada algoritmo;
4. Se é possível indicar a existência de uma estratégia mais vitoriosa que as outras.

Os valores relativos primeiro aspecto acima descrito encontram-se resumidos na Tabela 5. Os dados brutos para cada par instância algoritmo encontram-se no Apêndice A.

Tabela 5 – Médias dos tempos médios para os algoritmos heurísticos.

| | <i>SAop</i> | <i>SABL</i> | <i>BA</i> | <i>GA</i> | <i>VNS</i> |
|--------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| Média | 1,1 | 15,7 | 19,7 | 12,2 | 9,5 |

O algoritmo *SAop* é, de forma soberana, aquele que mais rápido resolve os problemas, sendo assim a estratégia que consome menos recursos computacionais. Em seguida, vêm *VNS*, *GA*, *SABL* e por fim *BA*.

Para análise do segundo aspecto, o da variabilidade, para cada algoritmo heurístico são expostas três métricas percentuais a respeito dos resultados produzidos pelo experimento:

- A primeira métrica, δ_R , representa o quão próximo da melhor solução conhecida x^* foi possível chegar no experimento. Sendo x_{min} o mínimo encontrado pelo algoritmo, tem-se:

$$\delta_R = \frac{x_{min}}{x^*} - 1 \quad (26)$$

- A segunda métrica, μ_R , representa o afastamento relativo entre o valor absoluto da mediana \bar{x} e x^* conforme se segue:

$$\mu_R = \frac{\bar{x}}{x^*} - 1 \quad (27)$$

- A terceira métrica, σ_R , é o desvio padrão relativo à mediana \bar{x} :

$$\sigma_R = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (28)$$

A Tabela 6 contém a média das referidas métricas, além da contagem dos casos em que o valor ideal nulo foi alcançado.

Tabela 6 – Média das métricas percentuais sobre a variabilidade dos resultados.

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|---------|------------|-------------|---------|------------|------------|---------|------------|------------|---------|------------|------------|---------|------------|
| | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| Média | 16,0 | 44,2 | 11,2 | 2,6 | 16,5 | 8,5 | 10,8 | 25,2 | 6,1 | 6,3 | 29,4 | 10,9 | 12,5 | 33,3 | 9,4 |
| Zeros | 87 | 13 | 1 | 230 | 30 | 8 | 117 | 60 | 14 | 131 | 9 | 0 | 110 | 30 | 0 |

Pela análise dos dados expostos é possível verificar que, dentre os 500 problemas, o algoritmo *SABL* encontrou x^* em 230, o *GA* em 131, o *BA* em 117, o *VNS* em 110 e o *SAop* em 87. De maneira geral, tais resultados demonstram que todos os algoritmos geram soluções próximas à melhor conhecida.

A Tabela 7 classifica os algoritmos para cada uma das métricas. Nota-se que o *SABL* lidera quando trata-se da proximidade ao mínimo conhecido e possui resultados consistentes, ocupando a vice-liderança com relação ao desvio padrão relativo à mediana.

Tabela 7 – Classificação dos algoritmos segundo a média de métricas percentuais.

| | δ_R | μ_R | σ_R |
|-----------|-------------|-------------|-------------|
| 1º | <i>SABL</i> | <i>SABL</i> | <i>BA</i> |
| 2º | <i>GA</i> | <i>BA</i> | <i>SABL</i> |
| 3º | <i>BA</i> | <i>GA</i> | <i>VNS</i> |
| 4º | <i>VNS</i> | <i>VNS</i> | <i>GA</i> |
| 5º | <i>SAop</i> | <i>SAop</i> | <i>SAop</i> |

No tocante à determinação da existência de diferenças significativas entre os resultados coletados, é adequado lançar mão de artifícios estatísticos. Para elucidar se os dados obtidos representam populações não idênticas, foi empregado o teste de Kruskal-Wallis, que permite a comparação entre grupos de valores sem a necessidade de assumir que seguem a distribuição normal, ou seja, é do tipo não paramétrico. Assim, foi realizada uma bateria de testes estatísticos para cada instância e par não ordenado de algoritmos, num total de 5000 avaliações.

Perceba-se que o teste apenas atua na descoberta de evidências relativas à identidade entre os dois grupos de dados. Em outras palavras, a hipótese nula é de que não existem diferenças significativas entre os valores dos conjuntos testados. Tomando 5% como nível de significância, tal hipótese é aceita se o *p*-valor resultante é maior que ou igual a 0,05.

Caso seja comprovado que os dois grupos testados são não idênticos, é preciso adotar uma medida que permita atribuir a um dado algoritmo a vitória sobre um outro. A medida escolhida para tal avaliação foi o valor absoluto da mediana \bar{x} . Como as comparações são feitas sempre por instância, um valor menor de mediana é adequado para indicar um desempenho superior. Busca-se, assim, tornar o experimento completo em ambos os aspectos qualitativo e quantitativo.

Tabela 8 – Quantidade de testes de Kruskal-Wallis significativos.

| | <i>SAop</i> | <i>SABL</i> | <i>BA</i> | <i>GA</i> | <i>VNS</i> |
|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| <i>SAop</i> | - | - | - | - | - |
| <i>SABL</i> | 445 | - | - | - | - |
| <i>BA</i> | 497 | 428 | - | - | - |
| <i>GA</i> | 310 | 432 | 437 | - | - |
| <i>VNS</i> | 321 | 449 | 381 | 307 | - |

A Tabela 8 contém, para cada par não ordenado de algoritmos, a quantidade de instâncias para as quais encontrou-se um p -valor inferior a 0,05. Trata-se, portanto, do total de casos onde faz-se necessário analisar \bar{x} para definição do algoritmo vencedor.

A análise completa da comparação par a par entre os algoritmos, já com o desempate pela mediana, encontra-se na Tabela 9. Para cada um deles, os números da respectiva linha indicam a quantidade de instâncias em que este foi melhor que seu concorrente referenciado no cabeçalho da coluna correspondente ao valor. A coluna mais à direita soma tais valores, que devem ser analisados comparativamente ao total de 2000 testes em que cada algoritmo foi comparado a um rival.

Tabela 9 – Emprego da mediana associado aos testes de Kruskal-Wallis.

| | <i>SAop</i> | <i>SABL</i> | <i>BA</i> | <i>GA</i> | <i>VNS</i> | <i>Total</i> |
|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|--------------|
| <i>SAop</i> | - | 1 | 0 | 46 | 2 | 49 |
| <i>SABL</i> | 444 | - | 326 | 410 | 396 | 1576 |
| <i>BA</i> | 497 | 102 | - | 311 | 339 | 1249 |
| <i>GA</i> | 264 | 432 | 126 | - | 173 | 995 |
| <i>VNS</i> | 319 | 53 | 42 | 134 | - | 548 |

Pela análise do total de vitórias fica claro que o algoritmo *SABL* foi aquele que apresentou o conjunto de soluções com melhor qualidade. Em seguida vem o algoritmo *BA*, seguido por *GA*, *VNS* e *SAop*.

Finalmente, é relevante concluir os testes apresentando um dado sobre x^* , valor que representa, para cada instância do conjunto base, o custo da melhor solução conhecida. Os valores absolutos de cada uma dessas soluções contam no Apêndice A. Na Tabela 10, a primeira coluna representa a quantidade de instâncias para as quais a solução é comprovadamente a solução ótima. A coluna seguinte, a contagem dos casos em que esta não necessariamente é a ótima, mas que foi obtida por meio de uma execução de método exato com tempo limite de 12 horas. Para estes dois casos, o método exato foi o algoritmo *BB*. A terceira coluna contém o total de instâncias para as quais x^* foi determinado por algum dos algoritmos meta-heurísticos.

Tabela 10 – Métodos geradores das soluções x^* .

| <i>Exato</i> | <i>Exato (12h)</i> | <i>Heurístico</i> |
|--------------|--------------------|-------------------|
| 155 | 25 | 320 |

6 Considerações finais

Esta seção tem por objetivo expor quais os pontos mais relevantes da investigação desenvolvida, contemplando os aspectos que compõem as contribuições à Ciência, as limitações do trabalho e apontamentos sobre possíveis atividades futuras.

6.1 Principais contribuições

A principal contribuição da presente pesquisa pode ser sintetizada como a completa apresentação do PCV-PL ao meio acadêmico. No aspecto matemático, o problema foi estudado no tocante à sua formulação e para ele foram determinados limites inferiores, além de demonstrada sua complexidade como NP-difícil.

Um banco de instâncias artificiais foi produzido para suportar o estudo da aplicação de algoritmos experimentais ao problema, elementos estes que permitem a validação de novos algoritmos que possam vir a surgir na literatura.

Foram duas as abordagens de solução apresentadas para o PCV-PL. No âmbito dos métodos exatos, um algoritmo baseado na técnica *branch-and-bound* foi especificamente elaborado para a determinação de soluções exatas. O modelo matemático formulado também foi posto à prova e sua implementação demonstrou resultados consistentes com o do algoritmo *branch-and-bound*. Especificamente nesta etapa, foram investigadas a Programação Matemática e a Programação por Restrições para aplicação prática do referido modelo na determinação de ótimos.

Na abordagem heurística, os algoritmos exploraram os métodos experimentais SA, VNS, Genética Computacional e Otimização por Colônia de Abelhas. Ao total, foram cinco os algoritmos de solução desenvolvidos. Vizinhanças para determinação de rota e de carregamento foram exploradas por meio de procedimentos diversos de buscas locais e tarefas secundárias. Tais procedimentos foram empregados como componentes dos algoritmos heurísticos primários, com destaque para a heurística construtiva de carregamento *HC* e as buscas locais *BLoP* e *BLC*.

Um experimento computacional foi realizado tomando como base um conjunto de 300 problemas de grafos não direcionados e outros 300 relativos a grafos direcionados. Tal conjunto foi separado em um subconjunto de treinamento, utilizado para calibração estatística dos

parâmetros, e um subconjunto base para avaliação de *performance* dos algoritmos heurísticos. A referida avaliação consistiu na análise da coleção de dados obtidos por 50 execuções de cada algoritmo heurístico para cada problema do conjunto base.

Para análise dos resultados coletados, foram calculadas métricas relacionadas à proximidade das melhores soluções conhecidas para cada instância e à variabilidade dos valores. O teste de Kruskal-Wallis foi aplicado na comparação dos algoritmos aos pares, para cada instância, totalizando 5000 testes. A investigação dos *p*-valores foi desempenhada em associação à mediana dos resultados, de modo a compor uma sólida metodologia comparativa para suportar conclusões sobre a capacidade dos algoritmos na busca por soluções de qualidade.

O algoritmo *SABL* foi considerado como a estratégia que apresentou melhores resultados dentre os heurísticos, o que demonstra o sucesso da união entre as buscas locais, a variação de estruturas de vizinhança com inspiração na meta-heurística VNS e o mecanismo de fuga de ótimos locais da meta-heurística SA.

6.2 Limitações

Apesar dos esforços para alcançar todos os objetivos que surgiram durante o percurso, a investigação realizada encontrou seu limite no tocante à determinação do ótimo para instâncias com tamanho 30 ou superior. Por meio dos métodos exatos empregados não foi possível encontrar ótimos para tais instâncias. Desconfia-se que estratégias alternativas possuam potencial para fazê-lo, como o emprego de processamento distribuído com *hardware* de alto desempenho. Assim seria possível, por exemplo, que diferentes ramos da árvore de busca do algoritmo *BB* fossem desenvolvidos por equipamentos diferentes em paralelo.

6.3 Trabalhos futuros

Seguindo a linha lógica do desenvolvimento da pesquisa que foi exposta nesta peça, as próximas etapas a serem percorridas consistem basicamente na determinação das soluções exatas para instâncias maiores e na concepção de novos algoritmos de solução.

Novas vizinhanças podem ser desenvolvidas para o problema explorando aspectos que porventura não foram suficientemente abordados, como por exemplo a alteração de rotas com motivação baseada em informações baseadas exclusivamente nos passageiros ou nas faixas *hov*. Novas meta-heurísticas também podem ser aplicadas ao problema para enriquecer a disputa

pela estratégia mais promissora. São fortes candidatos os métodos da Transgenética Computacional, o ILS e o GRASP.

A expansão do problema para o campo da otimização multiobjetivo é um possível caminho, atuando por exemplo na transformação em objetivos de aspectos relativos aos passageiros, veículo, etc. No PCV-PL mono-objetivo aqui abordado, tais aspectos foram considerados como restrições.

É natural que se busque tanto a aplicação de novas técnicas, quanto a busca por mecanismos que possam aumentar a eficiência das que foram implementadas. Um exemplo disso seria a aplicação de limites inferiores mais fortes ou mais eficientemente calculados que aqueles apresentados.

Referências

AARTS, E.; KORST, J.; MICHIELS, W. SIMULATED ANNEALING. In: BURKE, E. K.; KENDALL, G. **Search Methodologies**: Introductory tutorials in optimization and decision support techniques. Alemanha: Springer-verlag Berlin Heidelberg. Cap. 7, p. 187-210, 2005.

AMEY, A.; ATTANUCCI, J.; MISHALANI, R. Real-Time Ridesharing – The Opportunities and Challenges of Utilizing Mobile Phone Technology to Improve Rideshare Services. TRB Annual Meeting, p. 1-17, 2011.

BALAS, E. The prize collecting traveling salesman problem and its applications. In: G. GUTIN, G.; PUNNEN, A. **The Traveling Salesman Problem and Its Variations**. Estados Unidos: Springer US, v. 12, p. 663-695, 2004.

BELLMORE, M.; NEMHAUSER, G. L. The traveling salesman problem: a survey. **Operations Research**. [S. l.], v. 16, n. 3, p. 538-558, 1968.

BRONSON, R.; NAADIMUTHU, G. **Operations Research**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1997.

BRUCK, B. P.; SANTOS, A. G.; ARROYO, J. E. C. Hybrid metaheuristic for the single vehicle routing problem with deliveries and selective pickups. IEEE World Congress on Computational Intelligence, p. 1-8, 2012a.

BRUCK, B. P.; SANTOS, A. G.; ARROYO, J. E. C. Metaheuristics for the Single Vehicle Routing Problem with Deliveries and Selective Pickups. International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, p. 723-728, 2012b.

BURKARD, R. E. Traveling salesman and assignment problems: a survey. **Annals of Discrete Mathematics**. [S. l.], v. 4, p. 193-215, 1979.

COELHO, I. M. et al. A hybrid heuristic based on General Variable Neighborhood Search for the Single Vehicle Routing Problem with Deliveries and Selective Pickups. **Electronic Notes in Discrete Mathematics**. [S. l.], v. 39, p. 99-106, 2012.

COELHO, L. C. **Linearization of the product of two variables**. 2013. Canada Research Chair in Integrated Logistics. Disponível em: <<http://www.leandro-coelho.com/linearization-product-variables/>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

DAILEY, D. J.; LOSE, D.; MEYERS, D. Seattle smart traveler: dynamic ridematching on the world wide web. **Transportation Research**. [S. l.], v. 7, p. 17-32, 1999.

ERDOĞAN, G., CORDEAU, J-F.; LAPORTE, G. The Attractive Traveling Salesman Problem. **European Journal of Operational Research**. [S. l.], v. 203, p. 59-69, 2010.

FEILLET, D., DEJAX, P.; GENDREAU, M. Travelling salesman problems with profits. **Transportation Science**. [S. l.], v. 39, p. 188-205, 2005.

FURUHATA, M. et al. Ridesharing: the state-of-the-art and future directions. **Transportation Research**. [S. l.], v. 57, p. 28-46, 2013.

GAREY, M. R.; JONHSON, D. S. **Computers and intractability**: a guide to the theory of NP-completeness. Nova Iorque: W.H. Freeman and Co, 1979.

GECODE. **GECODE**: An open, free, efficient constraint solving toolkit. 2016. Versão 5.0.0. Disponível em: <<http://www.gecode.org/>>. Acesso em: 25 out. 2016.

GENDREAU, M.; LAPORTE, G.; SEMET, F. A tabu search heuristic for the undirected selective travelling salesman problem. **European Journal of Operational Research**. [S. l.], v. 106, p. 539-545, 1998.

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

GOLDBERG, D. E. **Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning**. Boston: Addison-Wesley Longman Publishing Co, 1989.

GRIBKOVSKAIA, I.; LAPORTE, G.; SHYSHOU, A. The single vehicle routing problem with deliveries and selective pickups. **Computers & Operations Research**. [S. l.], v. 35, p. 2908-2924, 2008.

GUROBI. **Gurobi Optimizer**: The Best Mathematical Programming Solver. 2016. Versão 6.5.2. Disponível em: <<http://www.gurobi.com/products/gurobi-optimizer/>>. Acesso em: 31 jul. 2016.

GUTIN, G.; PUNNEN, A. **The Traveling Salesman Problem and Its Variations**. Holanda, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

GUTIN, G.; YEO, A.; ZVEROVITCH, A. Exponential neighborhoods and domination analysis for the TSP. In: G. GUTIN, G.; PUNNEN, A. **The Traveling Salesman Problem and Its Variations**. Estados Unidos: Springer US, v. 12, p. 223-256, 2004.

HANSEN, P.; MLADENOVIC, N. Variable Neighborhood Search. **Computers & Operations Research**. [S. l.], p. 1097–1100, 1997.

HANSEN, P.; MLADENOVIC, N. VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH. In: BURKE, E. K.; KENDALL, G. **Search Methodologies: Introductory tutorials in optimization and decision support techniques**. Alemanha: Springer-verlag Berlin Heidelberg. Cap. 8, p. 211-238, 2005.

KARP, R. M. On the Computational Complexity of Combinatorial Problems. **Networks**. [S. l.], v. 5, p. 45-68, 1975.

KIRKPATRICK, S. et al. Optimization by simulated annealing. **Science**. [S. l.], v. 220, p. 671-680, 1983.

LAPORTE, G.; ASEF-VAZIR, A.; SRISKANDARAJAH, C. Some Applications of the Generalized Travelling Salesman Problem. **Journal of the Operational Research Society**. [S. l.], v. 47, p. 1461-1467, 1996.

LIAO, X.; TING, C. An Evolutionary Approach for the Selective Pickup and Delivery Problem. **Evolutionary Computation**. [S. l.], 2010.

LIN, S.; KERNIGHAN, B. W. An Effective Heuristic Algorithm for the Traveling-Salesman Problem. **Operations Research**. [S. l.], v. 21, n. 2, 1973.

LITTLE, J. D. C. et al. An Algorithm for the Traveling Salesman Problem. **Operations Research**. [S. l.], v. 11, n. 6, p. 972-989, 1963.

LÓPEZ-IBÁÑEZ, M. et al. **The irace package, iterated race for automatic algorithm configuration**. Bruxelles, Belgium: IRIDIA 2011. (004).

LUCIC, P.; TEODOROVIC, D. Bee System: modeling combinatorial optimization transportation engineering problems by swarm intelligence. Preprints of the TRISTAN IV Triennial Symposium on Transportation Analysis. [S. l.] p. 441-445, 2001.

MATAI, R.; SINGH, S. P.; MITTAL, M. L. An Overview of Applications, Formulations, Traveling Salesman Problem and Solution Approaches. In: DAVENDRA, D. **Traveling Salesman Problem, Theory and Applications**. [S. l.]: Publisher InTech. Cap. 1, p. 1-24, 2010.

MELAMED, I. I.; SERGEEV, S. I.; SIGAL, I. K. **The Traveling Salesman Problem**. [S. l.]: Plenum Publishing Corporation, p. 1147-1173, 1990.

METROPOLIS, N. et al. Equation of state calculations by fast computing machines. **Journal of Chemical Physics**. [S. l.], v. 21, 1953.

MILLER, C. E.; TUCKER, A. W.; ZEMLIN, R. A. Integer programming formulations and traveling salesman problems. **J. ACM**, ACM, New York, NY, USA, v. 7, n. 4, p. 326-329, out. 1960. ISSN 0004-5411.

MINIZINC; TACK, G.; STUCKEY, P. J. **MiniZinc**: A free and open-source constraint modeling language. 2016. Versão 2.0.14. Disponível em: <<http://www.minizinc.org/>>. Acesso em: 25 set. 2016.

MORE. **MORE**: Mecanismo online para referências. Versão 2.0. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: <<http://www.more.ufsc.br/>>. Acesso em: 26 jan. 2017.

PAPADIMITRIOU, C. H.; STEIGLITZ, K. **Combinatorial Optimization Algorithms and Complexity**. Estados Unidos, Nova Iorque: Prentice Hall, 1982.

PARRAGH, S. N.; DOERNER, K. F.; HARTL, R. F. A survey on pickup and delivery problems - Part I: Transportation between customers and depot. **Journal für Betriebswirtschaft**. [S. l.], v.58, n. 1, p. 21-51, 2008.

PARRAGH, S. N.; DOERNER, K. F.; HARTL, R. F. A survey on pickup and delivery problems Part II: Transportation between pickup and delivery locations. **Journal für Betriebswirtschaft**. [S. l.], v.58, n. 2, p. 81-117, 2008.

PHAM, D.T. et al. **The Bees Algorithm - A Novel Tool for Complex Optimisation Problems**. Intelligent Production Machines and Systems, 2006.

TREFETHEN, F. N. A History of Operations Research. In: MCCLOSKEY, J. F.; TREFETHEN, F. N. **Operations Research for Management**. Estados Unidos, Baltimore: Johns Hopkins Press, 1954.

WANG, X.; DESSOUKY, M.; ORDÓÑEZ, F. A Pickup and Delivery Problem for Ridesharing Considering Congestion. **Transportation Letters**. [S. l.], v. 8, p. 259-269, 2016.

WIENER, R. Branch and Bound Implementations for the Traveling Salesperson Problem. **Journal of Object Technology**. Alemanha: Zurique, v. 2, 2003.

ZHANG, W. A note on the complexity of the asymmetric travelling salesman problem. **Operations Research Letters**. [S. l.], v. 20, p. 31-38, 1997.

Apêndice A – Dados experimentais

Tabela 11 – Tempos (s) de execução dos métodos exatos.

| Instância | <i>BB</i> | <i>PM</i> | <i>CP</i> |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 01-01 | 1,27 | 35,77 | 2,63 |
| 01-02 | 1,80 | 33,27 | 2,27 |
| 01-04 | 1,90 | 61,19 | 3,27 |
| 01-05 | 5,03 | 257,92 | 10,26 |
| 01-06 | 0,07 | 4,65 | 0,72 |
| 01-07 | 0,36 | 3,32 | 1,71 |
| 01-08 | 0,10 | 2,35 | 1,24 |
| 01-09 | 2,27 | 19,69 | 15,71 |
| 01-10 | 0,01 | 3,60 | 0,90 |
| 01-11 | 125,1 | - | - |
| 01-13 | 3989,9 | - | - |
| 01-14 | 34542,9 | - | - |
| 01-17 | 9353,6 | - | - |
| 01-19 | 3861,7 | - | - |
| 01-20 | 10546,9 | - | - |
| 02-01 | 2,40 | 22,86 | 1,60 |
| 02-02 | 3,80 | 127,39 | 6,02 |
| 02-03 | 5,80 | 204,57 | 25,08 |
| 02-04 | 6,70 | 237,90 | 7,30 |
| 02-05 | 5,40 | 138,79 | 15,39 |
| 02-06 | 1,00 | 16,66 | 1,21 |
| 02-07 | 0,22 | 5,20 | 0,92 |
| 02-08 | 2,50 | 2,79 | 3,02 |
| 02-09 | 0,50 | 3,60 | 1,65 |
| 02-10 | 1,30 | 33,82 | 2,50 |
| 02-13 | 4048,2 | - | - |
| 02-14 | 3554,8 | - | - |
| 02-16 | 138,1 | - | - |
| 02-18 | 32,5 | - | - |
| 02-19 | 64,6 | - | - |
| 02-20 | 14868,0 | - | - |
| 03-01 | 0,44 | 5,25 | 1,21 |
| 03-02 | 2,35 | 13,17 | 2,18 |
| 03-03 | 1,16 | 8,66 | 1,29 |
| 03-05 | 0,70 | 30,04 | 1,41 |

| Instância | BB | PM | CP |
|------------------|-----------|-----------|-----------|
| 03-06 | 0,01 | 1,15 | 0,68 |
| 03-07 | 0,08 | 4,74 | 0,69 |
| 03-08 | 0,20 | 4,04 | 0,69 |
| 03-10 | 0,30 | 4,38 | 1,07 |
| 03-13 | 46,2 | - | - |
| 03-15 | 12471,9 | - | - |
| 03-16 | 130,4 | - | - |
| 03-18 | 7892,0 | - | - |
| 03-19 | 7198,5 | - | - |
| 03-20 | 6348,3 | - | - |
| 04-01 | 2,50 | 47,45 | 2,55 |
| 04-02 | 2,80 | 102,43 | 1,98 |
| 04-03 | 0,60 | 44,41 | 1,15 |
| 04-05 | 6,90 | 1304,28 | 11,32 |
| 04-06 | 0,17 | 2,88 | 0,80 |
| 04-07 | 2,32 | 4,49 | 1,91 |
| 04-08 | 0,80 | 6,80 | 1,04 |
| 04-09 | 2,38 | 9,52 | 3,72 |
| 04-10 | 2,10 | 6,80 | 3,13 |
| 04-12 | 11015,5 | - | - |
| 04-13 | 4634,5 | - | - |
| 04-15 | 300,4 | - | - |
| 05-01 | 2,90 | 36,62 | 1,72 |
| 05-02 | 0,08 | 3,20 | 0,80 |
| 05-03 | 1,60 | 6,68 | 1,26 |
| 05-04 | 1,90 | 3,19 | 1,50 |
| 05-06 | 1,60 | 2,27 | 2,57 |
| 05-07 | 1,90 | 10,04 | 1,64 |
| 05-08 | 0,70 | 9,15 | 1,73 |
| 05-09 | 1,30 | 9,14 | 1,24 |
| 05-10 | 2,54 | 8,66 | 3,28 |
| 05-11 | 10229,4 | - | - |
| 05-12 | 22974,8 | - | - |
| 05-16 | 1532,1 | - | - |
| 05-17 | 7456,5 | - | - |
| 06-01 | 6,20 | 1087,79 | 6,00 |
| 06-02 | 5,60 | 137,85 | 4,47 |
| 06-04 | 3,34 | 48,49 | 1,80 |
| 06-05 | 5,40 | 109,55 | 4,63 |

| Instância | BB | PM | CP |
|------------------|-----------|-----------|-----------|
| 06-06 | 0,50 | 16,34 | 1,07 |
| 06-07 | 2,40 | 5,25 | 2,37 |
| 06-08 | 3,20 | 189,08 | 4,83 |
| 06-09 | 2,08 | 37,06 | 3,54 |
| 06-10 | 1,20 | 3,87 | 1,86 |
| 06-11 | 15702,7 | - | - |
| 07-01 | 0,70 | 1,68 | 0,95 |
| 07-02 | 2,23 | 3,87 | 0,74 |
| 07-03 | 7,88 | 5,62 | 1,62 |
| 07-05 | 10,94 | 35,64 | 2,48 |
| 07-06 | 0,30 | 2,95 | 0,40 |
| 07-07 | 0,30 | 3,06 | 0,94 |
| 07-08 | 0,16 | 2,02 | 0,44 |
| 07-10 | 0,30 | 3,81 | 0,65 |
| 07-14 | 1831,8 | - | - |
| 07-17 | 1665,6 | - | - |
| 07-18 | 17484,7 | - | - |
| 07-20 | 5830,7 | - | - |
| 08-01 | 1,15 | 2,58 | 0,51 |
| 08-02 | 5,17 | 3,97 | 2,25 |
| 08-03 | 19,61 | 41,99 | 4,56 |
| 08-04 | 1,19 | 4,52 | 0,44 |
| 08-05 | 20,62 | 49,99 | 8,43 |
| 08-06 | 16,15 | 12,05 | 3,35 |
| 08-07 | 0,40 | 0,68 | 0,44 |
| 08-08 | 4,70 | 2,91 | 0,66 |
| 08-09 | 0,40 | 1,13 | 0,58 |
| 08-10 | 6,37 | 3,19 | 1,91 |
| 08-14 | 4981,0 | - | - |
| 08-15 | 3129,3 | - | - |
| 08-16 | 5265,0 | - | - |
| 08-18 | 12681,5 | - | - |
| 08-19 | 5652,9 | - | - |
| 08-20 | 13561,9 | - | - |
| 09-01 | 18,01 | 33,89 | 7,09 |
| 09-02 | 0,40 | 3,02 | 0,85 |
| 09-04 | 1,94 | 4,88 | 0,78 |
| 09-05 | 4,34 | 3,24 | 1,24 |
| 09-06 | 0,20 | 2,35 | 0,31 |

| Instância | BB | PM | CP |
|------------------|-----------|-----------|-----------|
| 09-07 | 0,66 | 4,06 | 0,41 |
| 09-08 | 13,15 | 3,70 | 1,36 |
| 09-09 | 5,84 | 5,00 | 2,15 |
| 09-10 | 0,20 | 2,15 | 0,88 |
| 09-13 | 3645,7 | - | - |
| 09-14 | 13180,6 | - | - |
| 09-15 | 23412,4 | - | - |
| 09-16 | 1032,2 | - | - |
| 09-17 | 7300,7 | - | - |
| 09-19 | 2245,6 | - | - |
| 10-02 | 1,10 | 5,97 | 0,39 |
| 10-03 | 2,70 | 11,19 | 0,97 |
| 10-04 | 11,22 | 6,45 | 0,76 |
| 10-05 | 4,30 | 4,40 | 0,92 |
| 10-07 | 3,97 | 3,54 | 0,75 |
| 10-08 | 0,60 | 3,73 | 0,38 |
| 10-09 | 10,99 | 2,20 | 1,68 |
| 10-10 | 19,11 | 34,89 | 27,61 |
| 10-11 | 691,9 | - | - |
| 10-14 | 16161,9 | - | - |
| 11-01 | 1,66 | 3,44 | 0,81 |
| 11-02 | 0,28 | 2,48 | 0,20 |
| 11-03 | 5,37 | 3,69 | 1,15 |
| 11-05 | 12,12 | 2,79 | 1,18 |
| 11-06 | 17,26 | 2,07 | 7,28 |
| 11-07 | 17,64 | 6,64 | 2,35 |
| 11-08 | 8,90 | 4,05 | 1,03 |
| 11-09 | 0,69 | 3,04 | 1,34 |
| 11-10 | 18,51 | 2,23 | 8,19 |
| 11-11 | 1835,2 | - | - |
| 12-01 | 18,16 | 165,45 | 1,31 |
| 12-02 | 19,59 | 82,78 | 2,42 |
| 12-03 | 0,25 | 2,51 | 0,68 |
| 12-04 | 17,43 | 11,69 | 1,86 |
| 12-05 | 17,69 | 20,83 | 2,12 |
| 12-06 | 0,77 | 4,92 | 0,87 |
| 12-07 | 19,58 | 4,09 | 10,07 |
| 12-09 | 18,96 | 9,62 | 13,70 |
| 12-10 | 1,61 | 4,43 | 0,63 |

| Instância | <i>BB</i> | <i>PM</i> | <i>CP</i> |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| 12-12 | 2192,6 | - | - |
| 12-13 | 22673,5 | - | - |
| 12-15 | 5831,8 | - | - |
| Média N=10 | 4,73 | 48,53 | 3,02 |
| Média N=20 | 7611,42 | - | - |

Tabela 12 – Tempos médios (s) das execuções dos métodos heurísticos.

| Instância | <i>SAop</i> | <i>SABL</i> | <i>BA</i> | <i>GA</i> | <i>VNS</i> |
|------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 01-01 | 1,0 | 2,3 | 3,7 | 7,9 | 0,6 |
| 01-02 | 1,0 | 2,3 | 3,7 | 8,5 | 0,6 |
| 01-04 | 1,0 | 2,1 | 3,6 | 8,2 | 0,6 |
| 01-05 | 1,0 | 2,3 | 3,7 | 8,0 | 0,8 |
| 01-06 | 0,9 | 1,6 | 3,7 | 7,9 | 0,5 |
| 01-07 | 0,9 | 1,7 | 3,7 | 8,2 | 0,6 |
| 01-08 | 0,9 | 1,6 | 3,4 | 8,1 | 0,4 |
| 01-09 | 0,9 | 1,7 | 3,7 | 8,0 | 0,5 |
| 01-10 | 0,9 | 1,8 | 4,0 | 7,9 | 0,4 |
| 01-11 | 1,0 | 6,5 | 8,3 | 10,3 | 3,0 |
| 01-12 | 1,0 | 6,3 | 8,0 | 10,0 | 3,8 |
| 01-13 | 1,0 | 6,5 | 8,1 | 10,2 | 3,3 |
| 01-14 | 1,0 | 7,8 | 7,4 | 10,6 | 3,2 |
| 01-15 | 1,1 | 7,7 | 7,6 | 10,7 | 3,8 |
| 01-17 | 1,0 | 4,1 | 9,6 | 9,3 | 1,9 |
| 01-19 | 1,0 | 4,2 | 10,4 | 9,3 | 2,5 |
| 01-20 | 1,0 | 4,6 | 14,3 | 9,5 | 2,7 |
| 01-22 | 1,1 | 12,9 | 13,6 | 12,6 | 7,4 |
| 01-23 | 1,1 | 12,2 | 13,6 | 11,4 | 6,1 |
| 01-25 | 1,1 | 13,1 | 12,1 | 11,4 | 7,3 |
| 01-26 | 1,0 | 8,9 | 14,7 | 11,2 | 3,3 |
| 01-27 | 1,0 | 8,6 | 12,7 | 10,3 | 3,8 |
| 01-28 | 1,0 | 9,2 | 12,8 | 10,3 | 2,7 |
| 01-30 | 1,0 | 9,1 | 14,8 | 10,3 | 3,8 |
| 01-31 | 1,2 | 19,6 | 19,1 | 13,1 | 10,4 |
| 01-33 | 1,2 | 20,4 | 18,7 | 14,8 | 8,7 |
| 01-34 | 1,2 | 21,4 | 18,5 | 13,6 | 8,4 |
| 01-35 | 1,2 | 20,6 | 17,5 | 13,2 | 6,8 |
| 01-36 | 1,1 | 16,7 | 19,8 | 12,8 | 5,3 |
| 01-37 | 1,1 | 17,0 | 17,8 | 11,7 | 5,8 |
| 01-39 | 1,1 | 17,0 | 17,9 | 11,8 | 5,9 |
| 01-40 | 1,1 | 15,9 | 18,5 | 11,3 | 5,5 |
| 01-42 | 1,3 | 31,9 | 23,6 | 15,6 | 12,0 |
| 01-45 | 1,3 | 33,9 | 24,0 | 16,4 | 12,3 |
| 01-46 | 1,2 | 29,7 | 23,8 | 14,3 | 8,5 |
| 01-48 | 1,3 | 29,8 | 21,2 | 14,8 | 8,3 |
| 01-49 | 1,3 | 28,4 | 21,8 | 12,7 | 9,8 |
| 01-50 | 1,2 | 29,5 | 24,4 | 15,1 | 8,0 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| 02-01 | 1,0 | 2,3 | 3,8 | 8,6 | 0,7 |
| 02-02 | 1,0 | 2,1 | 3,9 | 8,3 | 0,7 |
| 02-03 | 1,0 | 2,9 | 3,8 | 8,7 | 0,8 |
| 02-04 | 1,0 | 2,9 | 4,1 | 8,9 | 0,9 |
| 02-05 | 1,0 | 2,0 | 3,6 | 8,7 | 0,6 |
| 02-06 | 1,0 | 2,6 | 3,7 | 8,8 | 0,6 |
| 02-07 | 1,0 | 2,2 | 4,0 | 8,8 | 0,8 |
| 02-08 | 1,0 | 1,8 | 3,7 | 8,5 | 0,6 |
| 02-09 | 1,0 | 1,8 | 3,8 | 8,3 | 0,6 |
| 02-10 | 1,0 | 2,2 | 4,4 | 8,3 | 0,6 |
| 02-12 | 1,0 | 6,4 | 8,3 | 10,4 | 3,5 |
| 02-13 | 1,1 | 7,3 | 8,4 | 11,0 | 4,3 |
| 02-14 | 1,0 | 6,4 | 10,0 | 10,7 | 3,7 |
| 02-16 | 1,0 | 5,0 | 7,9 | 9,8 | 2,5 |
| 02-17 | 1,0 | 4,6 | 9,3 | 9,7 | 2,5 |
| 02-18 | 1,0 | 5,2 | 9,3 | 9,8 | 2,6 |
| 02-19 | 1,0 | 5,3 | 10,4 | 10,4 | 2,4 |
| 02-20 | 1,0 | 4,9 | 9,6 | 10,2 | 2,4 |
| 02-22 | 1,1 | 12,3 | 13,3 | 12,9 | 5,7 |
| 02-23 | 1,1 | 11,7 | 12,1 | 12,4 | 6,3 |
| 02-26 | 1,1 | 9,7 | 11,3 | 10,8 | 3,8 |
| 02-27 | 1,1 | 10,7 | 13,2 | 11,2 | 4,9 |
| 02-28 | 1,1 | 10,3 | 14,5 | 11,3 | 5,2 |
| 02-29 | 1,1 | 10,1 | 14,2 | 11,3 | 5,0 |
| 02-31 | 1,2 | 20,5 | 20,8 | 15,0 | 10,4 |
| 02-32 | 1,2 | 19,3 | 17,1 | 14,0 | 8,5 |
| 02-34 | 1,2 | 20,1 | 17,8 | 13,5 | 11,6 |
| 02-35 | 1,2 | 20,2 | 20,0 | 14,7 | 10,7 |
| 02-37 | 1,2 | 17,6 | 21,8 | 13,6 | 6,8 |
| 02-38 | 1,2 | 18,5 | 23,2 | 13,5 | 8,7 |
| 02-39 | 1,2 | 18,4 | 19,5 | 14,0 | 9,0 |
| 02-40 | 1,2 | 17,9 | 19,8 | 13,0 | 7,7 |
| 02-41 | 1,4 | 32,4 | 24,6 | 15,9 | 16,8 |
| 02-42 | 1,4 | 32,8 | 23,4 | 16,5 | 15,7 |
| 02-43 | 1,3 | 33,5 | 25,0 | 16,2 | 13,3 |
| 02-45 | 1,3 | 32,6 | 23,5 | 14,8 | 14,8 |
| 02-46 | 1,3 | 32,4 | 25,1 | 14,2 | 7,9 |
| 02-47 | 1,3 | 29,6 | 23,8 | 14,5 | 11,2 |
| 02-48 | 1,3 | 30,5 | 25,7 | 13,9 | 9,0 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| 02-49 | 1,3 | 30,8 | 22,1 | 14,4 | 9,7 |
| 02-50 | 1,3 | 29,2 | 25,9 | 17,0 | 9,0 |
| 03-01 | 0,9 | 1,9 | 3,5 | 8,0 | 0,4 |
| 03-02 | 0,9 | 1,9 | 3,9 | 8,4 | 0,6 |
| 03-03 | 1,0 | 2,5 | 4,1 | 8,2 | 0,8 |
| 03-05 | 1,0 | 2,2 | 3,9 | 8,3 | 0,8 |
| 03-06 | 0,9 | 2,1 | 5,6 | 8,6 | 0,8 |
| 03-07 | 0,9 | 2,1 | 4,1 | 8,4 | 0,6 |
| 03-08 | 0,9 | 1,8 | 4,0 | 8,0 | 0,6 |
| 03-10 | 0,9 | 1,7 | 4,0 | 8,2 | 0,5 |
| 03-12 | 1,0 | 6,4 | 10,1 | 9,8 | 3,4 |
| 03-13 | 1,0 | 5,4 | 9,0 | 10,2 | 2,4 |
| 03-14 | 1,0 | 5,4 | 10,3 | 9,8 | 2,6 |
| 03-15 | 1,0 | 5,4 | 9,6 | 10,0 | 3,0 |
| 03-16 | 1,0 | 4,2 | 10,0 | 9,2 | 2,3 |
| 03-17 | 1,0 | 4,2 | 9,9 | 10,1 | 2,4 |
| 03-18 | 1,0 | 5,3 | 10,8 | 9,7 | 2,3 |
| 03-19 | 1,0 | 4,7 | 10,6 | 9,6 | 2,6 |
| 03-20 | 1,0 | 3,9 | 9,1 | 9,1 | 2,0 |
| 03-21 | 1,1 | 10,2 | 14,0 | 11,3 | 4,7 |
| 03-22 | 1,1 | 10,1 | 13,6 | 11,3 | 5,5 |
| 03-23 | 1,1 | 10,1 | 13,4 | 11,2 | 5,2 |
| 03-24 | 1,1 | 10,2 | 12,4 | 11,5 | 4,6 |
| 03-25 | 1,1 | 10,7 | 14,2 | 11,3 | 5,5 |
| 03-26 | 1,0 | 9,4 | 14,7 | 11,1 | 4,0 |
| 03-27 | 1,0 | 9,6 | 14,3 | 11,2 | 3,8 |
| 03-28 | 1,0 | 8,7 | 13,5 | 9,9 | 3,8 |
| 03-29 | 1,0 | 9,4 | 16,4 | 10,6 | 5,1 |
| 03-31 | 1,2 | 19,3 | 17,1 | 12,3 | 9,2 |
| 03-32 | 1,1 | 18,1 | 18,8 | 13,7 | 8,7 |
| 03-33 | 1,1 | 18,6 | 18,5 | 12,6 | 6,3 |
| 03-34 | 1,2 | 19,0 | 20,4 | 13,3 | 6,5 |
| 03-35 | 1,2 | 18,7 | 17,1 | 12,4 | 8,9 |
| 03-36 | 1,1 | 16,7 | 17,7 | 11,5 | 7,2 |
| 03-38 | 1,1 | 16,9 | 18,9 | 13,1 | 7,9 |
| 03-39 | 1,1 | 16,6 | 18,8 | 11,8 | 6,3 |
| 03-40 | 1,1 | 17,6 | 21,0 | 11,9 | 5,6 |
| 03-41 | 1,3 | 30,2 | 22,7 | 14,0 | 11,3 |
| 03-42 | 1,3 | 29,8 | 27,2 | 13,9 | 9,1 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| 03-43 | 1,3 | 30,0 | 22,4 | 13,8 | 11,1 |
| 03-44 | 1,3 | 30,7 | 23,6 | 15,1 | 10,7 |
| 03-45 | 1,3 | 30,5 | 21,6 | 13,5 | 8,0 |
| 03-47 | 1,2 | 28,7 | 23,2 | 13,6 | 8,8 |
| 03-48 | 1,3 | 28,9 | 22,2 | 13,0 | 10,9 |
| 03-49 | 1,3 | 29,4 | 22,7 | 13,3 | 10,0 |
| 03-50 | 1,2 | 27,7 | 24,5 | 15,1 | 10,7 |
| 04-01 | 1,0 | 3,0 | 3,9 | 8,2 | 0,7 |
| 04-02 | 1,0 | 2,7 | 4,3 | 8,3 | 0,9 |
| 04-03 | 1,1 | 4,0 | 4,6 | 9,9 | 1,1 |
| 04-05 | 1,0 | 3,0 | 4,4 | 8,6 | 0,9 |
| 04-06 | 1,0 | 2,0 | 4,2 | 8,4 | 0,6 |
| 04-07 | 1,0 | 1,8 | 4,2 | 8,2 | 0,6 |
| 04-08 | 1,0 | 2,0 | 4,4 | 8,8 | 0,6 |
| 04-09 | 1,0 | 1,8 | 3,9 | 8,3 | 0,6 |
| 04-10 | 0,9 | 1,7 | 3,7 | 8,5 | 0,5 |
| 04-11 | 1,1 | 9,1 | 9,3 | 11,7 | 5,3 |
| 04-12 | 1,1 | 10,0 | 10,8 | 11,7 | 4,9 |
| 04-13 | 1,1 | 6,4 | 10,6 | 10,3 | 3,3 |
| 04-14 | 1,0 | 5,4 | 11,9 | 10,6 | 2,7 |
| 04-15 | 1,1 | 7,0 | 11,8 | 10,7 | 4,0 |
| 04-17 | 1,0 | 5,8 | 11,1 | 10,3 | 2,3 |
| 04-18 | 1,0 | 5,1 | 12,5 | 10,7 | 2,4 |
| 04-19 | 1,0 | 5,9 | 13,8 | 11,1 | 3,6 |
| 04-20 | 1,0 | 5,9 | 11,3 | 10,5 | 3,5 |
| 04-21 | 1,1 | 13,5 | 25,9 | 14,4 | 8,6 |
| 04-22 | 1,2 | 16,5 | 27,6 | 15,1 | 9,7 |
| 04-23 | 1,1 | 14,2 | 23,2 | 14,5 | 8,6 |
| 04-25 | 1,1 | 13,7 | 26,1 | 16,1 | 9,6 |
| 04-27 | 1,1 | 12,3 | 26,8 | 13,0 | 6,0 |
| 04-28 | 1,1 | 11,4 | 28,8 | 14,1 | 5,7 |
| 04-29 | 1,1 | 13,4 | 26,5 | 13,6 | 7,7 |
| 04-30 | 1,1 | 12,6 | 25,6 | 13,6 | 6,9 |
| 04-31 | 1,2 | 21,4 | 32,1 | 16,7 | 8,6 |
| 04-32 | 1,2 | 25,4 | 41,6 | 19,4 | 16,9 |
| 04-33 | 1,2 | 25,3 | 44,5 | 18,4 | 15,2 |
| 04-35 | 1,2 | 23,7 | 32,9 | 17,8 | 11,7 |
| 04-36 | 1,2 | 21,5 | 34,1 | 15,1 | 12,1 |
| 04-37 | 1,2 | 22,8 | 39,3 | 17,3 | 10,1 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| 04-38 | 1,2 | 21,4 | 37,5 | 14,9 | 8,7 |
| 04-40 | 1,2 | 22,5 | 44,7 | 16,9 | 15,8 |
| 04-42 | 1,3 | 36,5 | 43,8 | 20,0 | 16,5 |
| 04-43 | 1,3 | 37,5 | 50,2 | 20,5 | 18,0 |
| 04-45 | 1,3 | 36,3 | 43,1 | 20,2 | 16,3 |
| 04-46 | 1,3 | 35,4 | 46,0 | 18,8 | 13,8 |
| 04-47 | 1,3 | 33,5 | 48,3 | 18,6 | 14,1 |
| 04-48 | 1,3 | 34,6 | 49,5 | 20,8 | 11,3 |
| 05-01 | 1,0 | 2,0 | 4,2 | 8,7 | 0,6 |
| 05-02 | 1,0 | 2,9 | 5,1 | 8,6 | 0,9 |
| 05-03 | 1,0 | 1,9 | 4,2 | 9,0 | 0,5 |
| 05-04 | 1,0 | 2,0 | 4,1 | 8,3 | 0,5 |
| 05-06 | 1,0 | 1,7 | 3,6 | 8,2 | 0,6 |
| 05-07 | 0,9 | 1,6 | 3,4 | 8,0 | 0,5 |
| 05-08 | 0,9 | 1,7 | 3,7 | 8,9 | 0,5 |
| 05-09 | 0,9 | 2,0 | 4,5 | 8,2 | 0,6 |
| 05-10 | 0,9 | 1,9 | 3,8 | 9,2 | 0,5 |
| 05-11 | 1,0 | 6,4 | 13,2 | 10,8 | 2,8 |
| 05-12 | 1,0 | 5,4 | 12,5 | 10,9 | 3,2 |
| 05-13 | 1,0 | 5,7 | 11,0 | 10,8 | 4,2 |
| 05-15 | 1,0 | 7,1 | 14,1 | 10,6 | 3,9 |
| 05-16 | 1,0 | 4,8 | 17,3 | 10,0 | 3,1 |
| 05-17 | 1,0 | 5,8 | 15,6 | 10,4 | 3,1 |
| 05-18 | 1,0 | 5,7 | 14,8 | 10,2 | 3,0 |
| 05-19 | 1,0 | 5,0 | 11,8 | 10,0 | 2,3 |
| 05-20 | 1,0 | 5,2 | 16,0 | 10,0 | 3,4 |
| 05-22 | 1,1 | 12,7 | 25,9 | 13,8 | 8,0 |
| 05-23 | 1,1 | 13,0 | 30,5 | 13,8 | 7,5 |
| 05-24 | 1,1 | 13,6 | 25,5 | 13,5 | 7,5 |
| 05-27 | 1,1 | 12,2 | 29,3 | 11,7 | 4,3 |
| 05-28 | 1,1 | 11,1 | 30,3 | 12,2 | 6,9 |
| 05-29 | 1,1 | 10,7 | 30,5 | 14,5 | 6,8 |
| 05-30 | 1,1 | 12,0 | 28,8 | 12,4 | 6,2 |
| 05-31 | 1,2 | 21,4 | 38,0 | 16,1 | 11,6 |
| 05-32 | 1,2 | 20,8 | 37,9 | 16,8 | 11,9 |
| 05-33 | 1,2 | 22,3 | 39,4 | 14,9 | 12,0 |
| 05-34 | 1,2 | 20,7 | 40,8 | 16,0 | 11,6 |
| 05-35 | 1,2 | 21,7 | 35,0 | 15,6 | 11,3 |
| 05-36 | 1,1 | 19,7 | 40,0 | 14,8 | 12,1 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| 05-37 | 1,1 | 20,8 | 38,7 | 14,3 | 10,9 |
| 05-38 | 1,1 | 21,5 | 44,3 | 14,9 | 10,4 |
| 05-39 | 1,2 | 20,0 | 37,3 | 15,1 | 8,2 |
| 05-40 | 1,2 | 20,6 | 39,0 | 14,8 | 9,9 |
| 05-41 | 1,3 | 36,2 | 53,6 | 21,7 | 18,1 |
| 05-43 | 1,3 | 34,9 | 50,6 | 19,3 | 15,1 |
| 05-44 | 1,3 | 35,6 | 42,7 | 22,6 | 16,2 |
| 05-45 | 1,3 | 36,0 | 51,4 | 17,4 | 19,5 |
| 05-46 | 1,3 | 35,6 | 48,7 | 17,0 | 16,8 |
| 05-47 | 1,3 | 33,1 | 43,0 | 14,6 | 13,0 |
| 05-48 | 1,3 | 33,8 | 59,5 | 18,1 | 13,0 |
| 05-49 | 1,3 | 33,3 | 43,9 | 17,1 | 14,5 |
| 05-50 | 1,3 | 34,8 | 47,4 | 15,3 | 15,6 |
| 06-01 | 1,0 | 2,3 | 4,3 | 8,7 | 0,7 |
| 06-02 | 1,0 | 2,6 | 4,0 | 8,7 | 0,8 |
| 06-04 | 1,0 | 2,8 | 4,5 | 8,5 | 0,8 |
| 06-05 | 1,0 | 2,2 | 3,9 | 9,2 | 0,7 |
| 06-06 | 0,9 | 1,7 | 3,6 | 8,1 | 0,5 |
| 06-07 | 0,9 | 1,9 | 3,8 | 8,5 | 0,5 |
| 06-08 | 0,9 | 1,7 | 3,5 | 8,1 | 0,6 |
| 06-09 | 0,9 | 1,7 | 3,5 | 8,4 | 0,5 |
| 06-10 | 0,9 | 1,6 | 3,3 | 7,9 | 0,4 |
| 06-11 | 1,1 | 7,8 | 11,8 | 11,8 | 4,9 |
| 06-12 | 1,1 | 8,8 | 11,1 | 11,5 | 5,3 |
| 06-14 | 1,0 | 6,9 | 10,5 | 11,2 | 4,2 |
| 06-15 | 1,1 | 9,1 | 11,5 | 11,5 | 4,8 |
| 06-17 | 1,0 | 4,7 | 13,7 | 9,6 | 3,0 |
| 06-18 | 1,0 | 5,0 | 15,2 | 10,1 | 3,7 |
| 06-19 | 1,0 | 5,8 | 16,6 | 10,6 | 3,3 |
| 06-21 | 1,1 | 15,0 | 22,5 | 14,7 | 8,7 |
| 06-22 | 1,1 | 15,3 | 26,7 | 14,5 | 9,9 |
| 06-24 | 1,1 | 14,6 | 25,2 | 14,0 | 11,0 |
| 06-25 | 1,1 | 15,2 | 25,0 | 15,1 | 8,8 |
| 06-26 | 1,0 | 11,4 | 29,8 | 11,7 | 6,4 |
| 06-27 | 1,0 | 10,7 | 26,0 | 12,3 | 6,5 |
| 06-28 | 1,0 | 11,7 | 29,4 | 13,4 | 7,5 |
| 06-29 | 1,0 | 11,5 | 29,0 | 12,5 | 6,6 |
| 06-30 | 1,0 | 10,2 | 24,4 | 12,4 | 6,3 |
| 06-31 | 1,2 | 25,2 | 39,6 | 16,3 | 13,7 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| 06-33 | 1,2 | 26,3 | 42,1 | 17,7 | 16,1 |
| 06-34 | 1,2 | 23,8 | 34,1 | 17,2 | 14,3 |
| 06-35 | 1,2 | 23,4 | 39,5 | 17,1 | 12,4 |
| 06-36 | 1,1 | 20,3 | 39,4 | 14,5 | 12,0 |
| 06-39 | 1,1 | 20,7 | 35,0 | 14,2 | 10,1 |
| 06-40 | 1,1 | 19,6 | 35,5 | 15,0 | 10,6 |
| 06-41 | 1,3 | 37,5 | 44,9 | 19,2 | 20,4 |
| 06-42 | 1,3 | 38,3 | 43,9 | 18,9 | 23,5 |
| 06-43 | 1,3 | 37,2 | 45,7 | 19,0 | 16,7 |
| 06-44 | 1,4 | 39,8 | 44,4 | 19,4 | 23,2 |
| 06-46 | 1,2 | 34,3 | 47,6 | 16,6 | 16,5 |
| 06-47 | 1,3 | 33,4 | 44,0 | 16,0 | 17,9 |
| 06-48 | 1,3 | 34,2 | 44,9 | 15,2 | 15,0 |
| 06-49 | 1,3 | 34,4 | 53,8 | 16,5 | 14,1 |
| 06-50 | 1,3 | 34,6 | 42,6 | 15,8 | 14,7 |
| 07-01 | 1,0 | 2,2 | 3,7 | 8,1 | 0,6 |
| 07-02 | 1,0 | 2,0 | 3,6 | 8,3 | 0,6 |
| 07-03 | 1,0 | 2,7 | 3,8 | 8,2 | 0,7 |
| 07-05 | 1,0 | 2,4 | 3,7 | 8,2 | 0,7 |
| 07-06 | 0,9 | 1,8 | 4,0 | 7,8 | 0,6 |
| 07-07 | 0,9 | 1,7 | 3,7 | 8,0 | 0,6 |
| 07-08 | 0,9 | 1,8 | 3,9 | 7,8 | 0,5 |
| 07-10 | 0,9 | 1,8 | 3,8 | 8,0 | 0,5 |
| 07-12 | 1,1 | 7,3 | 8,1 | 9,8 | 4,3 |
| 07-13 | 1,1 | 7,6 | 7,7 | 10,1 | 4,9 |
| 07-14 | 1,1 | 7,4 | 7,7 | 9,7 | 4,5 |
| 07-15 | 1,1 | 7,2 | 7,2 | 9,8 | 4,2 |
| 07-16 | 1,0 | 4,5 | 10,0 | 9,4 | 2,5 |
| 07-17 | 1,0 | 4,0 | 9,2 | 9,1 | 2,3 |
| 07-18 | 1,0 | 4,5 | 9,4 | 9,3 | 2,4 |
| 07-20 | 1,0 | 4,5 | 10,2 | 9,2 | 2,5 |
| 07-21 | 1,2 | 13,9 | 13,8 | 12,7 | 11,0 |
| 07-22 | 1,3 | 18,4 | 13,6 | 12,4 | 13,5 |
| 07-23 | 1,2 | 14,7 | 13,6 | 11,0 | 11,5 |
| 07-24 | 1,2 | 15,7 | 15,8 | 11,2 | 9,3 |
| 07-25 | 1,2 | 15,1 | 12,5 | 11,7 | 12,0 |
| 07-26 | 1,0 | 8,9 | 13,9 | 10,8 | 4,8 |
| 07-27 | 1,1 | 9,5 | 13,4 | 10,3 | 4,8 |
| 07-28 | 1,1 | 9,6 | 15,7 | 11,1 | 5,1 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| 07-30 | 1,0 | 9,1 | 15,2 | 11,5 | 5,0 |
| 07-31 | 1,4 | 27,8 | 20,6 | 13,2 | 20,9 |
| 07-32 | 1,4 | 27,6 | 19,3 | 12,9 | 20,9 |
| 07-33 | 1,3 | 25,9 | 19,2 | 13,7 | 20,7 |
| 07-34 | 1,4 | 29,6 | 21,8 | 12,9 | 20,2 |
| 07-35 | 1,3 | 27,3 | 21,7 | 13,4 | 19,4 |
| 07-36 | 1,2 | 17,4 | 19,3 | 11,7 | 10,7 |
| 07-37 | 1,2 | 18,0 | 20,2 | 11,5 | 8,5 |
| 07-38 | 1,2 | 17,4 | 18,3 | 12,7 | 10,0 |
| 07-40 | 1,2 | 17,4 | 19,9 | 11,4 | 8,9 |
| 07-41 | 1,6 | 46,9 | 31,8 | 15,1 | 38,7 |
| 07-42 | 1,6 | 45,1 | 27,0 | 14,5 | 33,7 |
| 07-43 | 1,6 | 45,3 | 25,7 | 15,2 | 35,7 |
| 07-44 | 1,5 | 44,0 | 28,4 | 15,5 | 32,8 |
| 07-45 | 1,7 | 49,4 | 27,7 | 15,2 | 38,0 |
| 07-46 | 1,3 | 28,9 | 24,9 | 12,9 | 17,0 |
| 07-47 | 1,3 | 29,4 | 26,0 | 13,2 | 15,1 |
| 07-49 | 1,3 | 29,0 | 22,6 | 13,8 | 13,4 |
| 08-01 | 1,0 | 2,3 | 3,7 | 8,2 | 0,7 |
| 08-02 | 0,9 | 1,9 | 3,8 | 8,1 | 0,7 |
| 08-03 | 1,0 | 2,4 | 3,8 | 8,7 | 0,7 |
| 08-04 | 1,0 | 3,2 | 4,0 | 8,8 | 1,0 |
| 08-05 | 0,9 | 1,9 | 3,5 | 7,9 | 0,6 |
| 08-06 | 1,0 | 2,4 | 3,8 | 8,8 | 0,6 |
| 08-07 | 1,0 | 2,2 | 4,0 | 8,6 | 0,8 |
| 08-08 | 0,9 | 1,7 | 3,6 | 8,3 | 0,7 |
| 08-09 | 0,9 | 1,9 | 3,9 | 8,1 | 0,6 |
| 08-10 | 0,9 | 1,8 | 3,6 | 8,0 | 0,7 |
| 08-11 | 1,0 | 6,1 | 8,3 | 9,9 | 3,6 |
| 08-12 | 1,0 | 6,4 | 7,8 | 9,9 | 4,0 |
| 08-14 | 1,1 | 6,7 | 8,6 | 9,7 | 3,9 |
| 08-15 | 1,2 | 10,8 | 7,9 | 10,1 | 6,3 |
| 08-16 | 1,0 | 6,2 | 8,8 | 9,8 | 3,5 |
| 08-18 | 1,0 | 5,6 | 9,6 | 9,8 | 3,2 |
| 08-19 | 1,0 | 6,1 | 9,9 | 9,8 | 3,5 |
| 08-20 | 1,0 | 5,5 | 9,1 | 10,1 | 3,4 |
| 08-21 | 1,2 | 17,2 | 13,6 | 12,0 | 13,2 |
| 08-22 | 1,2 | 15,2 | 13,5 | 11,2 | 11,8 |
| 08-23 | 1,2 | 15,3 | 14,2 | 12,0 | 11,9 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| 08-24 | 1,2 | 15,5 | 13,4 | 12,9 | 12,2 |
| 08-25 | 1,2 | 15,7 | 11,0 | 11,8 | 11,2 |
| 08-26 | 1,1 | 11,1 | 14,4 | 10,5 | 7,4 |
| 08-27 | 1,1 | 13,0 | 13,3 | 11,4 | 7,9 |
| 08-29 | 1,1 | 11,7 | 13,8 | 10,7 | 7,3 |
| 08-30 | 1,1 | 11,9 | 13,1 | 10,3 | 7,0 |
| 08-31 | 1,4 | 26,6 | 21,7 | 12,8 | 21,8 |
| 08-32 | 1,4 | 29,6 | 18,4 | 12,7 | 21,7 |
| 08-33 | 1,3 | 25,3 | 20,9 | 13,2 | 23,1 |
| 08-34 | 1,3 | 26,8 | 19,6 | 12,4 | 18,6 |
| 08-35 | 1,3 | 25,6 | 19,1 | 12,6 | 19,1 |
| 08-36 | 1,2 | 21,7 | 18,8 | 13,3 | 14,0 |
| 08-37 | 1,3 | 23,4 | 22,9 | 12,5 | 15,5 |
| 08-38 | 1,2 | 21,5 | 21,0 | 12,6 | 15,1 |
| 08-39 | 1,2 | 21,7 | 20,5 | 12,0 | 13,3 |
| 08-40 | 1,3 | 22,5 | 19,0 | 12,1 | 16,2 |
| 08-41 | 1,6 | 46,4 | 31,1 | 14,9 | 38,1 |
| 08-42 | 1,5 | 43,4 | 26,7 | 15,8 | 37,0 |
| 08-43 | 1,6 | 46,9 | 28,8 | 14,3 | 37,3 |
| 08-44 | 1,5 | 44,2 | 26,0 | 16,0 | 35,9 |
| 08-47 | 1,4 | 35,0 | 25,2 | 13,6 | 21,0 |
| 08-48 | 1,4 | 37,7 | 26,7 | 13,1 | 26,0 |
| 09-01 | 1,0 | 2,2 | 3,8 | 8,2 | 0,7 |
| 09-02 | 1,0 | 2,4 | 4,1 | 8,2 | 0,8 |
| 09-04 | 1,0 | 2,2 | 4,0 | 9,0 | 0,7 |
| 09-05 | 1,0 | 2,2 | 4,0 | 8,1 | 0,6 |
| 09-06 | 1,0 | 1,8 | 4,9 | 9,0 | 0,6 |
| 09-07 | 0,9 | 1,8 | 4,0 | 8,2 | 0,6 |
| 09-08 | 0,9 | 1,8 | 4,1 | 8,4 | 0,6 |
| 09-09 | 0,9 | 1,7 | 3,6 | 8,1 | 0,5 |
| 09-10 | 0,9 | 1,8 | 3,9 | 8,4 | 0,6 |
| 09-12 | 1,0 | 5,6 | 9,2 | 9,7 | 3,4 |
| 09-13 | 1,1 | 6,4 | 7,9 | 9,7 | 3,8 |
| 09-14 | 1,0 | 5,5 | 9,4 | 9,8 | 3,5 |
| 09-15 | 1,0 | 5,7 | 9,9 | 9,7 | 3,2 |
| 09-16 | 1,0 | 4,7 | 10,1 | 10,1 | 2,5 |
| 09-17 | 1,0 | 4,9 | 10,4 | 9,6 | 2,4 |
| 09-19 | 1,0 | 4,8 | 10,6 | 9,2 | 2,6 |
| 09-20 | 1,0 | 4,2 | 10,8 | 9,3 | 2,6 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| 09-21 | 1,2 | 14,2 | 16,4 | 11,1 | 10,9 |
| 09-22 | 1,1 | 12,1 | 14,6 | 10,6 | 7,8 |
| 09-23 | 1,1 | 11,6 | 13,8 | 11,7 | 8,5 |
| 09-24 | 1,1 | 12,0 | 15,4 | 10,7 | 8,5 |
| 09-26 | 1,1 | 9,6 | 15,0 | 10,6 | 5,7 |
| 09-27 | 1,1 | 9,9 | 14,5 | 11,6 | 5,9 |
| 09-29 | 1,1 | 9,5 | 15,8 | 10,4 | 5,6 |
| 09-30 | 1,1 | 9,8 | 15,1 | 10,4 | 5,4 |
| 09-32 | 1,3 | 22,8 | 20,2 | 11,7 | 13,7 |
| 09-33 | 1,2 | 22,3 | 19,1 | 11,9 | 13,2 |
| 09-34 | 1,3 | 22,0 | 21,2 | 12,8 | 13,6 |
| 09-35 | 1,3 | 22,5 | 19,0 | 12,9 | 15,9 |
| 09-36 | 1,2 | 17,2 | 19,2 | 12,7 | 11,0 |
| 09-37 | 1,2 | 18,5 | 19,5 | 12,6 | 10,5 |
| 09-39 | 1,2 | 17,5 | 19,0 | 12,2 | 10,2 |
| 09-41 | 1,4 | 35,7 | 26,8 | 16,0 | 24,8 |
| 09-42 | 1,4 | 38,3 | 27,2 | 14,2 | 26,7 |
| 09-43 | 1,5 | 36,5 | 26,5 | 14,6 | 22,7 |
| 09-44 | 1,4 | 38,2 | 27,2 | 15,4 | 21,6 |
| 09-47 | 1,3 | 29,9 | 25,7 | 14,5 | 15,8 |
| 09-48 | 1,3 | 30,1 | 23,9 | 13,0 | 17,3 |
| 09-49 | 1,4 | 30,9 | 25,8 | 14,7 | 15,7 |
| 09-50 | 1,4 | 30,1 | 24,9 | 13,1 | 16,7 |
| 10-02 | 1,1 | 3,5 | 4,4 | 8,7 | 1,0 |
| 10-03 | 1,1 | 4,6 | 5,0 | 9,0 | 1,4 |
| 10-04 | 1,0 | 2,9 | 4,1 | 9,1 | 0,9 |
| 10-05 | 1,0 | 3,2 | 4,5 | 8,6 | 1,0 |
| 10-07 | 1,0 | 1,9 | 3,9 | 8,1 | 0,6 |
| 10-08 | 1,0 | 2,5 | 4,5 | 8,8 | 0,8 |
| 10-09 | 1,0 | 2,0 | 4,0 | 8,4 | 0,6 |
| 10-10 | 0,9 | 1,7 | 3,5 | 8,1 | 0,5 |
| 10-11 | 1,1 | 8,3 | 11,1 | 10,2 | 6,1 |
| 10-12 | 1,2 | 10,7 | 10,3 | 11,0 | 7,0 |
| 10-13 | 1,1 | 9,4 | 11,0 | 11,1 | 5,9 |
| 10-14 | 1,1 | 7,7 | 10,4 | 11,0 | 5,6 |
| 10-15 | 1,1 | 8,6 | 10,2 | 10,8 | 5,5 |
| 10-16 | 1,0 | 5,0 | 12,4 | 10,8 | 3,9 |
| 10-17 | 1,0 | 5,8 | 11,8 | 10,3 | 3,8 |
| 10-19 | 1,0 | 6,2 | 11,0 | 10,9 | 3,7 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| 10-20 | 1,1 | 6,5 | 11,2 | 11,1 | 4,7 |
| 10-21 | 1,2 | 18,5 | 23,9 | 14,0 | 15,5 |
| 10-23 | 1,2 | 18,3 | 24,0 | 12,7 | 14,0 |
| 10-24 | 1,3 | 20,9 | 22,5 | 13,5 | 17,6 |
| 10-26 | 1,2 | 15,6 | 24,1 | 12,9 | 11,3 |
| 10-27 | 1,1 | 13,8 | 24,2 | 12,1 | 11,0 |
| 10-28 | 1,1 | 14,0 | 24,0 | 12,2 | 11,3 |
| 10-29 | 1,1 | 14,2 | 27,7 | 13,0 | 10,6 |
| 10-30 | 1,1 | 13,6 | 22,3 | 13,5 | 10,2 |
| 10-31 | 1,4 | 32,0 | 29,3 | 16,8 | 28,3 |
| 10-32 | 1,4 | 34,0 | 38,0 | 16,8 | 28,0 |
| 10-33 | 1,4 | 31,3 | 33,0 | 15,6 | 25,9 |
| 10-35 | 1,3 | 28,6 | 35,1 | 15,3 | 23,9 |
| 10-37 | 1,3 | 24,7 | 35,0 | 14,2 | 17,7 |
| 10-38 | 1,3 | 24,1 | 40,5 | 14,3 | 20,0 |
| 10-39 | 1,2 | 24,8 | 43,0 | 16,0 | 19,7 |
| 10-40 | 1,2 | 24,1 | 37,0 | 15,0 | 17,8 |
| 10-42 | 1,6 | 52,2 | 47,8 | 18,4 | 38,1 |
| 10-43 | 1,6 | 52,3 | 50,4 | 18,1 | 42,3 |
| 10-44 | 1,6 | 50,2 | 45,1 | 17,4 | 42,4 |
| 10-45 | 1,6 | 52,2 | 46,0 | 19,2 | 37,9 |
| 10-46 | 1,4 | 37,4 | 49,4 | 16,4 | 27,5 |
| 10-48 | 1,5 | 42,6 | 47,5 | 18,1 | 31,9 |
| 10-49 | 1,5 | 43,6 | 46,0 | 18,1 | 29,4 |
| 10-50 | 1,4 | 39,9 | 57,3 | 17,6 | 35,1 |
| 11-01 | 1,0 | 1,9 | 4,4 | 9,2 | 0,7 |
| 11-02 | 1,0 | 2,7 | 4,7 | 8,2 | 0,9 |
| 11-03 | 1,0 | 2,2 | 4,1 | 8,7 | 0,8 |
| 11-05 | 1,0 | 2,2 | 4,0 | 8,4 | 0,7 |
| 11-06 | 0,9 | 1,7 | 3,6 | 8,0 | 0,5 |
| 11-07 | 0,9 | 1,7 | 3,4 | 8,1 | 0,5 |
| 11-08 | 1,0 | 1,7 | 3,8 | 8,4 | 0,5 |
| 11-09 | 1,0 | 1,8 | 4,2 | 8,6 | 0,5 |
| 11-10 | 0,9 | 1,6 | 3,5 | 8,2 | 0,6 |
| 11-11 | 1,0 | 6,3 | 12,1 | 10,6 | 3,8 |
| 11-12 | 1,0 | 6,0 | 12,7 | 10,9 | 4,2 |
| 11-13 | 1,1 | 7,4 | 12,0 | 10,6 | 4,4 |
| 11-14 | 1,0 | 5,6 | 11,5 | 10,9 | 3,4 |
| 11-16 | 1,0 | 5,4 | 15,9 | 9,9 | 3,7 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| 11-17 | 1,0 | 5,2 | 15,4 | 10,2 | 3,4 |
| 11-18 | 1,0 | 4,8 | 13,4 | 10,2 | 3,2 |
| 11-19 | 1,0 | 5,3 | 14,8 | 9,9 | 3,6 |
| 11-20 | 1,0 | 4,7 | 15,3 | 10,3 | 3,1 |
| 11-22 | 1,1 | 12,6 | 25,7 | 13,7 | 10,2 |
| 11-24 | 1,1 | 13,3 | 24,6 | 14,1 | 10,4 |
| 11-27 | 1,1 | 10,8 | 26,6 | 11,5 | 8,0 |
| 11-28 | 1,1 | 12,1 | 29,8 | 12,2 | 7,5 |
| 11-29 | 1,1 | 10,9 | 30,5 | 14,1 | 8,3 |
| 11-30 | 1,1 | 11,9 | 30,9 | 11,5 | 8,1 |
| 11-33 | 1,3 | 28,6 | 39,0 | 15,5 | 21,4 |
| 11-34 | 1,3 | 24,6 | 37,7 | 14,7 | 19,4 |
| 11-35 | 1,3 | 25,6 | 37,5 | 15,9 | 19,4 |
| 11-36 | 1,2 | 19,4 | 38,7 | 14,9 | 15,2 |
| 11-38 | 1,2 | 20,0 | 35,6 | 14,3 | 12,8 |
| 11-40 | 1,2 | 19,9 | 34,8 | 13,7 | 13,5 |
| 11-41 | 1,4 | 40,0 | 48,1 | 16,5 | 33,0 |
| 11-42 | 1,5 | 41,8 | 46,7 | 17,5 | 31,9 |
| 11-43 | 1,4 | 42,9 | 52,6 | 18,8 | 32,0 |
| 11-44 | 1,4 | 42,4 | 49,0 | 16,3 | 32,0 |
| 11-45 | 1,5 | 44,0 | 53,6 | 16,9 | 32,6 |
| 11-46 | 1,4 | 35,1 | 49,6 | 14,6 | 23,0 |
| 11-47 | 1,3 | 33,0 | 55,4 | 16,0 | 20,0 |
| 11-48 | 1,3 | 32,9 | 49,1 | 15,9 | 22,2 |
| 11-49 | 1,3 | 33,6 | 42,5 | 15,7 | 24,0 |
| 11-50 | 1,3 | 33,5 | 50,3 | 14,9 | 22,4 |
| 12-01 | 1,0 | 2,5 | 4,3 | 8,6 | 0,8 |
| 12-02 | 1,0 | 2,6 | 4,0 | 8,6 | 0,7 |
| 12-03 | 1,0 | 3,2 | 4,8 | 8,4 | 1,0 |
| 12-04 | 1,0 | 2,6 | 4,4 | 9,0 | 0,9 |
| 12-05 | 1,0 | 3,1 | 4,2 | 9,4 | 1,0 |
| 12-06 | 0,9 | 1,7 | 3,6 | 8,1 | 0,5 |
| 12-07 | 1,0 | 1,8 | 3,8 | 8,7 | 0,6 |
| 12-09 | 0,9 | 1,7 | 3,7 | 8,6 | 0,5 |
| 12-10 | 0,9 | 1,7 | 3,4 | 7,9 | 0,5 |
| 12-11 | 1,1 | 7,3 | 11,7 | 10,2 | 5,3 |
| 12-12 | 1,2 | 10,2 | 10,6 | 11,0 | 6,0 |
| 12-13 | 1,1 | 9,3 | 10,5 | 10,7 | 6,3 |
| 12-14 | 1,1 | 7,4 | 9,5 | 10,8 | 4,6 |

| Instância | SAop | SABL | BA | GA | VNS |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| 12-15 | 1,2 | 11,6 | 10,9 | 11,1 | 6,5 |
| 12-16 | 1,0 | 5,2 | 13,0 | 10,9 | 3,6 |
| 12-17 | 1,0 | 5,1 | 12,8 | 9,6 | 3,3 |
| 12-18 | 1,0 | 5,3 | 14,4 | 9,8 | 3,7 |
| 12-19 | 1,0 | 5,2 | 15,4 | 11,2 | 3,4 |
| 12-20 | 1,0 | 5,1 | 12,5 | 10,6 | 3,4 |
| 12-21 | 1,3 | 21,4 | 18,2 | 14,8 | 17,9 |
| 12-22 | 1,2 | 18,3 | 25,8 | 13,2 | 15,7 |
| 12-23 | 1,3 | 17,6 | 22,5 | 14,2 | 15,7 |
| 12-24 | 1,3 | 18,5 | 20,1 | 14,9 | 16,4 |
| 12-25 | 1,3 | 20,9 | 21,1 | 13,7 | 17,6 |
| 12-26 | 1,1 | 11,3 | 28,1 | 11,7 | 8,0 |
| 12-28 | 1,1 | 11,6 | 30,0 | 11,2 | 9,0 |
| 12-29 | 1,1 | 12,1 | 33,8 | 12,4 | 9,5 |
| 12-31 | 1,4 | 31,1 | 33,8 | 17,1 | 29,3 |
| 12-32 | 1,4 | 30,9 | 32,6 | 18,1 | 29,3 |
| 12-33 | 1,5 | 37,4 | 29,9 | 17,2 | 35,8 |
| 12-34 | 1,5 | 33,4 | 33,9 | 17,3 | 34,0 |
| 12-35 | 1,4 | 30,3 | 32,1 | 14,9 | 27,0 |
| 12-36 | 1,2 | 19,8 | 39,5 | 13,2 | 14,2 |
| 12-37 | 1,2 | 20,6 | 38,1 | 13,7 | 15,6 |
| 12-38 | 1,2 | 21,0 | 41,4 | 13,8 | 16,8 |
| 12-39 | 1,2 | 19,1 | 36,5 | 14,0 | 12,3 |
| 12-40 | 1,2 | 21,3 | 35,4 | 13,0 | 13,5 |
| 12-41 | 1,6 | 52,4 | 45,0 | 17,6 | 49,4 |
| 12-42 | 1,6 | 53,3 | 51,8 | 19,7 | 49,4 |
| 12-43 | 1,6 | 49,9 | 46,5 | 18,5 | 43,3 |
| 12-44 | 1,7 | 60,1 | 44,5 | 18,3 | 51,4 |
| 12-45 | 1,6 | 51,1 | 52,2 | 18,5 | 48,5 |
| 12-46 | 1,3 | 33,3 | 54,7 | 16,4 | 23,3 |
| 12-47 | 1,3 | 33,7 | 46,4 | 15,0 | 22,4 |
| 12-49 | 1,3 | 34,1 | 49,4 | 15,2 | 22,0 |
| 12-50 | 1,4 | 34,3 | 45,2 | 14,7 | 23,7 |
| Média | 1,1 | 15,7 | 19,7 | 12,2 | 9,5 |

Tabela 13 – Valores absolutos das melhores soluções por instância.

| Instância | Melhor | Método | Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|---------------|
| 01-01 | 491,500 | exato | 07-03 | 519,250 | exato |
| 01-02 | 567,583 | exato | 07-05 | 533,250 | exato |
| 01-04 | 615,167 | exato | 07-06 | 317,250 | exato |
| 01-05 | 788,833 | exato | 07-07 | 349,250 | exato |
| 01-06 | 430,583 | exato | 07-08 | 351,167 | exato |
| 01-07 | 461,500 | exato | 07-10 | 352,333 | exato |
| 01-08 | 517,250 | exato | 07-12 | 571,167 | exato (12h) |
| 01-09 | 654,167 | exato | 07-13 | 479,083 | exato (12h) |
| 01-10 | 358,000 | exato | 07-14 | 414,250 | exato |
| 01-11 | 550,500 | exato | 07-15 | 442,333 | exato (12h) |
| 01-12 | 889,000 | heurístico | 07-16 | 528,250 | exato (12h) |
| 01-13 | 523,917 | exato | 07-17 | 417,417 | exato |
| 01-14 | 607,500 | exato | 07-18 | 492,583 | exato |
| 01-15 | 588,250 | heurístico | 07-20 | 463,250 | exato |
| 01-17 | 586,250 | exato | 07-21 | 583,167 | heurístico |
| 01-19 | 595,000 | exato | 07-22 | 636,500 | heurístico |
| 01-20 | 650,917 | exato | 07-23 | 617,083 | heurístico |
| 01-22 | 691,250 | heurístico | 07-24 | 566,833 | heurístico |
| 01-23 | 776,833 | heurístico | 07-25 | 644,417 | heurístico |
| 01-25 | 729,333 | heurístico | 07-26 | 591,750 | heurístico |
| 01-26 | 637,750 | heurístico | 07-27 | 578,917 | heurístico |
| 01-27 | 800,333 | heurístico | 07-28 | 556,250 | heurístico |
| 01-28 | 601,000 | heurístico | 07-30 | 562,000 | heurístico |
| 01-30 | 773,250 | heurístico | 07-31 | 742,333 | heurístico |
| 01-31 | 869,333 | heurístico | 07-32 | 720,917 | heurístico |
| 01-33 | 890,500 | heurístico | 07-33 | 772,250 | heurístico |
| 01-34 | 833,667 | heurístico | 07-34 | 655,500 | heurístico |
| 01-35 | 828,833 | heurístico | 07-35 | 692,833 | heurístico |
| 01-36 | 811,583 | heurístico | 07-36 | 758,083 | heurístico |
| 01-37 | 733,167 | heurístico | 07-37 | 653,500 | heurístico |
| 01-39 | 843,917 | heurístico | 07-38 | 701,583 | heurístico |
| 01-40 | 821,667 | heurístico | 07-40 | 706,583 | heurístico |
| 01-42 | 943,583 | heurístico | 07-41 | 849,167 | heurístico |
| 01-45 | 933,083 | heurístico | 07-42 | 822,667 | heurístico |
| 01-46 | 1046,420 | heurístico | 07-43 | 887,167 | heurístico |
| 01-48 | 850,667 | heurístico | 07-44 | 912,667 | heurístico |
| 01-49 | 982,750 | heurístico | 07-45 | 762,000 | heurístico |
| 01-50 | 925,083 | heurístico | 07-46 | 890,583 | heurístico |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 02-01 | 660,250 | exato |
| 02-02 | 792,750 | exato |
| 02-03 | 1017,000 | exato |
| 02-04 | 1050,750 | exato |
| 02-05 | 934,500 | exato |
| 02-06 | 549,667 | exato |
| 02-07 | 424,500 | exato |
| 02-08 | 654,167 | exato |
| 02-09 | 509,417 | exato |
| 02-10 | 560,250 | exato |
| 02-12 | 636,750 | exato (12h) |
| 02-13 | 615,750 | exato |
| 02-14 | 663,667 | exato |
| 02-16 | 497,833 | exato |
| 02-17 | 720,917 | heurístico |
| 02-18 | 522,583 | exato |
| 02-19 | 543,750 | exato |
| 02-20 | 545,583 | exato |
| 02-22 | 806,667 | heurístico |
| 02-23 | 795,500 | heurístico |
| 02-26 | 720,083 | heurístico |
| 02-27 | 610,917 | heurístico |
| 02-28 | 773,750 | heurístico |
| 02-29 | 711,667 | heurístico |
| 02-31 | 828,250 | heurístico |
| 02-32 | 825,750 | heurístico |
| 02-34 | 973,250 | heurístico |
| 02-35 | 851,083 | heurístico |
| 02-37 | 814,000 | heurístico |
| 02-38 | 834,750 | heurístico |
| 02-39 | 872,917 | heurístico |
| 02-40 | 936,667 | heurístico |
| 02-41 | 1008,420 | heurístico |
| 02-42 | 1071,080 | heurístico |
| 02-43 | 904,167 | heurístico |
| 02-45 | 1041,580 | heurístico |
| 02-46 | 900,333 | heurístico |
| 02-47 | 1040,830 | heurístico |
| 02-48 | 900,833 | heurístico |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 07-47 | 895,667 | heurístico |
| 07-49 | 774,583 | heurístico |
| 08-01 | 421,500 | exato |
| 08-02 | 534,500 | exato |
| 08-03 | 672,917 | exato |
| 08-04 | 433,500 | exato |
| 08-05 | 855,417 | exato |
| 08-06 | 685,417 | exato |
| 08-07 | 349,333 | exato |
| 08-08 | 487,333 | exato |
| 08-09 | 358,250 | exato |
| 08-10 | 476,167 | exato |
| 08-11 | 517,250 | heurístico |
| 08-12 | 480,083 | exato (12h) |
| 08-14 | 502,917 | exato |
| 08-15 | 354,500 | exato |
| 08-16 | 376,583 | exato |
| 08-18 | 442,750 | exato |
| 08-19 | 406,833 | exato |
| 08-20 | 425,583 | exato |
| 08-21 | 567,250 | heurístico |
| 08-22 | 523,333 | heurístico |
| 08-23 | 587,667 | heurístico |
| 08-24 | 554,333 | heurístico |
| 08-25 | 678,500 | heurístico |
| 08-26 | 588,417 | heurístico |
| 08-27 | 521,250 | heurístico |
| 08-29 | 613,417 | heurístico |
| 08-30 | 518,333 | heurístico |
| 08-31 | 677,667 | heurístico |
| 08-32 | 665,167 | heurístico |
| 08-33 | 776,750 | heurístico |
| 08-34 | 816,750 | heurístico |
| 08-35 | 732,667 | heurístico |
| 08-36 | 709,917 | heurístico |
| 08-37 | 729,833 | heurístico |
| 08-38 | 745,500 | heurístico |
| 08-39 | 700,000 | heurístico |
| 08-40 | 778,917 | heurístico |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 02-49 | 981,417 | heurístico |
| 02-50 | 1016,920 | heurístico |
| 03-01 | 463,083 | exato |
| 03-02 | 604,583 | exato |
| 03-03 | 564,250 | exato |
| 03-05 | 505,667 | exato |
| 03-06 | 402,000 | exato |
| 03-07 | 406,750 | exato |
| 03-08 | 414,583 | exato |
| 03-10 | 416,917 | exato |
| 03-12 | 642,583 | heurístico |
| 03-13 | 506,667 | exato |
| 03-14 | 691,333 | heurístico |
| 03-15 | 585,417 | exato |
| 03-16 | 516,250 | exato |
| 03-17 | 753,667 | exato (12h) |
| 03-18 | 520,500 | exato |
| 03-19 | 508,917 | exato |
| 03-20 | 663,250 | exato |
| 03-21 | 630,333 | heurístico |
| 03-22 | 709,833 | heurístico |
| 03-23 | 748,583 | heurístico |
| 03-24 | 685,167 | heurístico |
| 03-25 | 654,000 | heurístico |
| 03-26 | 738,000 | heurístico |
| 03-27 | 671,667 | heurístico |
| 03-28 | 797,750 | heurístico |
| 03-29 | 709,000 | heurístico |
| 03-31 | 801,417 | heurístico |
| 03-32 | 891,167 | heurístico |
| 03-33 | 827,333 | heurístico |
| 03-34 | 887,917 | heurístico |
| 03-35 | 833,250 | heurístico |
| 03-36 | 780,917 | heurístico |
| 03-38 | 881,583 | heurístico |
| 03-39 | 875,000 | heurístico |
| 03-40 | 819,167 | heurístico |
| 03-41 | 1032,920 | heurístico |
| 03-42 | 903,250 | heurístico |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 08-41 | 922,583 | heurístico |
| 08-42 | 900,583 | heurístico |
| 08-43 | 793,667 | heurístico |
| 08-44 | 839,000 | heurístico |
| 08-47 | 794,000 | heurístico |
| 08-48 | 780,000 | heurístico |
| 09-01 | 685,667 | exato |
| 09-02 | 379,167 | exato |
| 09-04 | 395,583 | exato |
| 09-05 | 433,750 | exato |
| 09-06 | 378,000 | exato |
| 09-07 | 335,750 | exato |
| 09-08 | 518,500 | exato |
| 09-09 | 508,750 | exato |
| 09-10 | 341,583 | exato |
| 09-12 | 478,167 | exato (12h) |
| 09-13 | 436,750 | exato |
| 09-14 | 467,167 | exato |
| 09-15 | 450,500 | exato |
| 09-16 | 396,083 | exato |
| 09-17 | 514,750 | exato |
| 09-19 | 382,333 | exato |
| 09-20 | 543,500 | heurístico |
| 09-21 | 621,583 | heurístico |
| 09-22 | 596,417 | heurístico |
| 09-23 | 602,500 | heurístico |
| 09-24 | 601,583 | heurístico |
| 09-26 | 556,667 | heurístico |
| 09-27 | 564,833 | heurístico |
| 09-29 | 586,667 | heurístico |
| 09-30 | 547,667 | heurístico |
| 09-32 | 724,750 | heurístico |
| 09-33 | 664,583 | heurístico |
| 09-34 | 742,417 | heurístico |
| 09-35 | 778,583 | heurístico |
| 09-36 | 630,500 | heurístico |
| 09-37 | 655,417 | heurístico |
| 09-39 | 701,083 | heurístico |
| 09-41 | 884,333 | heurístico |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 03-43 | 1027,750 | heurístico |
| 03-44 | 934,167 | heurístico |
| 03-45 | 957,417 | heurístico |
| 03-47 | 923,000 | heurístico |
| 03-48 | 1023,420 | heurístico |
| 03-49 | 952,167 | heurístico |
| 03-50 | 980,667 | heurístico |
| 04-01 | 487,250 | exato |
| 04-02 | 514,000 | exato |
| 04-03 | 371,717 | exato |
| 04-05 | 855,333 | exato |
| 04-06 | 295,433 | exato |
| 04-07 | 548,917 | exato |
| 04-08 | 377,633 | exato |
| 04-09 | 508,917 | exato |
| 04-10 | 519,250 | exato |
| 04-11 | 524,450 | exato (12h) |
| 04-12 | 412,167 | exato |
| 04-13 | 440,283 | exato |
| 04-14 | 559,083 | heurístico |
| 04-15 | 452,633 | exato |
| 04-17 | 499,417 | exato (12h) |
| 04-18 | 515,633 | heurístico |
| 04-19 | 503,283 | heurístico |
| 04-20 | 448,417 | heurístico |
| 04-21 | 623,717 | heurístico |
| 04-22 | 613,000 | heurístico |
| 04-23 | 628,617 | heurístico |
| 04-25 | 681,700 | heurístico |
| 04-27 | 547,050 | heurístico |
| 04-28 | 581,200 | heurístico |
| 04-29 | 562,033 | heurístico |
| 04-30 | 590,733 | heurístico |
| 04-31 | 685,750 | heurístico |
| 04-32 | 662,900 | heurístico |
| 04-33 | 708,483 | heurístico |
| 04-35 | 719,450 | heurístico |
| 04-36 | 798,367 | heurístico |
| 04-37 | 685,900 | heurístico |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 09-42 | 842,750 | heurístico |
| 09-43 | 834,667 | heurístico |
| 09-44 | 821,917 | heurístico |
| 09-47 | 854,500 | heurístico |
| 09-48 | 877,750 | heurístico |
| 09-49 | 829,167 | heurístico |
| 09-50 | 903,167 | heurístico |
| 10-02 | 323,183 | exato |
| 10-03 | 349,117 | exato |
| 10-04 | 405,050 | exato |
| 10-05 | 367,567 | exato |
| 10-07 | 394,500 | exato |
| 10-08 | 329,167 | exato |
| 10-09 | 453,450 | exato |
| 10-10 | 613,567 | exato |
| 10-11 | 284,500 | exato |
| 10-12 | 422,383 | exato (12h) |
| 10-13 | 431,317 | heurístico |
| 10-14 | 345,833 | exato |
| 10-15 | 403,017 | exato (12h) |
| 10-16 | 389,717 | exato (12h) |
| 10-17 | 500,600 | exato (12h) |
| 10-19 | 368,917 | exato (12h) |
| 10-20 | 407,583 | heurístico |
| 10-21 | 473,517 | heurístico |
| 10-23 | 541,217 | heurístico |
| 10-24 | 501,817 | heurístico |
| 10-26 | 471,700 | heurístico |
| 10-27 | 454,433 | heurístico |
| 10-28 | 480,317 | heurístico |
| 10-29 | 481,050 | heurístico |
| 10-30 | 588,517 | heurístico |
| 10-31 | 678,567 | heurístico |
| 10-32 | 564,900 | heurístico |
| 10-33 | 594,183 | heurístico |
| 10-35 | 587,633 | heurístico |
| 10-37 | 546,467 | heurístico |
| 10-38 | 543,850 | heurístico |
| 10-39 | 585,367 | heurístico |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 04-38 | 629,567 | heurístico |
| 04-40 | 751,767 | heurístico |
| 04-42 | 868,700 | heurístico |
| 04-43 | 855,033 | heurístico |
| 04-45 | 814,533 | heurístico |
| 04-46 | 853,150 | heurístico |
| 04-47 | 822,950 | heurístico |
| 04-48 | 844,017 | heurístico |
| 05-01 | 583,367 | exato |
| 05-02 | 305,233 | exato |
| 05-03 | 437,767 | exato |
| 05-04 | 502,800 | exato |
| 05-06 | 462,517 | exato |
| 05-07 | 559,233 | exato |
| 05-08 | 424,217 | exato |
| 05-09 | 505,767 | exato |
| 05-10 | 506,200 | exato |
| 05-11 | 462,050 | exato |
| 05-12 | 433,750 | exato |
| 05-13 | 572,383 | heurístico |
| 05-15 | 576,550 | heurístico |
| 05-16 | 480,017 | exato |
| 05-17 | 454,150 | exato |
| 05-18 | 548,883 | heurístico |
| 05-19 | 716,233 | heurístico |
| 05-20 | 634,117 | heurístico |
| 05-22 | 722,517 | heurístico |
| 05-23 | 567,533 | heurístico |
| 05-24 | 597,633 | heurístico |
| 05-27 | 524,000 | heurístico |
| 05-28 | 548,217 | heurístico |
| 05-29 | 610,933 | heurístico |
| 05-30 | 501,617 | heurístico |
| 05-31 | 691,533 | heurístico |
| 05-32 | 756,867 | heurístico |
| 05-33 | 627,367 | heurístico |
| 05-34 | 751,017 | heurístico |
| 05-35 | 732,083 | heurístico |
| 05-36 | 786,450 | heurístico |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 10-40 | 612,750 | heurístico |
| 10-42 | 615,100 | heurístico |
| 10-43 | 720,767 | heurístico |
| 10-44 | 746,250 | heurístico |
| 10-45 | 703,233 | heurístico |
| 10-46 | 646,733 | heurístico |
| 10-48 | 696,350 | heurístico |
| 10-49 | 644,317 | heurístico |
| 10-50 | 645,167 | heurístico |
| 11-01 | 365,917 | exato |
| 11-02 | 302,217 | exato |
| 11-03 | 352,500 | exato |
| 11-05 | 430,150 | exato |
| 11-06 | 499,283 | exato |
| 11-07 | 568,383 | exato |
| 11-08 | 432,717 | exato |
| 11-09 | 334,850 | exato |
| 11-10 | 564,467 | exato |
| 11-11 | 316,000 | exato |
| 11-12 | 347,950 | exato (12h) |
| 11-13 | 431,883 | exato (12h) |
| 11-14 | 440,767 | exato (12h) |
| 11-16 | 406,933 | exato (12h) |
| 11-17 | 420,517 | heurístico |
| 11-18 | 461,433 | exato (12h) |
| 11-19 | 458,933 | heurístico |
| 11-20 | 538,450 | exato (12h) |
| 11-22 | 574,283 | heurístico |
| 11-24 | 442,483 | heurístico |
| 11-27 | 435,000 | heurístico |
| 11-28 | 498,617 | heurístico |
| 11-29 | 506,583 | heurístico |
| 11-30 | 426,400 | heurístico |
| 11-33 | 612,583 | heurístico |
| 11-34 | 601,850 | heurístico |
| 11-35 | 621,050 | heurístico |
| 11-36 | 656,683 | heurístico |
| 11-38 | 611,033 | heurístico |
| 11-40 | 655,600 | heurístico |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 05-37 | 643,583 | heurístico |
| 05-38 | 753,517 | heurístico |
| 05-39 | 653,667 | heurístico |
| 05-40 | 816,200 | heurístico |
| 05-41 | 819,450 | heurístico |
| 05-43 | 797,467 | heurístico |
| 05-44 | 761,500 | heurístico |
| 05-45 | 786,217 | heurístico |
| 05-46 | 775,300 | heurístico |
| 05-47 | 853,417 | heurístico |
| 05-48 | 826,850 | heurístico |
| 05-49 | 905,250 | heurístico |
| 05-50 | 809,600 | heurístico |
| 06-01 | 689,017 | exato |
| 06-02 | 758,767 | exato |
| 06-04 | 584,083 | exato |
| 06-05 | 737,667 | exato |
| 06-06 | 436,817 | exato |
| 06-07 | 460,067 | exato |
| 06-08 | 639,133 | exato |
| 06-09 | 439,517 | exato |
| 06-10 | 476,683 | exato |
| 06-11 | 483,650 | exato |
| 06-12 | 536,117 | heurístico |
| 06-14 | 717,683 | heurístico |
| 06-15 | 386,967 | heurístico |
| 06-17 | 541,900 | heurístico |
| 06-18 | 639,250 | heurístico |
| 06-19 | 456,000 | heurístico |
| 06-21 | 578,967 | heurístico |
| 06-22 | 665,717 | heurístico |
| 06-24 | 686,483 | heurístico |
| 06-25 | 686,917 | heurístico |
| 06-26 | 568,550 | heurístico |
| 06-27 | 687,267 | heurístico |
| 06-28 | 698,917 | heurístico |
| 06-29 | 536,433 | heurístico |
| 06-30 | 699,217 | heurístico |
| 06-31 | 717,083 | heurístico |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 11-41 | 786,267 | heurístico |
| 11-42 | 707,283 | heurístico |
| 11-43 | 732,917 | heurístico |
| 11-44 | 754,050 | heurístico |
| 11-45 | 700,683 | heurístico |
| 11-46 | 662,933 | heurístico |
| 11-47 | 795,133 | heurístico |
| 11-48 | 753,867 | heurístico |
| 11-49 | 753,800 | heurístico |
| 11-50 | 676,333 | heurístico |
| 12-01 | 474,450 | exato |
| 12-02 | 568,000 | exato |
| 12-03 | 268,517 | exato |
| 12-04 | 518,800 | exato |
| 12-05 | 507,717 | exato |
| 12-06 | 311,267 | exato |
| 12-07 | 534,950 | exato |
| 12-09 | 529,533 | exato |
| 12-10 | 294,033 | exato |
| 12-11 | 375,217 | exato (12h) |
| 12-12 | 309,867 | exato |
| 12-13 | 352,783 | exato |
| 12-14 | 662,800 | exato (12h) |
| 12-15 | 298,283 | exato |
| 12-16 | 401,317 | exato (12h) |
| 12-17 | 346,733 | exato (12h) |
| 12-18 | 547,800 | heurístico |
| 12-19 | 423,050 | heurístico |
| 12-20 | 485,950 | heurístico |
| 12-21 | 505,583 | heurístico |
| 12-22 | 511,367 | heurístico |
| 12-23 | 594,883 | heurístico |
| 12-24 | 568,400 | heurístico |
| 12-25 | 527,550 | heurístico |
| 12-26 | 488,567 | heurístico |
| 12-28 | 544,133 | heurístico |
| 12-29 | 528,767 | heurístico |
| 12-31 | 638,300 | heurístico |
| 12-32 | 672,017 | heurístico |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 06-33 | 711,867 | heurístico |
| 06-34 | 760,383 | heurístico |
| 06-35 | 755,150 | heurístico |
| 06-36 | 772,450 | heurístico |
| 06-39 | 763,083 | heurístico |
| 06-40 | 805,983 | heurístico |
| 06-41 | 823,033 | heurístico |
| 06-42 | 805,567 | heurístico |
| 06-43 | 791,650 | heurístico |
| 06-44 | 768,500 | heurístico |
| 06-46 | 854,317 | heurístico |
| 06-47 | 815,050 | heurístico |
| 06-48 | 771,067 | heurístico |
| 06-49 | 944,050 | heurístico |
| 06-50 | 787,500 | heurístico |
| 07-01 | 366,667 | exato |
| 07-02 | 411,750 | exato |

| Instância | Melhor | Método |
|------------------|---------------|---------------|
| 12-33 | 690,983 | heurístico |
| 12-34 | 717,817 | heurístico |
| 12-35 | 638,483 | heurístico |
| 12-36 | 642,417 | heurístico |
| 12-37 | 606,717 | heurístico |
| 12-38 | 652,433 | heurístico |
| 12-39 | 637,700 | heurístico |
| 12-40 | 591,417 | heurístico |
| 12-41 | 711,317 | heurístico |
| 12-42 | 670,633 | heurístico |
| 12-43 | 703,050 | heurístico |
| 12-44 | 611,783 | heurístico |
| 12-45 | 726,867 | heurístico |
| 12-46 | 789,167 | heurístico |
| 12-47 | 669,200 | heurístico |
| 12-49 | 834,100 | heurístico |
| 12-50 | 786,750 | heurístico |

Tabela 14 – Métricas relativas de variabilidade dos resultados heurísticos.

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 01-01 | 3,2 | 24,5 | 9,8 | 0,0 | 0,0 | 12,2 | 0,0 | 0,0 | 4,5 | 0,0 | 14,4 | 13,4 | 0,0 | 3,6 | 13,3 |
| 01-02 | 0,0 | 1,7 | 16,1 | 0,0 | 1,7 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 12,7 | 8,6 | 0,0 | 1,7 | 6,4 |
| 01-04 | 0,0 | 20,8 | 8,4 | 17,8 | 20,8 | 12,1 | 0,0 | 18,2 | 5,8 | 18,2 | 30,6 | 9,8 | 0,0 | 20,8 | 7,5 |
| 01-05 | 0,0 | 19,8 | 12,5 | 0,0 | 18,0 | 9,4 | 0,0 | 11,1 | 6,2 | 0,0 | 32,3 | 10,7 | 0,0 | 12,5 | 9,5 |
| 01-06 | 0,0 | 0,0 | 2,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,3 | 0,0 | 0,0 | 1,6 |
| 01-07 | 0,0 | 10,3 | 7,8 | 0,0 | 2,5 | 8,5 | 0,0 | 0,0 | 1,2 | 0,0 | 2,5 | 7,6 | 0,0 | 2,5 | 4,3 |
| 01-08 | 0,0 | 0,0 | 7,1 | 0,0 | 0,0 | 1,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,0 | 0,0 | 0,0 | 4,3 |
| 01-09 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 7,1 | 9,0 | 0,0 | 0,0 | 1,0 |
| 01-10 | 0,0 | 0,0 | 2,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3,4 | 0,0 | 0,0 | 1,4 |
| 01-11 | 5,2 | 32,6 | 13,1 | 0,4 | 17,0 | 13,3 | 1,1 | 14,3 | 5,9 | 4,1 | 28,5 | 11,6 | 6,5 | 29,3 | 10,9 |
| 01-12 | 5,2 | 25,7 | 8,5 | 0,0 | 13,1 | 8,5 | 5,0 | 16,6 | 5,2 | 14,5 | 26,6 | 9,7 | 1,2 | 18,5 | 8,5 |
| 01-13 | 10,6 | 25,3 | 10,9 | 0,0 | 13,1 | 9,2 | 2,9 | 12,1 | 4,9 | 0,0 | 27,1 | 13,9 | 8,8 | 22,0 | 9,9 |
| 01-14 | 11,9 | 40,1 | 9,4 | 0,6 | 8,9 | 10,4 | 0,6 | 12,5 | 8,6 | 0,6 | 35,4 | 14,5 | 0,6 | 29,0 | 14,3 |
| 01-15 | 9,1 | 32,4 | 14,0 | 0,0 | 12,7 | 10,7 | 8,7 | 15,7 | 4,9 | 10,8 | 42,7 | 15,9 | 7,6 | 26,8 | 15,1 |
| 01-17 | 4,2 | 14,3 | 4,5 | 2,6 | 6,5 | 3,2 | 3,4 | 6,3 | 1,9 | 4,3 | 16,5 | 5,5 | 3,7 | 13,6 | 5,0 |
| 01-19 | 2,3 | 10,5 | 8,7 | 0,4 | 3,2 | 3,4 | 0,0 | 2,1 | 2,2 | 0,4 | 14,0 | 10,1 | 2,1 | 13,4 | 6,4 |
| 01-20 | 4,9 | 16,4 | 5,4 | 1,0 | 3,8 | 1,7 | 3,5 | 10,8 | 3,6 | 4,2 | 20,4 | 6,0 | 1,5 | 15,0 | 5,6 |
| 01-22 | 11,2 | 34,6 | 12,6 | 0,0 | 8,3 | 4,0 | 8,5 | 18,2 | 4,5 | 8,2 | 30,6 | 8,9 | 11,0 | 27,8 | 8,8 |
| 01-23 | 11,5 | 25,0 | 7,6 | 1,9 | 8,6 | 6,6 | 4,0 | 13,5 | 4,6 | 8,9 | 36,9 | 12,4 | 6,5 | 27,0 | 7,4 |
| 01-25 | 15,4 | 36,0 | 11,1 | 0,2 | 13,1 | 5,8 | 10,0 | 19,9 | 4,5 | 14,6 | 40,1 | 10,6 | 12,5 | 33,8 | 8,0 |
| 01-26 | 7,3 | 21,0 | 7,5 | 0,0 | 6,1 | 3,8 | 4,8 | 9,3 | 2,6 | 8,5 | 19,0 | 6,9 | 5,7 | 20,3 | 6,5 |
| 01-27 | 9,7 | 24,3 | 6,1 | 0,0 | 4,5 | 3,0 | 6,7 | 13,5 | 3,0 | 11,3 | 23,4 | 5,4 | 8,0 | 18,6 | 6,0 |
| 01-28 | 2,6 | 15,0 | 5,5 | 1,6 | 5,9 | 2,8 | 2,8 | 7,0 | 2,2 | 4,4 | 14,7 | 4,9 | 5,5 | 16,5 | 5,7 |
| 01-30 | 4,5 | 18,2 | 6,7 | 1,4 | 4,5 | 3,6 | 3,4 | 9,2 | 3,5 | 3,2 | 20,9 | 6,1 | 2,5 | 19,7 | 5,4 |
| 01-31 | 8,7 | 33,6 | 9,7 | 0,0 | 7,0 | 4,1 | 6,7 | 17,3 | 4,7 | 9,9 | 27,1 | 11,1 | 6,3 | 33,8 | 9,2 |
| 01-33 | 12,6 | 26,5 | 9,0 | 0,0 | 7,3 | 3,8 | 7,9 | 14,3 | 2,9 | 11,0 | 29,8 | 11,1 | 14,3 | 31,0 | 8,5 |
| 01-34 | 8,9 | 30,0 | 8,6 | 1,7 | 8,2 | 5,0 | 5,3 | 16,6 | 3,3 | 10,0 | 25,3 | 7,8 | 6,1 | 25,2 | 7,6 |
| 01-35 | 4,6 | 25,7 | 10,0 | 0,1 | 7,0 | 5,0 | 2,7 | 8,4 | 3,4 | 5,0 | 16,1 | 7,4 | 4,4 | 21,5 | 8,8 |
| 01-36 | 8,0 | 19,7 | 6,9 | 0,0 | 10,6 | 3,6 | 6,1 | 10,8 | 4,1 | 6,1 | 23,6 | 7,1 | 10,6 | 22,9 | 5,6 |
| 01-37 | 10,5 | 22,8 | 4,6 | 2,0 | 7,4 | 3,4 | 4,2 | 8,4 | 1,7 | 8,5 | 15,2 | 5,4 | 8,4 | 22,3 | 6,9 |
| 01-39 | 4,6 | 25,9 | 7,0 | 0,0 | 8,0 | 5,0 | 3,1 | 13,5 | 4,0 | 14,2 | 22,3 | 7,6 | 6,0 | 23,6 | 6,5 |
| 01-40 | 8,9 | 23,0 | 6,8 | 0,0 | 6,3 | 3,0 | 2,1 | 8,0 | 2,0 | 4,5 | 19,8 | 6,7 | 9,1 | 24,0 | 6,0 |
| 01-42 | 4,9 | 16,9 | 8,3 | 1,6 | 7,4 | 3,8 | 2,8 | 8,3 | 2,8 | 4,6 | 17,8 | 7,6 | 8,0 | 21,7 | 7,7 |
| 01-45 | 19,5 | 34,9 | 7,7 | 0,0 | 10,0 | 6,2 | 15,2 | 23,4 | 2,9 | 12,3 | 27,5 | 6,7 | 25,5 | 37,1 | 6,4 |
| 01-46 | 2,9 | 18,1 | 8,8 | 0,4 | 4,7 | 2,9 | 3,4 | 6,9 | 1,4 | 5,8 | 16,8 | 5,8 | 6,9 | 20,8 | 8,7 |
| 01-48 | 8,0 | 27,0 | 6,4 | 0,3 | 9,7 | 3,4 | 5,4 | 9,4 | 3,7 | 7,3 | 20,2 | 6,6 | 11,3 | 25,9 | 7,0 |
| 01-49 | 11,2 | 23,2 | 8,0 | 0,0 | 5,5 | 4,0 | 6,8 | 13,5 | 2,7 | 6,6 | 21,8 | 5,2 | 9,5 | 28,2 | 6,5 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 01-50 | 7,7 | 19,5 | 7,1 | 0,0 | 5,1 | 3,1 | 2,9 | 7,7 | 1,6 | 6,3 | 14,1 | 4,7 | 4,1 | 17,9 | 7,1 |
| 02-01 | 0,0 | 0,0 | 24,2 | 0,0 | 0,0 | 22,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 11,4 | 21,5 | 0,0 | 0,0 | 12,9 |
| 02-02 | 0,0 | 12,4 | 16,9 | 0,0 | 13,9 | 18,4 | 0,0 | 10,3 | 5,0 | 0,0 | 16,9 | 16,5 | 0,0 | 10,3 | 4,1 |
| 02-03 | 0,0 | 0,7 | 9,2 | 0,0 | 0,0 | 6,2 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 5,3 | 7,8 | 0,0 | 0,0 | 4,3 |
| 02-04 | 0,3 | 9,0 | 8,0 | 0,0 | 12,4 | 10,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 8,4 | 0,0 | 0,0 | 5,4 |
| 02-05 | 5,4 | 20,9 | 10,1 | 0,0 | 16,5 | 9,7 | 0,0 | 5,4 | 2,4 | 5,4 | 13,6 | 9,8 | 0,0 | 5,4 | 7,5 |
| 02-06 | 2,2 | 2,2 | 11,2 | 0,0 | 0,0 | 12,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 12,4 | 0,0 | 0,0 | 9,0 |
| 02-07 | 0,0 | 14,4 | 17,2 | 0,0 | 58,2 | 20,6 | 0,0 | 0,0 | 2,7 | 0,0 | 6,1 | 22,8 | 0,0 | 6,0 | 13,1 |
| 02-08 | 0,0 | 30,0 | 12,1 | 0,0 | 18,3 | 13,7 | 0,0 | 0,0 | 8,0 | 0,0 | 32,1 | 12,0 | 0,0 | 14,1 | 11,4 |
| 02-09 | 0,0 | 12,4 | 7,0 | 0,0 | 13,3 | 7,3 | 0,0 | 1,2 | 1,5 | 0,0 | 2,7 | 7,1 | 0,0 | 1,4 | 2,3 |
| 02-10 | 0,0 | 7,5 | 13,0 | 0,0 | 7,5 | 6,8 | 0,0 | 0,0 | 1,8 | 0,0 | 1,3 | 10,7 | 0,0 | 0,0 | 3,1 |
| 02-12 | 9,1 | 29,9 | 10,8 | 1,2 | 13,3 | 7,9 | 1,2 | 17,2 | 5,3 | 1,2 | 38,9 | 10,2 | 1,2 | 24,1 | 8,4 |
| 02-13 | 7,2 | 27,7 | 10,6 | 0,4 | 8,5 | 9,3 | 2,6 | 6,7 | 4,0 | 6,7 | 19,2 | 11,6 | 1,5 | 18,1 | 12,0 |
| 02-14 | 2,5 | 28,4 | 9,0 | 1,5 | 10,9 | 7,3 | 3,5 | 13,9 | 4,5 | 12,9 | 26,7 | 9,7 | 6,2 | 20,8 | 7,2 |
| 02-16 | 7,6 | 25,5 | 13,3 | 0,0 | 13,2 | 6,7 | 6,0 | 10,8 | 2,7 | 8,1 | 21,6 | 9,3 | 8,0 | 18,6 | 9,9 |
| 02-17 | 6,6 | 17,6 | 6,4 | 0,0 | 11,0 | 6,2 | 4,2 | 9,9 | 2,6 | 8,0 | 20,6 | 8,2 | 3,6 | 16,3 | 4,7 |
| 02-18 | 15,8 | 31,0 | 7,0 | 15,2 | 20,4 | 5,9 | 13,1 | 15,8 | 2,5 | 0,0 | 32,3 | 9,5 | 15,8 | 33,2 | 8,4 |
| 02-19 | 5,2 | 19,2 | 8,8 | 0,0 | 7,2 | 7,2 | 3,9 | 10,7 | 2,6 | 3,5 | 18,9 | 8,5 | 5,6 | 17,6 | 8,0 |
| 02-20 | 9,6 | 25,3 | 8,7 | 0,9 | 9,6 | 5,8 | 5,3 | 12,9 | 4,7 | 2,7 | 23,2 | 8,0 | 0,9 | 21,8 | 9,3 |
| 02-22 | 3,1 | 26,3 | 8,6 | 0,0 | 8,4 | 6,7 | 0,5 | 14,5 | 4,8 | 9,0 | 28,4 | 10,3 | 6,2 | 27,9 | 9,2 |
| 02-23 | 7,7 | 29,5 | 11,1 | 1,4 | 10,6 | 5,3 | 9,6 | 19,1 | 3,0 | 12,8 | 30,6 | 8,2 | 12,1 | 29,9 | 7,4 |
| 02-26 | 9,1 | 26,9 | 10,8 | 0,0 | 9,5 | 6,8 | 3,9 | 10,6 | 3,2 | 5,1 | 27,4 | 11,1 | 11,5 | 25,4 | 8,1 |
| 02-27 | 9,0 | 28,3 | 9,8 | 2,3 | 10,7 | 6,4 | 5,4 | 11,3 | 3,6 | 6,4 | 23,7 | 8,6 | 5,4 | 23,0 | 9,7 |
| 02-28 | 11,3 | 34,2 | 10,1 | 1,8 | 7,8 | 5,6 | 10,1 | 20,0 | 4,6 | 12,4 | 31,1 | 9,6 | 9,3 | 32,2 | 9,7 |
| 02-29 | 12,1 | 29,6 | 7,6 | 3,9 | 9,7 | 4,7 | 7,6 | 16,2 | 3,9 | 5,9 | 25,8 | 8,0 | 7,9 | 25,0 | 6,8 |
| 02-31 | 11,1 | 36,3 | 9,3 | 0,4 | 13,0 | 5,5 | 9,5 | 20,2 | 5,2 | 11,2 | 38,3 | 9,6 | 14,9 | 39,7 | 7,7 |
| 02-32 | 10,7 | 42,2 | 11,6 | 3,0 | 13,3 | 6,8 | 3,4 | 12,1 | 6,3 | 8,7 | 32,4 | 11,6 | 12,1 | 38,8 | 11,8 |
| 02-34 | 14,9 | 32,7 | 8,9 | 2,9 | 9,1 | 4,6 | 9,4 | 22,1 | 5,0 | 6,1 | 36,5 | 11,8 | 12,3 | 34,8 | 10,4 |
| 02-35 | 16,4 | 33,7 | 9,2 | 0,0 | 11,3 | 5,0 | 11,1 | 19,4 | 4,3 | 18,0 | 30,2 | 6,9 | 13,1 | 32,1 | 8,0 |
| 02-37 | 15,4 | 31,7 | 6,1 | 0,0 | 11,2 | 4,2 | 5,3 | 11,5 | 4,3 | 9,2 | 28,3 | 7,3 | 8,4 | 32,8 | 8,3 |
| 02-38 | 19,1 | 33,3 | 6,8 | 0,0 | 11,0 | 4,4 | 13,6 | 21,2 | 3,9 | 14,4 | 33,6 | 9,2 | 16,6 | 35,4 | 6,4 |
| 02-39 | 17,3 | 38,7 | 8,5 | 1,1 | 8,6 | 4,3 | 10,2 | 23,2 | 4,5 | 17,3 | 34,7 | 8,4 | 13,8 | 30,7 | 6,9 |
| 02-40 | 8,7 | 25,0 | 8,4 | 0,0 | 8,0 | 5,4 | 7,8 | 11,9 | 1,7 | 7,8 | 23,1 | 9,8 | 11,7 | 25,3 | 8,7 |
| 02-41 | 24,4 | 49,3 | 6,6 | 0,0 | 12,8 | 5,5 | 17,8 | 28,5 | 3,3 | 10,3 | 33,3 | 9,2 | 26,6 | 43,0 | 7,1 |
| 02-42 | 14,0 | 31,8 | 11,8 | 2,3 | 8,0 | 5,4 | 8,5 | 15,8 | 4,7 | 11,1 | 38,5 | 9,3 | 17,7 | 34,6 | 9,0 |
| 02-43 | 13,7 | 33,0 | 8,7 | 0,0 | 10,9 | 4,6 | 11,2 | 19,8 | 2,6 | 14,3 | 31,5 | 7,8 | 10,9 | 34,5 | 9,1 |
| 02-45 | 12,3 | 30,2 | 9,2 | 0,6 | 7,0 | 3,4 | 8,2 | 16,5 | 4,8 | 12,4 | 33,3 | 7,9 | 15,6 | 31,8 | 6,0 |
| 02-46 | 12,7 | 23,3 | 6,8 | 0,0 | 7,3 | 3,3 | 2,4 | 9,4 | 3,3 | 6,2 | 17,5 | 4,6 | 6,2 | 23,1 | 7,0 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 02-47 | 11,4 | 31,8 | 7,1 | 0,0 | 6,9 | 5,1 | 1,9 | 14,8 | 4,3 | 8,0 | 28,1 | 7,0 | 9,2 | 25,4 | 6,6 |
| 02-48 | 2,4 | 27,4 | 8,3 | 0,0 | 7,1 | 3,9 | 1,9 | 8,5 | 3,1 | 1,6 | 17,9 | 7,2 | 5,7 | 27,2 | 7,8 |
| 02-49 | 7,0 | 27,0 | 7,7 | 0,0 | 7,2 | 3,9 | 12,7 | 16,8 | 1,8 | 13,6 | 29,5 | 5,8 | 13,7 | 30,4 | 6,8 |
| 02-50 | 12,5 | 24,6 | 6,9 | 0,3 | 6,3 | 4,3 | 3,7 | 12,3 | 3,1 | 11,5 | 22,5 | 8,2 | 8,3 | 25,1 | 7,7 |
| 03-01 | 0,0 | 0,0 | 14,7 | 0,0 | 0,0 | 12,1 | 0,0 | 0,0 | 2,4 | 0,0 | 0,0 | 16,9 | 0,0 | 0,0 | 6,3 |
| 03-02 | 0,0 | 2,2 | 10,4 | 0,0 | 2,2 | 11,5 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 5,6 | 15,0 | 0,0 | 2,2 | 6,8 |
| 03-03 | 0,0 | 19,2 | 11,1 | 0,0 | 9,1 | 12,4 | 0,0 | 0,0 | 2,4 | 0,0 | 19,2 | 12,6 | 0,0 | 1,1 | 6,5 |
| 03-05 | 0,0 | 14,6 | 14,2 | 0,0 | 10,4 | 13,1 | 0,0 | 4,8 | 4,8 | 0,0 | 19,2 | 9,5 | 0,0 | 10,4 | 7,9 |
| 03-06 | 0,0 | 0,0 | 5,2 | 0,0 | 0,0 | 4,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 10,9 | 5,7 | 0,0 | 0,0 | 4,5 |
| 03-07 | 0,2 | 0,2 | 4,5 | 0,0 | 0,0 | 2,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,1 | 4,5 | 0,0 | 0,0 | 2,3 |
| 03-08 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 5,4 | 0,0 | 0,0 | 1,0 |
| 03-10 | 0,0 | 0,0 | 6,2 | 0,0 | 0,0 | 6,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,8 | 0,0 | 0,0 | 0,8 |
| 03-12 | 10,3 | 28,9 | 9,1 | 0,0 | 15,5 | 9,1 | 8,5 | 19,7 | 4,5 | 8,1 | 32,0 | 8,8 | 2,3 | 24,0 | 9,7 |
| 03-13 | 3,4 | 22,1 | 15,1 | 0,0 | 8,1 | 8,2 | 0,0 | 0,0 | 4,6 | 0,0 | 15,6 | 12,9 | 0,0 | 18,5 | 14,3 |
| 03-14 | 1,4 | 12,1 | 9,0 | 0,0 | 3,4 | 4,7 | 0,4 | 4,6 | 2,2 | 4,1 | 18,3 | 9,7 | 1,6 | 15,5 | 5,8 |
| 03-15 | 8,7 | 20,5 | 9,2 | 0,0 | 8,2 | 5,8 | 4,9 | 14,7 | 4,3 | 8,1 | 24,9 | 8,9 | 5,5 | 17,5 | 9,4 |
| 03-16 | 6,2 | 21,1 | 7,1 | 0,3 | 5,9 | 4,4 | 0,8 | 7,1 | 4,8 | 0,0 | 17,9 | 9,1 | 1,1 | 21,0 | 6,7 |
| 03-17 | 4,8 | 19,9 | 6,8 | 0,4 | 2,6 | 3,8 | 3,5 | 7,6 | 3,4 | 5,1 | 18,2 | 7,4 | 3,4 | 10,2 | 6,7 |
| 03-18 | 0,0 | 19,8 | 8,3 | 0,0 | 7,3 | 6,1 | 0,0 | 3,0 | 5,1 | 3,0 | 21,9 | 8,3 | 1,9 | 19,3 | 6,3 |
| 03-19 | 7,1 | 24,8 | 9,0 | 0,4 | 6,4 | 4,0 | 6,5 | 15,9 | 4,6 | 6,2 | 24,2 | 7,0 | 6,4 | 19,7 | 5,9 |
| 03-20 | 3,9 | 13,1 | 7,4 | 3,4 | 7,0 | 4,5 | 0,0 | 3,4 | 2,9 | 0,0 | 11,1 | 8,1 | 3,2 | 12,7 | 6,7 |
| 03-21 | 7,0 | 24,7 | 7,9 | 0,4 | 7,0 | 3,3 | 3,7 | 7,3 | 2,8 | 0,0 | 20,0 | 8,6 | 4,7 | 23,1 | 8,2 |
| 03-22 | 12,7 | 41,2 | 9,4 | 6,0 | 14,8 | 4,9 | 9,1 | 22,4 | 6,9 | 13,9 | 38,5 | 9,3 | 11,7 | 34,0 | 8,6 |
| 03-23 | 12,3 | 39,9 | 10,1 | 0,0 | 13,8 | 6,0 | 11,3 | 19,7 | 7,6 | 11,3 | 40,2 | 11,6 | 16,8 | 36,2 | 8,0 |
| 03-24 | 14,4 | 30,7 | 8,7 | 0,9 | 10,2 | 6,6 | 7,1 | 16,5 | 4,2 | 11,5 | 31,1 | 8,4 | 7,1 | 33,9 | 8,2 |
| 03-25 | 8,4 | 33,7 | 11,0 | 0,0 | 13,7 | 6,8 | 5,4 | 22,5 | 4,6 | 8,7 | 34,3 | 9,1 | 18,6 | 32,1 | 6,4 |
| 03-26 | 11,4 | 21,5 | 5,8 | 1,7 | 6,2 | 3,5 | 2,7 | 11,0 | 3,8 | 8,0 | 24,6 | 5,9 | 7,2 | 21,2 | 5,6 |
| 03-27 | 5,2 | 22,5 | 10,4 | 0,0 | 6,8 | 4,7 | 0,0 | 7,4 | 3,4 | 2,0 | 23,0 | 7,2 | 6,4 | 25,0 | 6,5 |
| 03-28 | 14,1 | 33,2 | 6,8 | 2,3 | 9,1 | 5,8 | 5,4 | 19,2 | 3,7 | 8,9 | 29,2 | 7,6 | 10,7 | 26,9 | 6,8 |
| 03-29 | 7,1 | 23,7 | 9,9 | 0,0 | 5,6 | 3,0 | 5,5 | 10,6 | 2,7 | 10,6 | 27,8 | 8,8 | 9,9 | 23,5 | 6,7 |
| 03-31 | 16,3 | 41,6 | 9,1 | 0,7 | 11,5 | 6,0 | 9,3 | 30,7 | 6,4 | 11,8 | 46,4 | 10,0 | 17,7 | 41,4 | 9,4 |
| 03-32 | 9,1 | 31,5 | 8,3 | 0,0 | 7,0 | 5,2 | 5,9 | 12,9 | 3,5 | 6,8 | 27,9 | 8,9 | 17,0 | 26,3 | 7,0 |
| 03-33 | 11,6 | 34,3 | 8,3 | 0,3 | 8,9 | 5,4 | 5,4 | 11,6 | 4,2 | 7,6 | 26,3 | 7,7 | 7,8 | 29,9 | 7,8 |
| 03-34 | 8,6 | 25,0 | 8,0 | 0,6 | 6,2 | 3,9 | 4,9 | 13,0 | 3,3 | 4,9 | 21,8 | 6,7 | 9,5 | 24,1 | 7,2 |
| 03-35 | 5,4 | 33,7 | 9,2 | 0,0 | 6,7 | 6,7 | 5,3 | 11,8 | 3,3 | 8,0 | 33,9 | 12,5 | 11,8 | 34,3 | 8,0 |
| 03-36 | 13,8 | 37,8 | 8,0 | 0,9 | 9,0 | 4,9 | 10,3 | 24,9 | 4,3 | 8,8 | 32,1 | 6,5 | 9,9 | 34,9 | 8,2 |
| 03-38 | 18,2 | 31,4 | 6,5 | 0,0 | 7,2 | 4,5 | 14,5 | 23,2 | 3,2 | 7,4 | 29,4 | 6,6 | 14,9 | 32,0 | 6,5 |
| 03-39 | 5,6 | 25,9 | 6,6 | 0,0 | 8,3 | 4,5 | 4,0 | 5,9 | 4,2 | 5,9 | 22,0 | 6,2 | 5,7 | 25,0 | 6,3 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 03-40 | 9,6 | 25,0 | 7,0 | 0,0 | 8,4 | 4,0 | 9,0 | 16,5 | 2,5 | 9,4 | 22,5 | 5,0 | 13,7 | 27,0 | 5,1 |
| 03-41 | 17,8 | 39,2 | 9,2 | 0,0 | 9,1 | 6,0 | 7,8 | 18,4 | 5,6 | 11,9 | 34,4 | 7,5 | 9,8 | 39,5 | 8,7 |
| 03-42 | 8,7 | 28,9 | 8,1 | 0,0 | 6,5 | 3,8 | 0,9 | 11,0 | 3,3 | 2,5 | 22,9 | 8,6 | 9,0 | 27,5 | 7,9 |
| 03-43 | 13,3 | 30,8 | 8,4 | 1,6 | 9,0 | 5,0 | 8,9 | 13,1 | 2,8 | 10,4 | 29,8 | 7,9 | 18,7 | 30,3 | 6,1 |
| 03-44 | 13,7 | 30,9 | 7,3 | 0,0 | 9,9 | 4,5 | 8,3 | 13,0 | 2,7 | 9,5 | 23,3 | 6,3 | 16,9 | 28,9 | 8,0 |
| 03-45 | 10,5 | 25,9 | 8,0 | 0,0 | 7,4 | 4,5 | 2,7 | 8,1 | 3,8 | 7,8 | 22,3 | 6,2 | 3,4 | 25,3 | 9,0 |
| 03-47 | 15,7 | 27,3 | 5,6 | 0,0 | 8,6 | 2,9 | 7,2 | 17,9 | 3,3 | 5,9 | 22,2 | 7,9 | 11,2 | 29,0 | 5,5 |
| 03-48 | 2,6 | 26,6 | 8,5 | 1,3 | 8,0 | 3,0 | 3,8 | 9,9 | 3,1 | 8,1 | 26,9 | 8,9 | 9,3 | 25,9 | 7,1 |
| 03-49 | 15,4 | 29,1 | 6,4 | 0,1 | 6,8 | 4,3 | 5,6 | 13,5 | 2,5 | 12,8 | 23,9 | 5,4 | 12,3 | 27,0 | 7,3 |
| 03-50 | 17,7 | 34,3 | 8,3 | 0,0 | 10,3 | 5,0 | 11,3 | 17,9 | 2,9 | 8,7 | 30,1 | 7,6 | 16,6 | 33,6 | 7,5 |
| 04-01 | 0,0 | 28,5 | 19,8 | 0,0 | 0,0 | 9,6 | 0,0 | 0,0 | 14,1 | 0,0 | 28,0 | 12,7 | 0,0 | 28,0 | 13,4 |
| 04-02 | 0,0 | 39,7 | 17,2 | 0,0 | 29,9 | 17,7 | 0,0 | 14,9 | 17,9 | 0,0 | 49,9 | 9,0 | 0,0 | 31,1 | 12,0 |
| 04-03 | 5,5 | 26,5 | 17,6 | 5,5 | 12,4 | 18,3 | 5,5 | 12,4 | 1,2 | 12,4 | 35,2 | 16,5 | 5,5 | 12,4 | 13,9 |
| 04-05 | 9,5 | 28,6 | 8,6 | 0,0 | 28,6 | 11,0 | 0,0 | 0,0 | 6,8 | 0,0 | 28,6 | 10,5 | 0,0 | 13,4 | 9,8 |
| 04-06 | 0,0 | 20,1 | 13,6 | 0,0 | 0,0 | 10,3 | 0,0 | 0,0 | 1,7 | 0,0 | 4,2 | 9,7 | 0,0 | 2,1 | 5,9 |
| 04-07 | 2,7 | 3,3 | 3,2 | 0,0 | 2,7 | 1,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,7 | 10,4 | 0,0 | 2,7 | 2,2 |
| 04-08 | 0,0 | 2,5 | 7,2 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 0,6 | 7,4 | 0,0 | 0,6 | 1,8 |
| 04-09 | 0,0 | 5,7 | 14,4 | 0,0 | 0,0 | 15,4 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 5,8 | 10,4 | 0,0 | 0,0 | 2,4 |
| 04-10 | 0,0 | 0,0 | 3,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 9,1 | 6,8 | 0,0 | 0,0 | 2,0 |
| 04-11 | 7,2 | 43,9 | 14,4 | 5,5 | 19,7 | 13,1 | 6,2 | 14,8 | 7,3 | 11,5 | 56,7 | 17,0 | 8,3 | 30,8 | 12,2 |
| 04-12 | 7,6 | 40,4 | 20,5 | 2,0 | 19,7 | 20,0 | 4,0 | 17,0 | 9,5 | 8,5 | 47,0 | 21,5 | 4,6 | 37,7 | 15,5 |
| 04-13 | 6,1 | 14,8 | 10,9 | 2,5 | 7,9 | 5,7 | 1,0 | 3,0 | 2,2 | 1,0 | 13,9 | 11,1 | 2,2 | 20,0 | 11,1 |
| 04-14 | 3,2 | 21,8 | 9,8 | 0,0 | 7,2 | 9,1 | 0,7 | 3,6 | 1,2 | 3,0 | 23,1 | 14,3 | 0,7 | 19,2 | 9,1 |
| 04-15 | 4,1 | 30,7 | 13,9 | 0,0 | 8,6 | 9,7 | 3,3 | 18,1 | 4,7 | 5,5 | 32,8 | 12,7 | 4,1 | 27,3 | 10,3 |
| 04-17 | 5,4 | 16,2 | 8,3 | 0,0 | 4,8 | 7,1 | 0,1 | 8,4 | 2,4 | 5,5 | 24,3 | 7,5 | 4,5 | 11,5 | 7,1 |
| 04-18 | 5,0 | 14,7 | 5,5 | 2,5 | 5,3 | 3,4 | 3,0 | 6,7 | 2,3 | 3,8 | 12,7 | 7,0 | 3,8 | 12,2 | 3,8 |
| 04-19 | 5,7 | 25,0 | 7,5 | 0,0 | 13,8 | 6,8 | 0,0 | 7,8 | 2,9 | 3,8 | 19,9 | 7,7 | 6,2 | 19,7 | 6,3 |
| 04-20 | 13,1 | 23,0 | 8,7 | 0,0 | 8,2 | 4,9 | 2,3 | 16,2 | 5,3 | 7,6 | 29,1 | 10,4 | 8,0 | 21,2 | 7,7 |
| 04-21 | 7,3 | 37,3 | 7,9 | 1,5 | 11,5 | 7,5 | 7,3 | 16,1 | 3,8 | 12,3 | 30,0 | 8,1 | 8,1 | 27,5 | 8,3 |
| 04-22 | 10,7 | 29,7 | 8,8 | 0,0 | 10,6 | 6,1 | 7,5 | 17,1 | 3,5 | 15,8 | 33,4 | 8,9 | 13,1 | 27,9 | 6,6 |
| 04-23 | 12,4 | 34,2 | 8,1 | 1,5 | 11,9 | 6,6 | 12,5 | 19,8 | 3,4 | 20,4 | 36,8 | 7,8 | 15,3 | 31,5 | 6,7 |
| 04-25 | 15,4 | 30,2 | 9,3 | 0,1 | 12,0 | 6,5 | 7,2 | 16,2 | 3,1 | 14,5 | 38,8 | 8,9 | 8,7 | 27,0 | 8,4 |
| 04-27 | 12,8 | 30,4 | 7,2 | 0,0 | 8,5 | 4,7 | 10,0 | 16,8 | 2,9 | 16,8 | 28,3 | 5,4 | 10,5 | 28,1 | 6,6 |
| 04-28 | 5,3 | 19,6 | 8,5 | 0,2 | 9,3 | 4,6 | 0,0 | 8,7 | 2,8 | 4,3 | 21,6 | 8,0 | 8,6 | 22,0 | 7,4 |
| 04-29 | 11,1 | 27,2 | 7,8 | 0,0 | 8,7 | 5,1 | 8,6 | 13,9 | 2,2 | 10,9 | 23,0 | 6,7 | 9,8 | 22,7 | 7,1 |
| 04-30 | 10,2 | 31,5 | 9,3 | 0,0 | 8,3 | 7,4 | 10,0 | 13,9 | 2,4 | 10,0 | 28,1 | 7,8 | 13,8 | 29,9 | 8,2 |
| 04-31 | 11,8 | 31,0 | 9,0 | 1,0 | 9,0 | 4,3 | 4,9 | 8,8 | 3,0 | 7,0 | 26,2 | 7,7 | 10,2 | 28,5 | 7,4 |
| 04-32 | 12,8 | 34,7 | 8,7 | 0,0 | 7,7 | 5,1 | 6,2 | 15,9 | 3,7 | 7,0 | 28,4 | 9,2 | 9,1 | 32,0 | 8,8 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|---------|-------------|------------|------------|------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 04-33 | 13,6 | 28,6 | 11,0 | 3,9 | 10,0 | 4,1 | 2,2 | 15,8 | 3,8 | 10,0 | 26,6 | 7,0 | 9,0 | 32,9 | 8,6 |
| 04-35 | 17,1 | 30,3 | 8,0 | 0,0 | 8,1 | 5,7 | 3,6 | 14,7 | 4,2 | 6,7 | 28,3 | 7,9 | 13,4 | 27,7 | 6,9 |
| 04-36 | 10,7 | 30,9 | 6,7 | 1,0 | 5,6 | 3,7 | 9,5 | 16,2 | 2,6 | 9,9 | 27,0 | 6,9 | 13,3 | 25,4 | 5,7 |
| 04-37 | 15,9 | 27,4 | 7,1 | 0,0 | 7,1 | 3,9 | 12,5 | 16,9 | 2,3 | 13,2 | 26,7 | 6,3 | 13,4 | 28,0 | 5,2 |
| 04-38 | 7,4 | 31,1 | 9,3 | 0,9 | 9,2 | 3,4 | 6,7 | 11,6 | 3,7 | 11,6 | 27,3 | 6,9 | 9,9 | 27,8 | 7,7 |
| 04-40 | 13,7 | 37,6 | 8,1 | 0,5 | 7,7 | 6,6 | 8,0 | 17,2 | 3,0 | 8,3 | 37,4 | 9,5 | 11,1 | 32,5 | 7,9 |
| 04-42 | 11,3 | 28,6 | 9,8 | 1,6 | 8,4 | 4,4 | 4,0 | 8,6 | 2,4 | 6,1 | 22,6 | 9,8 | 3,5 | 28,0 | 10,8 |
| 04-43 | 9,3 | 28,4 | 7,0 | 0,0 | 7,2 | 4,5 | 0,3 | 12,4 | 3,0 | 7,0 | 23,3 | 7,1 | 11,5 | 27,4 | 8,6 |
| 04-45 | 8,1 | 27,4 | 8,3 | 1,1 | 7,5 | 4,8 | 4,1 | 11,3 | 3,2 | 3,8 | 27,0 | 8,6 | 11,3 | 26,0 | 6,4 |
| 04-46 | 12,5 | 28,0 | 7,7 | 0,0 | 7,3 | 4,4 | 5,4 | 11,6 | 2,2 | 4,2 | 20,2 | 6,1 | 14,2 | 27,9 | 7,3 |
| 04-47 | 15,0 | 29,7 | 7,3 | 0,0 | 9,1 | 4,7 | 4,1 | 11,9 | 4,3 | 8,5 | 22,4 | 6,6 | 13,5 | 29,6 | 7,1 |
| 04-48 | 13,2 | 23,8 | 8,6 | 0,0 | 7,9 | 3,8 | 8,3 | 14,0 | 1,7 | 10,8 | 22,4 | 5,6 | 8,5 | 26,9 | 7,4 |
| 05-01 | 0,0 | 9,1 | 15,0 | 0,0 | 0,0 | 20,6 | 0,0 | 0,0 | 1,4 | 0,0 | 14,5 | 6,8 | 0,0 | 0,0 | 2,4 |
| 05-02 | 0,0 | 4,9 | 1,3 | 2,5 | 4,2 | 6,7 | 0,0 | 4,2 | 1,7 | 2,5 | 4,9 | 9,9 | 0,0 | 4,9 | 4,4 |
| 05-03 | 0,0 | 1,8 | 8,6 | 0,0 | 0,0 | 5,6 | 0,0 | 0,0 | 1,8 | 0,0 | 1,8 | 4,4 | 0,0 | 0,0 | 3,4 |
| 05-04 | 0,0 | 0,0 | 9,8 | 0,0 | 0,0 | 5,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 6,9 | 14,2 | 0,0 | 0,0 | 1,8 |
| 05-06 | 0,0 | 3,0 | 10,2 | 0,0 | 3,0 | 5,0 | 0,0 | 0,0 | 2,4 | 0,0 | 10,3 | 7,9 | 0,0 | 3,0 | 2,9 |
| 05-07 | 0,0 | 2,5 | 4,7 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 0,0 | 0,0 | 1,3 | 0,8 | 5,7 | 5,7 | 0,0 | 0,8 | 2,9 |
| 05-08 | 0,0 | 0,7 | 3,4 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 2,1 | 6,0 | 0,0 | 0,5 | 0,8 |
| 05-09 | 0,0 | 5,5 | 3,1 | 0,0 | 3,2 | 2,1 | 0,0 | 0,0 | 1,7 | 0,0 | 4,4 | 3,5 | 0,0 | 3,7 | 2,3 |
| 05-10 | 0,0 | 2,5 | 3,5 | 0,0 | 0,0 | 1,2 | 0,0 | 1,8 | 0,9 | 0,0 | 7,7 | 5,6 | 0,0 | 2,0 | 2,9 |
| 05-11 | 0,8 | 11,9 | 7,0 | 0,0 | 2,2 | 2,7 | 0,9 | 1,6 | 1,6 | 0,9 | 10,3 | 7,0 | 0,0 | 8,7 | 5,8 |
| 05-12 | 3,9 | 35,8 | 9,4 | 2,2 | 13,1 | 9,2 | 0,0 | 6,5 | 4,6 | 0,0 | 19,8 | 10,5 | 3,2 | 20,4 | 12,0 |
| 05-13 | 12,9 | 32,9 | 8,5 | 0,0 | 14,6 | 8,3 | 11,2 | 19,3 | 5,0 | 13,2 | 40,1 | 11,8 | 5,8 | 23,0 | 8,4 |
| 05-15 | 0,0 | 22,9 | 7,7 | 0,0 | 5,8 | 5,9 | 0,0 | 14,3 | 4,7 | 10,7 | 20,8 | 7,6 | 3,8 | 17,5 | 7,2 |
| 05-16 | 7,5 | 16,8 | 5,5 | 0,0 | 7,6 | 5,0 | 0,0 | 8,1 | 2,9 | 4,2 | 17,2 | 6,0 | 2,8 | 16,3 | 7,1 |
| 05-17 | 0,1 | 19,8 | 9,8 | 0,1 | 8,0 | 6,9 | 0,1 | 12,1 | 5,2 | 6,1 | 25,5 | 10,0 | 0,0 | 18,7 | 9,9 |
| 05-18 | 7,2 | 17,9 | 4,8 | 0,2 | 5,8 | 4,5 | 1,6 | 6,0 | 2,5 | 2,5 | 22,3 | 8,0 | 2,6 | 12,9 | 7,2 |
| 05-19 | 1,1 | 11,3 | 5,5 | 0,0 | 6,2 | 3,2 | 1,4 | 6,3 | 1,7 | 5,2 | 12,9 | 4,5 | 0,0 | 10,1 | 4,0 |
| 05-20 | 2,6 | 20,5 | 6,5 | 0,0 | 6,4 | 4,7 | 1,9 | 8,7 | 4,0 | 4,8 | 16,6 | 6,9 | 1,9 | 12,9 | 5,3 |
| 05-22 | 15,3 | 27,3 | 7,4 | 0,8 | 10,6 | 5,5 | 4,7 | 15,2 | 2,9 | 13,4 | 26,3 | 10,1 | 10,9 | 28,4 | 6,4 |
| 05-23 | 7,9 | 38,4 | 14,6 | 0,0 | 8,5 | 8,1 | 6,6 | 6,6 | 0,7 | 8,2 | 33,7 | 11,5 | 5,0 | 25,6 | 11,5 |
| 05-24 | 16,6 | 30,1 | 8,1 | 0,6 | 8,2 | 4,0 | 8,9 | 18,1 | 3,9 | 11,1 | 32,1 | 8,9 | 10,8 | 27,6 | 8,1 |
| 05-27 | 5,2 | 17,8 | 8,3 | 0,8 | 7,5 | 6,3 | 2,5 | 6,6 | 1,5 | 5,2 | 16,5 | 8,7 | 6,1 | 19,6 | 7,6 |
| 05-28 | 14,8 | 33,7 | 6,7 | 0,0 | 9,6 | 7,2 | 9,8 | 19,5 | 3,6 | 12,8 | 25,8 | 6,9 | 14,4 | 30,5 | 6,8 |
| 05-29 | 9,7 | 30,0 | 8,3 | 0,0 | 6,7 | 4,7 | 1,3 | 13,8 | 3,2 | 5,9 | 28,5 | 9,2 | 7,6 | 23,1 | 7,1 |
| 05-30 | 12,9 | 28,8 | 6,8 | 0,0 | 7,8 | 3,4 | 6,8 | 15,4 | 3,0 | 3,4 | 29,2 | 8,2 | 6,8 | 25,2 | 6,5 |
| 05-31 | 13,1 | 37,8 | 8,8 | 0,0 | 11,8 | 5,2 | 12,3 | 20,4 | 4,2 | 10,0 | 36,9 | 8,2 | 15,5 | 32,9 | 8,2 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 05-32 | 19,5 | 39,7 | 8,1 | 0,0 | 13,1 | 6,7 | 5,9 | 19,7 | 6,0 | 11,3 | 31,5 | 7,3 | 17,9 | 35,4 | 6,4 |
| 05-33 | 11,9 | 31,2 | 8,3 | 0,0 | 9,3 | 5,5 | 7,5 | 8,2 | 5,5 | 4,0 | 25,5 | 7,9 | 15,4 | 34,1 | 8,1 |
| 05-34 | 10,7 | 23,4 | 8,5 | 0,7 | 7,9 | 3,4 | 8,3 | 10,3 | 1,5 | 6,7 | 19,9 | 6,4 | 10,1 | 20,6 | 7,1 |
| 05-35 | 10,8 | 28,3 | 9,6 | 0,0 | 8,0 | 4,9 | 10,0 | 15,3 | 2,2 | 14,9 | 31,9 | 9,0 | 9,8 | 28,4 | 9,1 |
| 05-36 | 12,5 | 36,8 | 8,5 | 0,0 | 8,7 | 7,0 | 9,8 | 21,1 | 3,3 | 8,7 | 28,9 | 9,0 | 15,6 | 31,7 | 6,6 |
| 05-37 | 8,7 | 30,8 | 8,5 | 0,0 | 6,0 | 3,1 | 3,7 | 10,8 | 3,7 | 8,6 | 24,7 | 7,0 | 4,3 | 27,6 | 6,1 |
| 05-38 | 13,7 | 28,8 | 8,8 | 3,6 | 7,5 | 3,5 | 4,3 | 11,7 | 3,1 | 4,8 | 24,0 | 7,0 | 9,6 | 25,5 | 6,5 |
| 05-39 | 7,6 | 28,3 | 8,3 | 2,4 | 7,5 | 2,9 | 5,8 | 8,9 | 1,4 | 9,6 | 26,2 | 8,1 | 8,9 | 25,5 | 7,8 |
| 05-40 | 13,8 | 30,9 | 8,7 | 0,0 | 6,6 | 3,6 | 8,8 | 15,4 | 2,0 | 12,2 | 25,4 | 6,6 | 11,1 | 24,4 | 4,4 |
| 05-41 | 14,0 | 37,0 | 9,0 | 0,0 | 6,9 | 4,0 | 10,8 | 17,0 | 2,7 | 11,3 | 28,8 | 6,9 | 9,5 | 27,1 | 7,7 |
| 05-43 | 13,7 | 30,3 | 7,9 | 2,2 | 9,0 | 4,3 | 2,2 | 9,1 | 4,0 | 5,3 | 26,3 | 8,4 | 14,1 | 28,2 | 6,4 |
| 05-44 | 15,3 | 39,1 | 9,7 | 2,7 | 9,7 | 3,9 | 13,6 | 21,9 | 3,5 | 10,5 | 31,8 | 10,5 | 11,7 | 38,7 | 9,3 |
| 05-45 | 9,9 | 36,8 | 9,4 | 0,0 | 7,2 | 4,0 | 6,2 | 11,4 | 5,4 | 9,8 | 27,6 | 6,4 | 9,9 | 32,7 | 8,4 |
| 05-46 | 9,2 | 33,0 | 8,5 | 0,0 | 9,6 | 4,2 | 6,7 | 16,2 | 3,6 | 3,3 | 23,1 | 6,1 | 17,9 | 32,4 | 6,9 |
| 05-47 | 14,0 | 30,3 | 8,9 | 0,0 | 10,2 | 4,1 | 6,2 | 12,1 | 1,9 | 8,5 | 22,8 | 8,4 | 7,4 | 27,7 | 6,5 |
| 05-48 | 13,3 | 30,5 | 5,9 | 0,0 | 10,7 | 4,3 | 10,0 | 15,5 | 2,6 | 9,0 | 23,0 | 5,8 | 5,8 | 26,9 | 6,7 |
| 05-49 | 10,3 | 31,5 | 7,7 | 0,0 | 6,8 | 4,0 | 8,5 | 10,7 | 3,7 | 10,7 | 27,2 | 6,4 | 15,6 | 27,0 | 5,8 |
| 05-50 | 14,2 | 32,2 | 7,1 | 0,0 | 7,4 | 4,7 | 6,8 | 18,1 | 4,3 | 2,0 | 27,4 | 8,7 | 9,6 | 25,8 | 7,3 |
| 06-01 | 0,0 | 47,0 | 12,2 | 0,0 | 38,9 | 15,6 | 0,0 | 10,2 | 15,3 | 0,0 | 60,6 | 11,5 | 0,0 | 32,7 | 17,5 |
| 06-02 | 0,0 | 3,8 | 17,5 | 0,0 | 0,4 | 14,6 | 0,0 | 0,0 | 6,4 | 0,0 | 24,5 | 19,3 | 0,0 | 0,4 | 15,4 |
| 06-04 | 0,0 | 20,0 | 20,7 | 13,6 | 17,9 | 14,2 | 0,0 | 13,6 | 6,3 | 13,6 | 50,6 | 22,2 | 0,0 | 17,9 | 14,1 |
| 06-05 | 0,0 | 5,8 | 6,2 | 0,0 | 3,8 | 6,2 | 0,0 | 0,0 | 1,8 | 0,0 | 4,5 | 5,4 | 0,0 | 2,5 | 1,8 |
| 06-06 | 2,2 | 2,2 | 2,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2,2 | 5,2 | 0,0 | 0,0 | 0,6 |
| 06-07 | 0,0 | 0,0 | 3,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 1,7 | 6,1 | 0,0 | 0,0 | 3,3 |
| 06-08 | 0,0 | 2,0 | 3,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 8,9 | 6,0 | 0,0 | 2,0 | 1,3 |
| 06-09 | 0,0 | 4,5 | 3,1 | 0,0 | 4,0 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 0,0 | 4,5 | 0,0 | 4,0 | 2,8 |
| 06-10 | 0,0 | 0,0 | 8,6 | 0,0 | 0,0 | 3,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 11,6 | 0,0 | 0,0 | 6,4 |
| 06-11 | 4,9 | 39,8 | 17,8 | 0,9 | 20,9 | 14,2 | 4,9 | 15,1 | 7,3 | 3,8 | 40,2 | 25,1 | 9,2 | 31,5 | 17,6 |
| 06-12 | 11,8 | 38,4 | 13,3 | 4,1 | 19,7 | 11,5 | 2,7 | 21,4 | 5,5 | 12,3 | 37,0 | 12,9 | 15,1 | 32,7 | 12,7 |
| 06-14 | 10,3 | 41,7 | 13,0 | 1,1 | 26,3 | 12,1 | 11,3 | 27,5 | 7,4 | 23,4 | 49,3 | 14,4 | 5,6 | 29,6 | 10,6 |
| 06-15 | 10,5 | 29,2 | 12,9 | 0,0 | 10,7 | 6,7 | 10,4 | 18,3 | 3,5 | 11,3 | 35,2 | 11,3 | 9,7 | 25,6 | 9,9 |
| 06-17 | 0,0 | 21,6 | 9,0 | 0,0 | 6,9 | 5,7 | 0,0 | 11,3 | 4,8 | 7,8 | 31,3 | 8,2 | 6,6 | 16,9 | 6,3 |
| 06-18 | 0,0 | 14,9 | 6,3 | 0,0 | 3,7 | 2,6 | 0,1 | 7,8 | 4,6 | 0,7 | 25,7 | 6,9 | 0,1 | 11,1 | 5,0 |
| 06-19 | 5,1 | 20,5 | 5,6 | 0,0 | 5,0 | 5,2 | 1,7 | 13,2 | 4,2 | 12,3 | 26,6 | 6,5 | 7,9 | 18,4 | 5,4 |
| 06-21 | 19,4 | 47,2 | 13,7 | 2,2 | 17,3 | 9,4 | 10,0 | 28,4 | 4,7 | 22,2 | 51,6 | 14,9 | 17,0 | 49,7 | 10,8 |
| 06-22 | 11,3 | 31,8 | 11,8 | 1,6 | 8,9 | 8,7 | 6,7 | 22,0 | 5,2 | 11,8 | 33,7 | 10,2 | 10,4 | 31,4 | 9,2 |
| 06-24 | 17,7 | 45,7 | 11,8 | 2,1 | 17,4 | 8,2 | 7,0 | 22,0 | 6,4 | 13,3 | 51,4 | 14,3 | 8,4 | 37,4 | 12,7 |
| 06-25 | 9,5 | 32,9 | 9,8 | 0,0 | 14,9 | 6,2 | 6,5 | 14,7 | 2,9 | 11,8 | 27,7 | 11,5 | 12,3 | 28,3 | 9,7 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 06-26 | 6,7 | 28,1 | 9,1 | 0,0 | 9,8 | 5,8 | 2,7 | 6,7 | 3,6 | 4,3 | 24,1 | 8,8 | 6,7 | 27,5 | 7,8 |
| 06-27 | 14,2 | 29,2 | 10,0 | 0,0 | 12,8 | 8,6 | 4,4 | 19,5 | 5,1 | 11,0 | 32,6 | 9,4 | 10,7 | 32,7 | 6,0 |
| 06-28 | 9,6 | 28,6 | 9,1 | 0,5 | 5,4 | 3,7 | 6,3 | 16,3 | 3,8 | 7,1 | 26,7 | 7,2 | 8,0 | 26,8 | 7,5 |
| 06-29 | 8,3 | 26,3 | 7,2 | 2,2 | 7,4 | 3,1 | 3,8 | 7,8 | 4,2 | 4,1 | 22,0 | 7,4 | 6,3 | 23,5 | 7,2 |
| 06-30 | 6,2 | 32,1 | 7,8 | 0,0 | 6,2 | 7,1 | 5,2 | 9,1 | 3,8 | 8,4 | 27,0 | 7,8 | 4,1 | 21,8 | 7,1 |
| 06-31 | 5,2 | 29,8 | 9,6 | 0,0 | 11,4 | 6,7 | 3,3 | 5,2 | 5,3 | 5,2 | 29,6 | 10,4 | 5,2 | 32,4 | 9,1 |
| 06-33 | 15,2 | 47,1 | 13,0 | 0,0 | 8,6 | 6,9 | 5,8 | 11,9 | 2,8 | 13,0 | 32,1 | 14,7 | 17,2 | 34,4 | 10,0 |
| 06-34 | 11,2 | 38,0 | 13,3 | 1,0 | 10,8 | 6,8 | 8,5 | 11,2 | 2,2 | 9,3 | 35,9 | 11,6 | 11,2 | 35,3 | 9,6 |
| 06-35 | 16,2 | 41,6 | 9,8 | 0,0 | 14,9 | 6,4 | 6,0 | 16,3 | 6,0 | 5,9 | 37,9 | 8,5 | 11,4 | 36,4 | 8,2 |
| 06-36 | 12,2 | 41,9 | 7,6 | 0,0 | 9,0 | 5,6 | 10,3 | 24,6 | 5,6 | 16,9 | 42,3 | 9,1 | 14,5 | 30,4 | 8,6 |
| 06-39 | 11,0 | 40,1 | 7,3 | 0,1 | 10,1 | 4,1 | 7,4 | 19,9 | 4,8 | 8,1 | 40,9 | 8,0 | 14,2 | 33,6 | 8,2 |
| 06-40 | 13,4 | 29,6 | 6,5 | 0,3 | 6,1 | 3,9 | 11,7 | 17,9 | 2,8 | 6,0 | 26,7 | 8,9 | 5,6 | 27,7 | 6,3 |
| 06-41 | 17,6 | 44,1 | 11,2 | 0,0 | 14,0 | 6,4 | 6,4 | 24,5 | 4,3 | 16,4 | 42,0 | 11,7 | 20,0 | 38,6 | 10,2 |
| 06-42 | 5,3 | 42,2 | 12,6 | 0,0 | 13,5 | 6,3 | 5,3 | 16,8 | 5,9 | 6,6 | 37,1 | 11,8 | 12,2 | 39,7 | 9,3 |
| 06-43 | 10,6 | 37,9 | 10,5 | 0,3 | 11,8 | 6,9 | 7,1 | 14,5 | 2,8 | 15,6 | 36,0 | 10,9 | 6,7 | 36,8 | 9,1 |
| 06-44 | 21,2 | 47,0 | 10,0 | 2,1 | 9,7 | 4,4 | 8,6 | 22,7 | 5,0 | 13,5 | 40,7 | 10,4 | 14,7 | 42,2 | 8,3 |
| 06-46 | 12,9 | 38,5 | 7,8 | 0,0 | 11,1 | 5,0 | 10,9 | 19,9 | 3,3 | 21,7 | 34,1 | 7,2 | 17,1 | 31,8 | 6,1 |
| 06-47 | 11,7 | 42,4 | 9,2 | 0,0 | 11,5 | 7,2 | 14,9 | 20,5 | 3,9 | 18,4 | 36,4 | 7,4 | 13,1 | 35,3 | 7,1 |
| 06-48 | 16,9 | 32,2 | 7,4 | 1,7 | 7,0 | 3,9 | 3,3 | 12,9 | 6,0 | 3,3 | 21,6 | 9,2 | 3,3 | 28,5 | 9,4 |
| 06-49 | 18,7 | 34,2 | 6,7 | 1,0 | 10,0 | 3,8 | 9,6 | 16,4 | 2,5 | 9,1 | 31,2 | 7,1 | 17,3 | 30,1 | 6,5 |
| 06-50 | 15,2 | 36,6 | 7,1 | 0,0 | 9,7 | 4,7 | 12,5 | 22,6 | 4,1 | 8,6 | 33,5 | 8,1 | 14,6 | 37,1 | 7,7 |
| 07-01 | 0,0 | 68,9 | 21,1 | 0,0 | 68,9 | 21,7 | 0,0 | 27,1 | 16,1 | 0,0 | 72,0 | 18,4 | 0,0 | 27,1 | 26,2 |
| 07-02 | 0,0 | 16,7 | 21,1 | 0,0 | 16,7 | 19,9 | 0,0 | 0,0 | 9,3 | 0,0 | 16,7 | 16,0 | 0,0 | 16,7 | 14,3 |
| 07-03 | 0,0 | 16,1 | 17,6 | 0,0 | 18,5 | 19,6 | 0,0 | 1,1 | 6,3 | 0,0 | 11,7 | 20,6 | 0,0 | 0,0 | 7,1 |
| 07-05 | 0,8 | 30,2 | 15,4 | 0,0 | 30,2 | 14,8 | 0,0 | 8,0 | 9,1 | 0,0 | 20,5 | 21,1 | 0,0 | 12,7 | 15,8 |
| 07-06 | 0,0 | 1,9 | 8,9 | 0,0 | 9,7 | 7,5 | 0,0 | 0,0 | 4,2 | 0,0 | 9,7 | 5,3 | 0,0 | 0,0 | 7,7 |
| 07-07 | 0,0 | 12,6 | 12,6 | 0,0 | 13,8 | 12,1 | 0,0 | 6,4 | 3,6 | 6,4 | 7,3 | 6,6 | 0,0 | 11,8 | 6,7 |
| 07-08 | 1,6 | 10,9 | 7,6 | 0,0 | 10,9 | 5,8 | 0,0 | 0,0 | 4,6 | 0,0 | 13,5 | 6,0 | 0,0 | 2,6 | 7,1 |
| 07-10 | 0,0 | 15,0 | 7,7 | 0,0 | 12,7 | 6,7 | 0,0 | 1,4 | 5,8 | 0,0 | 17,9 | 7,8 | 0,0 | 10,0 | 6,0 |
| 07-12 | 24,6 | 68,6 | 13,4 | 5,8 | 33,4 | 16,8 | 24,4 | 53,5 | 10,6 | 8,4 | 52,7 | 16,6 | 7,9 | 48,7 | 11,6 |
| 07-13 | 18,9 | 60,4 | 13,6 | 11,3 | 33,6 | 14,0 | 14,2 | 52,1 | 9,7 | 4,0 | 53,5 | 18,1 | 20,5 | 45,5 | 9,9 |
| 07-14 | 27,0 | 81,0 | 18,6 | 8,8 | 48,1 | 15,7 | 28,6 | 65,9 | 14,2 | 1,9 | 50,0 | 21,0 | 5,7 | 53,6 | 21,7 |
| 07-15 | 17,7 | 93,0 | 17,6 | 8,7 | 46,6 | 15,2 | 25,6 | 69,5 | 10,3 | 12,1 | 59,2 | 17,6 | 7,6 | 65,0 | 16,9 |
| 07-16 | 6,2 | 36,7 | 7,8 | 1,9 | 20,3 | 7,0 | 12,8 | 29,4 | 5,7 | 12,9 | 24,8 | 5,7 | 9,9 | 27,3 | 8,1 |
| 07-17 | 27,1 | 55,7 | 8,3 | 4,1 | 29,9 | 9,0 | 21,8 | 38,5 | 6,3 | 18,6 | 41,5 | 8,5 | 16,6 | 40,3 | 8,7 |
| 07-18 | 7,7 | 33,1 | 7,6 | 3,0 | 17,7 | 5,9 | 9,4 | 23,4 | 5,1 | 7,3 | 24,6 | 8,3 | 7,5 | 27,5 | 7,6 |
| 07-20 | 29,2 | 48,7 | 6,1 | 9,0 | 29,4 | 8,8 | 17,7 | 37,8 | 6,4 | 6,5 | 35,2 | 9,0 | 17,8 | 41,7 | 9,3 |
| 07-21 | 46,0 | 82,3 | 11,7 | 7,3 | 29,1 | 9,0 | 40,2 | 59,8 | 10,8 | 9,7 | 41,5 | 13,1 | 27,6 | 57,0 | 12,1 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|---------|------------|-------------|---------|------------|-------------|------------|------------|------------|---------|-------------|------------|------------|------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 07-22 | 21,5 | 66,4 | 16,1 | 0,0 | 21,8 | 9,6 | 22,9 | 46,9 | 10,6 | 4,3 | 30,7 | 12,5 | 20,2 | 48,8 | 14,8 |
| 07-23 | 34,0 | 85,0 | 16,2 | 8,2 | 29,5 | 9,1 | 29,4 | 68,2 | 10,7 | 1,3 | 46,2 | 16,7 | 16,3 | 56,1 | 11,3 |
| 07-24 | 26,3 | 71,4 | 14,1 | 6,1 | 24,2 | 8,4 | 16,8 | 35,8 | 9,9 | 6,7 | 31,6 | 10,0 | 12,1 | 58,5 | 11,0 |
| 07-25 | 30,7 | 68,9 | 10,7 | 8,2 | 21,1 | 9,5 | 15,3 | 53,3 | 9,3 | 3,2 | 29,7 | 11,9 | 0,0 | 50,1 | 14,3 |
| 07-26 | 13,0 | 43,0 | 12,5 | 1,2 | 19,2 | 11,7 | 7,2 | 22,2 | 7,5 | 6,9 | 27,9 | 10,3 | 15,2 | 39,3 | 8,9 |
| 07-27 | 6,0 | 46,4 | 13,5 | 3,5 | 15,5 | 6,2 | 6,0 | 26,7 | 7,3 | 1,3 | 25,5 | 11,3 | 8,9 | 34,9 | 9,6 |
| 07-28 | 25,7 | 45,3 | 9,4 | 1,7 | 19,7 | 6,0 | 20,6 | 34,2 | 6,6 | 3,3 | 24,1 | 9,3 | 10,8 | 39,5 | 8,4 |
| 07-30 | 26,6 | 58,8 | 8,1 | 13,8 | 31,5 | 7,1 | 30,2 | 45,7 | 5,9 | 0,0 | 29,4 | 8,1 | 24,0 | 49,3 | 7,5 |
| 07-31 | 33,0 | 77,8 | 15,6 | 4,2 | 21,3 | 7,8 | 16,1 | 54,6 | 11,6 | 4,3 | 24,0 | 12,6 | 18,1 | 53,5 | 11,4 |
| 07-32 | 43,1 | 72,8 | 11,2 | 7,7 | 22,7 | 6,2 | 38,1 | 61,1 | 7,7 | 4,7 | 24,1 | 11,8 | 35,1 | 65,7 | 9,7 |
| 07-33 | 29,1 | 70,6 | 13,1 | 0,0 | 18,5 | 8,5 | 17,9 | 43,5 | 8,5 | 6,3 | 27,8 | 12,1 | 31,6 | 53,9 | 9,8 |
| 07-34 | 43,2 | 89,7 | 15,2 | 9,2 | 21,9 | 6,3 | 39,6 | 60,7 | 7,5 | 4,0 | 27,1 | 9,5 | 27,8 | 59,1 | 10,2 |
| 07-35 | 22,3 | 68,4 | 14,0 | 2,1 | 21,7 | 7,1 | 17,5 | 35,3 | 7,7 | 2,8 | 26,0 | 10,9 | 21,8 | 50,7 | 10,7 |
| 07-36 | 27,4 | 65,7 | 10,1 | 0,2 | 15,7 | 8,0 | 19,7 | 48,5 | 9,1 | 2,5 | 29,1 | 8,4 | 25,7 | 49,2 | 7,0 |
| 07-37 | 27,5 | 65,8 | 9,0 | 2,7 | 19,2 | 7,4 | 22,5 | 37,9 | 5,6 | 3,2 | 24,0 | 7,1 | 28,6 | 52,7 | 8,5 |
| 07-38 | 33,4 | 67,6 | 11,4 | 6,8 | 19,5 | 6,6 | 15,3 | 38,1 | 9,9 | 0,0 | 30,2 | 9,1 | 26,2 | 47,7 | 8,8 |
| 07-40 | 14,6 | 62,3 | 11,6 | 5,1 | 18,5 | 6,4 | 14,6 | 24,4 | 14,1 | 5,5 | 18,5 | 8,5 | 26,5 | 46,8 | 7,1 |
| 07-41 | 30,9 | 79,5 | 10,6 | 3,6 | 18,1 | 5,5 | 26,9 | 59,7 | 10,3 | 0,4 | 16,3 | 10,0 | 28,0 | 54,5 | 12,3 |
| 07-42 | 40,0 | 87,2 | 14,0 | 13,5 | 24,6 | 5,5 | 28,8 | 43,0 | 11,1 | 0,0 | 27,5 | 11,5 | 37,4 | 68,3 | 10,1 |
| 07-43 | 44,3 | 90,4 | 11,3 | 0,0 | 20,3 | 7,9 | 35,6 | 64,7 | 7,3 | 2,4 | 35,1 | 12,5 | 26,1 | 57,1 | 11,0 |
| 07-44 | 40,0 | 74,8 | 11,5 | 1,0 | 16,9 | 5,8 | 10,0 | 43,1 | 10,3 | 1,9 | 24,5 | 11,4 | 29,4 | 58,4 | 9,3 |
| 07-45 | 42,5 | 101,7 | 14,6 | 10,4 | 24,7 | 5,9 | 35,1 | 61,2 | 8,8 | 0,0 | 20,1 | 11,5 | 33,7 | 71,1 | 11,3 |
| 07-46 | 35,6 | 65,0 | 9,2 | 5,8 | 17,1 | 9,2 | 17,8 | 36,1 | 6,7 | 0,0 | 23,8 | 9,2 | 19,7 | 46,0 | 7,1 |
| 07-47 | 34,4 | 71,5 | 10,8 | 1,6 | 17,7 | 6,1 | 23,1 | 44,1 | 6,8 | 5,5 | 26,8 | 8,1 | 25,5 | 50,7 | 9,4 |
| 07-49 | 36,7 | 72,8 | 10,8 | 6,3 | 20,3 | 7,5 | 23,5 | 35,9 | 6,2 | 0,0 | 29,6 | 10,1 | 25,8 | 56,3 | 8,4 |
| 08-01 | 19,3 | 72,7 | 25,6 | 19,3 | 54,9 | 22,8 | 0,0 | 19,3 | 14,7 | 0,0 | 48,0 | 23,1 | 0,0 | 43,8 | 17,7 |
| 08-02 | 0,0 | 17,4 | 17,5 | 0,0 | 11,6 | 16,4 | 0,0 | 10,9 | 5,3 | 0,0 | 26,6 | 17,7 | 0,0 | 10,9 | 9,5 |
| 08-03 | 1,3 | 43,3 | 14,4 | 1,3 | 26,2 | 19,3 | 0,0 | 1,3 | 8,8 | 0,0 | 46,6 | 12,3 | 0,0 | 19,3 | 14,6 |
| 08-04 | 0,0 | 49,3 | 26,6 | 0,0 | 51,9 | 31,9 | 0,0 | 47,8 | 13,9 | 0,0 | 46,2 | 21,8 | 0,0 | 49,9 | 26,7 |
| 08-05 | 1,8 | 36,5 | 12,5 | 0,0 | 35,6 | 13,3 | 0,0 | 20,3 | 11,4 | 0,0 | 39,8 | 13,3 | 1,8 | 35,1 | 13,1 |
| 08-06 | 0,0 | 42,0 | 12,6 | 0,0 | 42,0 | 13,4 | 0,0 | 20,4 | 9,3 | 15,5 | 43,8 | 13,5 | 0,0 | 26,4 | 12,5 |
| 08-07 | 0,0 | 53,3 | 18,4 | 40,2 | 62,2 | 9,2 | 0,0 | 40,2 | 10,8 | 0,0 | 46,0 | 11,2 | 0,0 | 44,5 | 11,0 |
| 08-08 | 0,0 | 35,5 | 22,0 | 0,0 | 38,7 | 18,4 | 0,0 | 0,0 | 10,3 | 0,0 | 45,3 | 14,8 | 0,0 | 0,0 | 21,2 |
| 08-09 | 3,8 | 31,4 | 17,3 | 0,0 | 28,5 | 17,5 | 0,0 | 0,0 | 3,8 | 0,0 | 3,8 | 14,1 | 0,0 | 0,0 | 8,2 |
| 08-10 | 0,0 | 5,3 | 14,8 | 0,0 | 1,1 | 16,5 | 0,0 | 1,1 | 3,0 | 0,0 | 6,7 | 9,8 | 0,0 | 4,9 | 3,8 |
| 08-11 | 8,5 | 49,8 | 10,8 | 1,9 | 20,3 | 16,9 | 13,8 | 29,7 | 7,8 | 5,6 | 42,2 | 14,5 | 5,1 | 31,1 | 14,5 |
| 08-12 | 35,6 | 90,4 | 16,0 | 12,5 | 39,6 | 14,2 | 20,3 | 52,8 | 12,3 | 0,8 | 58,3 | 15,0 | 13,3 | 55,9 | 16,9 |
| 08-14 | 21,9 | 47,1 | 15,9 | 11,8 | 22,8 | 10,2 | 12,5 | 30,3 | 6,7 | 6,2 | 28,8 | 11,2 | 10,7 | 37,6 | 13,6 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|-------------|------------|-------------|---------|-------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 08-15 | 28,1 | 80,7 | 17,5 | 14,9 | 38,5 | 15,7 | 17,5 | 55,6 | 13,8 | 13,8 | 53,7 | 23,2 | 15,8 | 61,2 | 17,7 |
| 08-16 | 26,1 | 60,9 | 13,5 | 20,0 | 37,1 | 9,4 | 19,6 | 47,3 | 9,5 | 6,0 | 31,7 | 12,5 | 23,0 | 54,5 | 11,7 |
| 08-18 | 33,3 | 65,1 | 7,6 | 11,9 | 42,7 | 11,4 | 35,6 | 54,5 | 6,1 | 7,9 | 45,7 | 11,5 | 21,6 | 52,1 | 10,4 |
| 08-19 | 24,8 | 70,8 | 15,0 | 13,3 | 34,8 | 10,9 | 23,5 | 47,8 | 8,2 | 9,3 | 40,7 | 15,3 | 23,8 | 51,6 | 12,7 |
| 08-20 | 20,4 | 67,7 | 12,8 | 9,2 | 37,0 | 15,5 | 25,0 | 51,3 | 5,8 | 13,7 | 44,8 | 10,8 | 26,2 | 50,0 | 8,0 |
| 08-21 | 22,2 | 73,0 | 17,2 | 8,9 | 28,7 | 9,2 | 19,4 | 52,2 | 12,8 | 0,0 | 40,0 | 15,6 | 18,8 | 58,4 | 15,7 |
| 08-22 | 58,4 | 121,2 | 14,2 | 11,8 | 37,7 | 13,8 | 36,8 | 102,8 | 11,6 | 0,0 | 59,4 | 15,5 | 26,6 | 79,2 | 16,9 |
| 08-23 | 34,6 | 95,1 | 13,3 | 13,5 | 37,4 | 9,4 | 51,4 | 84,5 | 10,6 | 0,0 | 59,6 | 13,3 | 45,0 | 76,8 | 11,3 |
| 08-24 | 38,3 | 99,1 | 12,1 | 9,4 | 36,8 | 10,5 | 50,9 | 87,1 | 11,8 | 5,2 | 53,0 | 19,7 | 27,2 | 77,4 | 18,3 |
| 08-25 | 50,7 | 88,0 | 12,6 | 11,7 | 34,1 | 9,7 | 38,7 | 64,1 | 9,1 | 30,9 | 64,2 | 13,5 | 30,2 | 70,2 | 12,8 |
| 08-26 | 42,3 | 74,4 | 10,3 | 11,9 | 31,7 | 10,9 | 38,8 | 60,4 | 6,5 | 0,0 | 48,1 | 14,2 | 30,3 | 60,8 | 9,3 |
| 08-27 | 21,4 | 69,2 | 13,2 | 0,0 | 21,3 | 7,9 | 13,2 | 34,4 | 13,9 | 1,6 | 18,0 | 7,1 | 19,3 | 57,9 | 10,7 |
| 08-29 | 28,4 | 60,4 | 10,3 | 8,7 | 22,0 | 9,7 | 18,4 | 39,1 | 11,8 | 0,0 | 28,3 | 11,9 | 7,5 | 50,4 | 11,8 |
| 08-30 | 32,8 | 73,9 | 12,0 | 8,8 | 26,1 | 9,6 | 32,4 | 49,4 | 6,9 | 6,3 | 44,2 | 11,0 | 31,2 | 57,5 | 8,7 |
| 08-31 | 42,7 | 98,9 | 12,7 | 9,8 | 33,8 | 8,0 | 47,7 | 78,8 | 9,3 | 13,2 | 37,0 | 13,9 | 42,5 | 71,6 | 12,8 |
| 08-32 | 19,1 | 101,4 | 21,1 | 0,7 | 31,7 | 8,2 | 18,2 | 58,0 | 16,0 | 19,2 | 41,7 | 13,1 | 17,0 | 79,8 | 16,8 |
| 08-33 | 39,9 | 100,2 | 14,1 | 11,8 | 31,5 | 7,6 | 49,6 | 79,6 | 8,3 | 12,5 | 46,1 | 13,6 | 31,5 | 66,4 | 11,3 |
| 08-34 | 18,9 | 79,4 | 13,7 | 1,6 | 20,1 | 7,2 | 13,5 | 50,2 | 13,9 | 4,9 | 31,3 | 11,3 | 31,7 | 52,4 | 10,3 |
| 08-35 | 25,6 | 84,2 | 16,9 | 5,5 | 22,7 | 10,7 | 8,1 | 40,9 | 14,9 | 4,5 | 25,8 | 15,3 | 25,0 | 63,1 | 10,1 |
| 08-36 | 28,1 | 79,8 | 10,4 | 6,6 | 27,1 | 8,3 | 27,1 | 46,8 | 11,6 | 0,0 | 34,5 | 15,2 | 26,3 | 67,7 | 10,5 |
| 08-37 | 21,0 | 82,1 | 14,1 | 0,0 | 19,7 | 8,4 | 15,8 | 32,7 | 8,3 | 10,9 | 30,7 | 9,7 | 24,7 | 60,5 | 12,4 |
| 08-38 | 18,3 | 68,4 | 14,2 | 0,0 | 15,1 | 7,6 | 8,6 | 26,8 | 11,1 | 2,1 | 28,8 | 11,0 | 15,7 | 47,3 | 10,3 |
| 08-39 | 27,1 | 76,2 | 14,2 | 4,1 | 24,9 | 10,0 | 19,7 | 45,3 | 8,5 | 5,2 | 27,4 | 11,7 | 30,2 | 50,5 | 9,8 |
| 08-40 | 36,2 | 76,3 | 11,5 | 2,1 | 21,7 | 9,9 | 27,8 | 60,1 | 8,2 | 0,0 | 32,9 | 11,3 | 30,8 | 51,3 | 9,2 |
| 08-41 | 45,6 | 100,2 | 13,1 | 6,8 | 19,7 | 5,5 | 17,3 | 59,6 | 11,5 | 13,7 | 29,6 | 8,3 | 24,9 | 63,3 | 11,5 |
| 08-42 | 38,9 | 84,3 | 14,3 | 0,4 | 16,8 | 5,8 | 28,7 | 60,7 | 10,6 | 6,7 | 32,3 | 11,1 | 29,4 | 59,1 | 9,5 |
| 08-43 | 51,7 | 94,7 | 12,7 | 8,8 | 25,4 | 7,0 | 19,2 | 48,8 | 9,8 | 6,2 | 33,7 | 11,9 | 35,0 | 69,8 | 10,1 |
| 08-44 | 40,6 | 85,9 | 14,4 | 4,3 | 19,8 | 7,0 | 17,4 | 50,5 | 9,3 | 0,0 | 37,3 | 12,7 | 25,5 | 60,2 | 10,8 |
| 08-47 | 36,0 | 80,0 | 10,8 | 5,9 | 22,7 | 6,7 | 21,8 | 43,0 | 7,0 | 6,8 | 29,3 | 10,2 | 31,7 | 60,2 | 10,1 |
| 08-48 | 32,0 | 86,4 | 12,9 | 1,9 | 22,2 | 9,6 | 16,9 | 30,8 | 13,1 | 7,0 | 27,7 | 10,4 | 22,4 | 66,0 | 9,8 |
| 09-01 | 4,0 | 34,2 | 20,8 | 4,0 | 22,9 | 16,0 | 0,0 | 5,3 | 7,4 | 0,0 | 10,1 | 21,3 | 0,0 | 5,3 | 12,8 |
| 09-02 | 0,0 | 17,8 | 14,5 | 0,0 | 20,8 | 17,6 | 0,0 | 14,0 | 7,7 | 0,0 | 39,0 | 11,3 | 0,0 | 16,1 | 12,6 |
| 09-04 | 4,5 | 22,2 | 19,6 | 4,5 | 17,9 | 15,1 | 0,0 | 4,5 | 3,4 | 0,0 | 10,6 | 16,3 | 0,0 | 6,6 | 8,5 |
| 09-05 | 0,0 | 8,7 | 9,8 | 0,0 | 4,8 | 15,4 | 0,0 | 0,0 | 1,9 | 2,7 | 8,7 | 9,2 | 0,0 | 2,7 | 5,7 |
| 09-06 | 0,0 | 6,8 | 7,8 | 0,0 | 6,0 | 3,9 | 0,0 | 0,0 | 3,4 | 0,0 | 12,8 | 4,1 | 0,0 | 6,8 | 4,1 |
| 09-07 | 7,8 | 10,8 | 12,4 | 0,0 | 10,8 | 11,1 | 0,0 | 0,0 | 2,7 | 0,0 | 0,0 | 5,9 | 0,0 | 0,0 | 10,4 |
| 09-08 | 0,0 | 14,1 | 6,6 | 0,0 | 6,7 | 5,3 | 0,0 | 5,8 | 3,4 | 0,0 | 12,7 | 6,2 | 0,0 | 6,7 | 6,0 |
| 09-09 | 0,0 | 5,2 | 4,5 | 0,0 | 3,9 | 5,0 | 0,0 | 1,5 | 1,5 | 0,0 | 5,2 | 8,3 | 0,0 | 1,9 | 6,0 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|---------|------------|------------|-------------|-------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 09-10 | 0,0 | 30,9 | 16,9 | 0,0 | 20,0 | 16,0 | 0,0 | 17,3 | 8,9 | 0,0 | 29,8 | 17,0 | 0,0 | 7,3 | 16,0 |
| 09-12 | 24,2 | 69,1 | 11,5 | 10,7 | 39,9 | 10,6 | 22,8 | 46,7 | 9,1 | 14,8 | 55,4 | 16,9 | 19,7 | 50,0 | 10,9 |
| 09-13 | 21,2 | 71,1 | 18,0 | 9,3 | 40,0 | 13,8 | 13,2 | 40,4 | 10,0 | 13,0 | 35,3 | 14,1 | 17,8 | 48,5 | 13,2 |
| 09-14 | 31,2 | 59,2 | 13,2 | 5,2 | 28,6 | 13,5 | 21,4 | 51,8 | 10,0 | 18,6 | 50,4 | 15,8 | 12,4 | 37,3 | 13,1 |
| 09-15 | 24,1 | 47,8 | 11,7 | 0,0 | 28,3 | 8,2 | 13,5 | 35,9 | 9,8 | 10,2 | 34,3 | 14,2 | 9,6 | 37,6 | 16,3 |
| 09-16 | 26,1 | 57,8 | 10,4 | 12,8 | 29,1 | 8,4 | 27,5 | 48,4 | 6,2 | 15,3 | 44,4 | 10,4 | 15,8 | 45,2 | 9,3 |
| 09-17 | 9,0 | 31,7 | 10,0 | 2,9 | 18,2 | 7,8 | 13,0 | 26,2 | 5,5 | 9,6 | 39,5 | 11,8 | 2,9 | 25,4 | 9,4 |
| 09-19 | 18,1 | 49,4 | 9,9 | 10,5 | 32,1 | 10,4 | 13,6 | 28,9 | 10,5 | 18,9 | 40,2 | 11,8 | 22,2 | 43,4 | 9,3 |
| 09-20 | 10,8 | 32,3 | 9,1 | 3,2 | 16,3 | 8,2 | 10,4 | 24,9 | 5,4 | 3,8 | 32,9 | 9,7 | 12,5 | 25,4 | 7,1 |
| 09-21 | 23,2 | 54,7 | 14,0 | 0,9 | 16,4 | 7,5 | 23,0 | 41,6 | 9,2 | 2,6 | 22,9 | 16,8 | 13,1 | 37,5 | 10,0 |
| 09-22 | 36,4 | 75,0 | 12,4 | 6,7 | 30,4 | 9,4 | 33,4 | 60,7 | 8,3 | 9,6 | 28,2 | 12,3 | 16,7 | 52,4 | 11,9 |
| 09-23 | 36,7 | 96,2 | 13,8 | 13,3 | 32,8 | 10,3 | 33,5 | 67,6 | 8,7 | 23,0 | 54,0 | 11,3 | 29,9 | 60,6 | 12,4 |
| 09-24 | 22,3 | 62,0 | 9,1 | 4,0 | 25,3 | 12,4 | 22,5 | 53,7 | 7,7 | 2,4 | 34,6 | 15,2 | 14,4 | 49,3 | 10,9 |
| 09-26 | 23,0 | 70,3 | 10,4 | 8,5 | 32,5 | 17,2 | 17,8 | 51,3 | 7,4 | 11,9 | 44,5 | 11,3 | 18,0 | 48,8 | 12,4 |
| 09-27 | 26,5 | 64,1 | 11,8 | 0,0 | 24,4 | 16,9 | 10,7 | 43,0 | 8,6 | 6,8 | 32,5 | 9,3 | 27,0 | 45,9 | 10,6 |
| 09-29 | 31,2 | 62,0 | 13,5 | 5,3 | 22,8 | 14,2 | 27,2 | 53,2 | 7,0 | 4,6 | 37,8 | 12,7 | 14,3 | 43,2 | 10,4 |
| 09-30 | 25,6 | 54,0 | 10,5 | 2,6 | 21,2 | 7,2 | 15,2 | 42,0 | 6,3 | 1,3 | 28,0 | 9,8 | 16,5 | 50,7 | 9,8 |
| 09-32 | 16,0 | 73,2 | 14,1 | 2,0 | 19,4 | 9,0 | 9,7 | 36,9 | 11,8 | 1,8 | 27,2 | 11,5 | 11,0 | 53,1 | 12,8 |
| 09-33 | 35,0 | 83,5 | 12,1 | 11,1 | 23,6 | 7,2 | 25,9 | 57,6 | 10,9 | 8,4 | 23,9 | 12,5 | 43,3 | 64,8 | 9,5 |
| 09-34 | 32,4 | 59,0 | 13,0 | 2,9 | 17,1 | 7,8 | 25,4 | 49,7 | 6,7 | 0,7 | 26,3 | 11,4 | 22,8 | 47,4 | 10,2 |
| 09-35 | 31,2 | 75,9 | 12,1 | 0,9 | 20,9 | 9,9 | 24,1 | 48,8 | 7,4 | 6,2 | 45,2 | 14,7 | 24,3 | 53,9 | 9,1 |
| 09-36 | 49,8 | 89,7 | 14,1 | 19,2 | 38,9 | 7,3 | 26,9 | 48,1 | 12,6 | 0,0 | 49,6 | 13,8 | 32,8 | 73,4 | 11,7 |
| 09-37 | 35,8 | 69,6 | 11,8 | 8,0 | 25,0 | 7,7 | 25,4 | 44,5 | 6,9 | 6,1 | 39,3 | 11,5 | 30,5 | 56,5 | 8,3 |
| 09-39 | 27,1 | 68,2 | 12,6 | 1,5 | 15,6 | 12,0 | 16,4 | 39,7 | 7,2 | 5,2 | 28,7 | 10,4 | 14,2 | 46,4 | 12,1 |
| 09-41 | 40,2 | 78,6 | 11,0 | 6,3 | 18,6 | 7,9 | 35,9 | 68,1 | 7,6 | 11,4 | 36,2 | 14,0 | 34,0 | 65,8 | 9,3 |
| 09-42 | 47,8 | 84,4 | 12,4 | 1,3 | 16,6 | 7,1 | 20,3 | 36,2 | 10,9 | 0,0 | 24,4 | 13,3 | 30,8 | 56,2 | 10,6 |
| 09-43 | 48,8 | 89,9 | 10,3 | 2,3 | 19,5 | 6,7 | 21,6 | 63,3 | 9,7 | 2,3 | 25,3 | 10,1 | 36,9 | 67,1 | 9,2 |
| 09-44 | 33,1 | 83,3 | 11,7 | 9,9 | 22,5 | 7,7 | 31,6 | 47,5 | 9,3 | 0,0 | 29,6 | 11,9 | 38,6 | 67,5 | 9,4 |
| 09-47 | 36,6 | 71,7 | 12,6 | 6,5 | 19,9 | 13,8 | 28,6 | 44,2 | 4,3 | 4,8 | 27,8 | 8,8 | 36,7 | 57,7 | 9,6 |
| 09-48 | 26,6 | 72,5 | 11,4 | 0,0 | 17,1 | 6,6 | 28,4 | 49,9 | 6,5 | 0,0 | 29,8 | 10,7 | 24,6 | 49,4 | 9,2 |
| 09-49 | 34,4 | 74,2 | 11,1 | 2,0 | 19,7 | 6,5 | 22,8 | 42,9 | 6,4 | 0,0 | 25,0 | 11,2 | 29,8 | 58,0 | 11,5 |
| 09-50 | 22,6 | 77,9 | 13,8 | 0,3 | 19,9 | 7,6 | 8,2 | 30,6 | 13,7 | 13,6 | 30,3 | 7,8 | 27,4 | 52,2 | 9,9 |
| 10-02 | 0,0 | 78,8 | 29,2 | 0,0 | 56,4 | 30,3 | 0,0 | 21,9 | 14,1 | 0,0 | 45,1 | 32,7 | 0,0 | 45,1 | 27,5 |
| 10-03 | 9,7 | 63,4 | 38,9 | 0,0 | 36,9 | 45,4 | 0,0 | 11,7 | 9,8 | 0,0 | 26,2 | 45,5 | 0,0 | 23,0 | 28,5 |
| 10-04 | 0,9 | 24,6 | 35,4 | 0,0 | 25,5 | 32,5 | 0,0 | 0,0 | 11,6 | 0,0 | 2,1 | 37,7 | 0,0 | 4,2 | 33,0 |
| 10-05 | 0,0 | 96,5 | 28,5 | 0,0 | 91,5 | 25,4 | 0,0 | 34,2 | 21,1 | 0,0 | 81,8 | 21,1 | 0,0 | 64,4 | 25,6 |
| 10-07 | 0,0 | 16,7 | 12,9 | 0,0 | 14,7 | 12,1 | 0,0 | 11,5 | 6,4 | 0,0 | 14,9 | 6,9 | 0,0 | 11,7 | 9,3 |
| 10-08 | 0,0 | 41,0 | 8,5 | 34,7 | 34,7 | 10,1 | 0,0 | 35,2 | 6,6 | 34,7 | 44,8 | 5,8 | 0,0 | 34,7 | 8,7 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|---------|-------------|-------------|---------|------------|------------|---------|------------|------------|-------------|-------------|------------|---------|-------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 10-09 | 0,0 | 19,3 | 14,8 | 0,0 | 14,3 | 18,7 | 0,0 | 5,6 | 6,3 | 0,0 | 14,3 | 10,2 | 0,0 | 5,6 | 3,7 |
| 10-10 | 0,0 | 6,5 | 4,6 | 0,0 | 3,5 | 3,3 | 0,0 | 2,4 | 1,4 | 0,0 | 2,8 | 3,6 | 0,0 | 2,8 | 2,2 |
| 10-11 | 34,9 | 108,9 | 18,1 | 6,6 | 61,5 | 18,8 | 25,8 | 77,8 | 14,7 | 18,3 | 78,7 | 20,1 | 23,5 | 88,2 | 22,2 |
| 10-12 | 39,7 | 85,0 | 16,8 | 4,0 | 43,0 | 16,0 | 24,0 | 73,2 | 15,4 | 13,3 | 74,1 | 25,9 | 20,3 | 55,0 | 17,3 |
| 10-13 | 8,5 | 60,1 | 15,7 | 6,8 | 30,8 | 10,7 | 17,4 | 36,3 | 7,5 | 11,3 | 34,2 | 14,4 | 8,9 | 39,1 | 23,5 |
| 10-14 | 12,9 | 67,5 | 21,0 | 7,3 | 33,0 | 22,0 | 10,2 | 48,1 | 14,9 | 3,6 | 46,6 | 18,3 | 8,6 | 43,6 | 20,6 |
| 10-15 | 22,6 | 59,8 | 14,4 | 4,5 | 33,2 | 9,9 | 11,7 | 36,5 | 8,6 | 17,0 | 41,8 | 10,8 | 14,6 | 42,8 | 10,5 |
| 10-16 | 16,0 | 38,0 | 8,9 | 4,8 | 19,5 | 7,1 | 8,8 | 24,7 | 6,8 | 8,5 | 34,7 | 10,4 | 10,1 | 27,8 | 9,6 |
| 10-17 | 10,9 | 44,4 | 10,4 | 0,9 | 27,5 | 10,4 | 10,7 | 32,3 | 7,2 | 6,9 | 38,9 | 9,6 | 16,6 | 33,7 | 8,5 |
| 10-19 | 46,0 | 77,3 | 10,3 | 15,0 | 45,2 | 14,0 | 34,7 | 61,5 | 8,4 | 5,1 | 60,7 | 14,5 | 22,6 | 54,4 | 9,8 |
| 10-20 | 12,4 | 60,1 | 12,6 | 5,0 | 26,3 | 13,1 | 17,1 | 39,9 | 10,6 | 6,7 | 37,6 | 11,9 | 15,6 | 39,5 | 13,4 |
| 10-21 | 28,0 | 81,5 | 12,5 | 1,2 | 22,9 | 9,2 | 16,7 | 42,3 | 9,7 | 5,9 | 30,6 | 11,5 | 18,9 | 54,3 | 9,9 |
| 10-23 | 29,8 | 64,7 | 10,7 | 1,6 | 18,7 | 11,5 | 12,1 | 46,7 | 9,1 | 5,8 | 40,9 | 17,2 | 19,5 | 46,4 | 10,7 |
| 10-24 | 41,6 | 82,2 | 13,6 | 3,1 | 25,1 | 13,4 | 39,9 | 75,9 | 10,3 | 5,2 | 40,0 | 11,5 | 30,8 | 64,4 | 9,8 |
| 10-26 | 39,7 | 67,9 | 8,5 | 4,7 | 21,4 | 7,4 | 17,8 | 44,0 | 9,8 | 6,5 | 27,9 | 9,0 | 21,4 | 51,4 | 10,0 |
| 10-27 | 31,2 | 61,7 | 12,8 | 7,9 | 26,1 | 12,3 | 7,4 | 36,8 | 5,8 | 0,0 | 33,5 | 12,5 | 17,5 | 56,2 | 12,1 |
| 10-28 | 34,0 | 68,4 | 12,8 | 11,2 | 21,8 | 7,2 | 19,7 | 46,9 | 9,7 | 0,0 | 32,7 | 11,9 | 10,1 | 49,1 | 12,8 |
| 10-29 | 21,7 | 61,7 | 11,9 | 2,1 | 17,4 | 8,8 | 13,7 | 36,9 | 7,2 | 0,0 | 25,9 | 12,1 | 11,6 | 37,6 | 9,6 |
| 10-30 | 25,2 | 56,1 | 8,6 | 0,0 | 16,3 | 9,7 | 18,9 | 34,1 | 5,8 | 1,5 | 31,6 | 12,3 | 21,8 | 38,9 | 9,2 |
| 10-31 | 29,8 | 80,1 | 12,2 | 2,7 | 17,7 | 8,9 | 21,6 | 47,8 | 9,6 | 4,4 | 34,6 | 14,2 | 24,1 | 50,1 | 10,2 |
| 10-32 | 40,0 | 77,2 | 11,9 | 12,2 | 24,9 | 5,1 | 34,3 | 54,9 | 7,8 | 0,0 | 28,9 | 13,2 | 34,2 | 53,5 | 8,8 |
| 10-33 | 38,3 | 76,5 | 15,3 | 7,7 | 23,9 | 9,4 | 19,0 | 45,7 | 8,4 | 5,1 | 27,9 | 12,6 | 30,5 | 60,8 | 9,4 |
| 10-35 | 43,2 | 81,5 | 11,3 | 0,0 | 26,7 | 9,6 | 33,6 | 53,4 | 7,6 | 6,3 | 31,6 | 15,2 | 40,7 | 65,2 | 10,0 |
| 10-37 | 24,2 | 73,2 | 15,1 | 6,2 | 23,8 | 8,3 | 22,1 | 40,2 | 6,9 | 0,8 | 27,4 | 8,2 | 30,1 | 58,0 | 10,1 |
| 10-38 | 40,4 | 81,2 | 12,5 | 1,8 | 16,0 | 6,8 | 15,9 | 46,5 | 8,7 | 11,2 | 30,0 | 10,3 | 21,7 | 53,1 | 10,9 |
| 10-39 | 23,3 | 58,7 | 10,6 | 4,8 | 16,1 | 6,6 | 8,8 | 26,0 | 6,7 | 3,5 | 20,9 | 8,0 | 15,6 | 42,3 | 8,1 |
| 10-40 | 26,7 | 63,6 | 11,1 | 0,0 | 18,1 | 8,2 | 16,6 | 30,7 | 4,4 | 6,7 | 26,1 | 8,7 | 21,6 | 51,4 | 8,5 |
| 10-42 | 32,4 | 101,7 | 18,1 | 4,7 | 26,2 | 9,4 | 28,9 | 44,1 | 6,9 | 0,0 | 26,0 | 14,2 | 35,2 | 65,3 | 12,0 |
| 10-43 | 26,9 | 81,4 | 11,9 | 4,2 | 15,4 | 6,7 | 17,1 | 33,4 | 9,5 | 2,4 | 23,0 | 9,0 | 25,3 | 56,6 | 11,2 |
| 10-44 | 35,4 | 87,2 | 15,1 | 3,0 | 16,8 | 7,8 | 15,1 | 47,6 | 8,6 | 6,3 | 25,5 | 9,3 | 15,7 | 57,9 | 9,7 |
| 10-45 | 30,6 | 76,1 | 14,9 | 2,1 | 15,1 | 7,6 | 7,7 | 34,4 | 7,3 | 0,0 | 28,5 | 13,4 | 26,8 | 55,7 | 9,3 |
| 10-46 | 18,6 | 81,8 | 13,5 | 7,8 | 19,9 | 7,1 | 14,4 | 26,8 | 10,1 | 0,0 | 26,8 | 9,9 | 18,7 | 56,8 | 11,1 |
| 10-48 | 27,4 | 65,9 | 12,5 | 0,0 | 14,4 | 6,6 | 14,5 | 37,9 | 9,3 | 5,0 | 22,6 | 11,7 | 25,0 | 46,2 | 9,5 |
| 10-49 | 29,7 | 74,2 | 12,5 | 7,2 | 18,4 | 5,4 | 18,3 | 33,9 | 5,8 | 0,6 | 23,2 | 7,3 | 23,2 | 58,3 | 10,1 |
| 10-50 | 30,7 | 79,2 | 15,0 | 0,0 | 21,8 | 10,6 | 12,6 | 32,7 | 6,7 | 5,8 | 23,5 | 8,6 | 32,1 | 63,7 | 9,1 |
| 11-01 | 0,0 | 6,2 | 8,5 | 0,0 | 6,2 | 9,5 | 0,0 | 6,2 | 3,1 | 6,2 | 8,5 | 8,2 | 0,0 | 6,2 | 5,6 |
| 11-02 | 1,1 | 40,1 | 20,0 | 0,0 | 7,3 | 24,1 | 0,0 | 2,6 | 11,9 | 0,0 | 3,1 | 20,7 | 0,0 | 5,5 | 22,8 |
| 11-03 | 0,0 | 18,1 | 10,2 | 0,0 | 8,2 | 11,6 | 0,0 | 14,1 | 7,1 | 0,0 | 20,9 | 10,0 | 0,0 | 8,2 | 8,6 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|---------|-------------|------------|------------|------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 11-05 | 0,0 | 14,8 | 24,9 | 10,2 | 18,2 | 23,5 | 0,0 | 10,2 | 5,8 | 0,0 | 21,7 | 21,3 | 0,0 | 14,8 | 16,6 |
| 11-06 | 0,0 | 8,8 | 10,1 | 0,0 | 8,8 | 5,9 | 0,0 | 5,4 | 3,7 | 0,0 | 18,4 | 8,3 | 0,0 | 5,4 | 5,2 |
| 11-07 | 0,0 | 6,5 | 3,7 | 0,0 | 4,1 | 3,6 | 0,0 | 3,9 | 2,1 | 3,9 | 10,1 | 3,4 | 0,0 | 4,1 | 3,6 |
| 11-08 | 0,1 | 5,4 | 7,7 | 0,0 | 0,1 | 8,0 | 0,0 | 0,0 | 1,4 | 0,0 | 6,0 | 10,3 | 0,0 | 0,1 | 5,6 |
| 11-09 | 0,0 | 5,2 | 6,2 | 0,0 | 4,1 | 6,4 | 0,0 | 0,0 | 2,0 | 0,0 | 5,1 | 9,8 | 0,0 | 4,1 | 5,3 |
| 11-10 | 0,0 | 8,0 | 5,1 | 0,0 | 8,0 | 4,9 | 0,0 | 0,0 | 2,5 | 0,0 | 10,8 | 4,6 | 0,0 | 0,0 | 5,3 |
| 11-11 | 34,2 | 64,2 | 10,9 | 1,5 | 34,8 | 11,9 | 25,3 | 50,5 | 6,8 | 14,6 | 44,4 | 14,4 | 13,7 | 55,2 | 12,3 |
| 11-12 | 41,0 | 91,5 | 11,4 | 15,5 | 43,1 | 17,1 | 30,9 | 67,5 | 10,0 | 24,5 | 71,5 | 15,1 | 20,3 | 66,9 | 14,7 |
| 11-13 | 15,4 | 64,0 | 15,2 | 8,8 | 30,0 | 12,4 | 15,2 | 41,8 | 12,8 | 6,0 | 50,6 | 15,4 | 14,3 | 46,7 | 20,6 |
| 11-14 | 29,8 | 67,2 | 12,9 | 1,9 | 35,8 | 14,1 | 17,7 | 49,7 | 6,2 | 24,2 | 61,1 | 11,2 | 19,8 | 49,4 | 10,1 |
| 11-16 | 16,3 | 39,6 | 9,7 | 4,6 | 21,7 | 9,4 | 9,6 | 31,3 | 6,8 | 9,5 | 35,4 | 9,0 | 12,2 | 33,1 | 8,5 |
| 11-17 | 10,7 | 35,1 | 11,3 | 2,1 | 19,4 | 7,2 | 8,5 | 23,7 | 4,7 | 18,2 | 29,7 | 8,1 | 5,8 | 29,7 | 8,4 |
| 11-18 | 12,8 | 33,9 | 9,1 | 5,0 | 18,6 | 7,6 | 11,2 | 22,5 | 4,4 | 10,6 | 31,7 | 9,5 | 9,2 | 29,0 | 7,0 |
| 11-19 | 18,9 | 41,5 | 10,3 | 2,4 | 22,3 | 8,7 | 17,0 | 35,4 | 6,3 | 17,9 | 43,3 | 10,0 | 11,5 | 34,0 | 8,2 |
| 11-20 | 22,9 | 38,6 | 6,9 | 2,0 | 22,4 | 6,9 | 12,2 | 30,0 | 7,0 | 8,2 | 44,7 | 12,9 | 8,2 | 27,0 | 8,7 |
| 11-22 | 28,0 | 66,0 | 12,4 | 0,0 | 16,8 | 10,3 | 19,5 | 49,7 | 7,3 | 14,0 | 43,6 | 10,6 | 23,1 | 45,9 | 9,2 |
| 11-24 | 43,2 | 96,8 | 12,7 | 5,1 | 33,5 | 12,1 | 32,8 | 69,7 | 11,9 | 3,2 | 63,6 | 17,6 | 31,1 | 64,9 | 12,8 |
| 11-27 | 29,6 | 66,1 | 8,5 | 1,4 | 21,0 | 8,6 | 24,9 | 39,5 | 5,3 | 0,4 | 24,8 | 12,5 | 23,5 | 48,4 | 8,8 |
| 11-28 | 25,5 | 58,8 | 9,9 | 5,8 | 22,2 | 7,9 | 18,7 | 38,4 | 4,7 | 12,8 | 34,1 | 9,7 | 26,3 | 46,5 | 7,3 |
| 11-29 | 23,9 | 70,9 | 8,9 | 4,9 | 22,1 | 10,9 | 36,1 | 54,6 | 6,7 | 15,4 | 47,8 | 10,7 | 27,2 | 52,9 | 9,8 |
| 11-30 | 31,0 | 54,9 | 10,7 | 4,1 | 22,6 | 8,4 | 15,5 | 35,8 | 7,5 | 0,0 | 41,9 | 10,8 | 22,2 | 43,8 | 8,9 |
| 11-33 | 31,3 | 70,3 | 13,6 | 2,9 | 16,3 | 5,7 | 9,7 | 26,6 | 11,5 | 0,8 | 20,1 | 9,6 | 12,3 | 49,9 | 10,6 |
| 11-34 | 42,2 | 80,2 | 15,6 | 0,0 | 22,2 | 11,9 | 22,3 | 57,6 | 8,6 | 20,7 | 43,4 | 13,3 | 19,5 | 61,3 | 11,1 |
| 11-35 | 31,6 | 73,7 | 12,2 | 0,0 | 18,3 | 9,6 | 13,1 | 44,0 | 7,8 | 11,0 | 37,8 | 10,9 | 21,2 | 54,9 | 11,0 |
| 11-36 | 31,5 | 70,7 | 10,1 | 1,4 | 19,3 | 13,0 | 19,8 | 56,7 | 8,1 | 14,8 | 37,1 | 11,7 | 20,5 | 45,0 | 10,4 |
| 11-38 | 36,2 | 74,9 | 12,0 | 0,0 | 22,7 | 9,7 | 34,3 | 50,3 | 6,7 | 15,0 | 44,2 | 15,2 | 18,6 | 53,8 | 12,1 |
| 11-40 | 43,6 | 70,7 | 8,8 | 0,0 | 14,8 | 9,1 | 26,9 | 47,4 | 5,7 | 8,3 | 36,2 | 10,5 | 25,8 | 50,3 | 9,0 |
| 11-41 | 42,6 | 86,8 | 10,8 | 5,7 | 20,8 | 6,4 | 36,3 | 59,0 | 7,3 | 7,6 | 34,4 | 11,1 | 28,2 | 54,5 | 10,1 |
| 11-42 | 35,5 | 75,1 | 12,7 | 6,4 | 15,6 | 9,1 | 16,3 | 44,3 | 7,8 | 5,4 | 28,0 | 9,1 | 31,3 | 61,4 | 9,6 |
| 11-43 | 49,3 | 87,1 | 13,1 | 6,3 | 18,0 | 6,0 | 39,0 | 61,6 | 8,3 | 3,7 | 50,9 | 11,9 | 25,8 | 60,9 | 10,1 |
| 11-44 | 36,7 | 67,9 | 11,5 | 1,0 | 14,8 | 9,7 | 11,7 | 35,1 | 7,3 | 0,9 | 17,7 | 8,4 | 20,9 | 48,7 | 8,9 |
| 11-45 | 29,9 | 78,0 | 13,0 | 0,5 | 12,4 | 5,5 | 20,3 | 33,4 | 8,3 | 1,3 | 16,8 | 12,8 | 18,7 | 53,7 | 11,8 |
| 11-46 | 29,7 | 65,6 | 9,4 | 4,2 | 19,3 | 8,4 | 21,3 | 44,1 | 6,1 | 3,1 | 18,5 | 7,3 | 35,0 | 56,1 | 9,0 |
| 11-47 | 34,4 | 61,4 | 10,0 | 0,0 | 10,7 | 7,0 | 19,0 | 38,5 | 6,4 | 4,1 | 33,1 | 11,0 | 28,3 | 46,1 | 6,3 |
| 11-48 | 34,5 | 75,2 | 10,1 | 0,0 | 14,3 | 5,6 | 20,0 | 37,9 | 6,4 | 10,7 | 33,1 | 9,8 | 27,5 | 52,2 | 7,5 |
| 11-49 | 36,7 | 73,1 | 11,9 | 3,8 | 17,0 | 6,1 | 5,2 | 47,6 | 7,7 | 26,7 | 44,4 | 9,0 | 30,3 | 49,4 | 7,4 |
| 11-50 | 41,1 | 69,4 | 11,0 | 7,6 | 19,8 | 5,6 | 23,4 | 49,5 | 7,1 | 10,4 | 33,8 | 11,3 | 27,4 | 50,4 | 9,0 |
| 12-01 | 0,0 | 41,8 | 23,2 | 0,0 | 49,9 | 24,3 | 0,0 | 11,7 | 11,3 | 0,0 | 24,4 | 24,1 | 0,0 | 19,5 | 24,3 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|---------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------|------------|------------|------------|------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 12-02 | 0,0 | 47,0 | 19,4 | 11,3 | 47,0 | 17,1 | 0,0 | 12,9 | 11,6 | 0,0 | 50,2 | 18,5 | 0,0 | 33,9 | 12,1 |
| 12-03 | 0,0 | 57,8 | 48,6 | 0,0 | 17,1 | 60,6 | 0,0 | 0,0 | 8,8 | 0,0 | 11,9 | 37,6 | 0,0 | 11,9 | 28,3 |
| 12-04 | 0,0 | 34,1 | 40,0 | 0,0 | 40,8 | 28,9 | 0,0 | 0,0 | 10,1 | 0,0 | 69,1 | 24,9 | 0,0 | 0,0 | 13,1 |
| 12-05 | 3,2 | 69,3 | 16,3 | 0,0 | 62,4 | 17,7 | 0,0 | 13,8 | 18,5 | 0,0 | 51,5 | 18,0 | 0,0 | 10,6 | 26,7 |
| 12-06 | 0,0 | 12,7 | 13,0 | 0,0 | 0,0 | 15,5 | 0,0 | 0,0 | 6,8 | 0,0 | 19,8 | 13,5 | 0,0 | 12,7 | 10,7 |
| 12-07 | 0,0 | 10,6 | 9,4 | 0,0 | 0,0 | 5,8 | 0,0 | 0,0 | 4,1 | 0,0 | 18,4 | 6,1 | 0,0 | 0,0 | 5,3 |
| 12-09 | 0,0 | 15,2 | 11,8 | 0,0 | 10,4 | 10,4 | 0,0 | 6,0 | 4,8 | 5,7 | 22,3 | 8,2 | 0,0 | 12,6 | 4,3 |
| 12-10 | 0,8 | 37,4 | 9,1 | 0,0 | 23,5 | 11,0 | 0,0 | 0,0 | 9,4 | 0,0 | 21,1 | 15,6 | 0,0 | 23,5 | 9,9 |
| 12-11 | 42,1 | 69,3 | 11,2 | 3,4 | 48,3 | 12,7 | 21,7 | 47,0 | 8,3 | 5,6 | 45,6 | 14,7 | 20,4 | 49,8 | 9,6 |
| 12-12 | 52,1 | 117,5 | 26,9 | 8,1 | 62,6 | 20,3 | 34,7 | 90,8 | 13,6 | 8,6 | 68,9 | 16,5 | 48,9 | 88,4 | 21,9 |
| 12-13 | 27,0 | 83,1 | 20,3 | 16,2 | 53,3 | 26,0 | 26,8 | 61,7 | 10,3 | 0,0 | 59,4 | 24,1 | 22,6 | 60,3 | 19,8 |
| 12-14 | 21,5 | 55,4 | 12,9 | 2,4 | 28,0 | 12,5 | 11,5 | 34,2 | 8,7 | 9,3 | 47,7 | 14,6 | 13,2 | 42,2 | 10,8 |
| 12-15 | 12,4 | 78,9 | 26,5 | 3,6 | 39,4 | 13,9 | 10,8 | 45,7 | 11,4 | 10,8 | 44,8 | 15,9 | 15,3 | 49,8 | 14,0 |
| 12-16 | 11,3 | 50,6 | 9,4 | 3,6 | 26,9 | 8,5 | 17,4 | 45,9 | 7,6 | 19,4 | 53,9 | 10,3 | 14,9 | 40,5 | 10,8 |
| 12-17 | 20,3 | 53,2 | 12,9 | 5,2 | 24,1 | 14,5 | 4,2 | 30,8 | 8,2 | 2,9 | 40,5 | 16,2 | 11,2 | 39,2 | 12,1 |
| 12-18 | 15,0 | 33,1 | 9,2 | 8,1 | 16,4 | 6,2 | 13,5 | 27,4 | 4,8 | 12,6 | 29,4 | 8,1 | 15,0 | 24,6 | 6,2 |
| 12-19 | 10,5 | 37,5 | 7,9 | 1,3 | 16,2 | 11,3 | 11,0 | 22,2 | 5,7 | 6,0 | 31,4 | 11,4 | 5,5 | 29,4 | 9,3 |
| 12-20 | 4,5 | 37,2 | 12,9 | 0,7 | 15,7 | 8,2 | 7,8 | 17,0 | 7,0 | 6,9 | 29,1 | 9,1 | 7,0 | 22,9 | 7,8 |
| 12-21 | 71,7 | 148,4 | 15,7 | 0,0 | 42,2 | 14,8 | 65,9 | 127,5 | 13,6 | 0,9 | 92,2 | 16,6 | 43,6 | 88,5 | 14,5 |
| 12-22 | 33,9 | 77,7 | 14,4 | 0,0 | 18,6 | 11,8 | 19,7 | 55,8 | 9,7 | 5,1 | 36,4 | 19,2 | 27,5 | 51,6 | 8,8 |
| 12-23 | 41,6 | 82,4 | 17,5 | 8,5 | 32,8 | 11,5 | 17,0 | 55,7 | 12,4 | 17,6 | 48,6 | 16,9 | 29,5 | 57,0 | 12,5 |
| 12-24 | 34,7 | 84,2 | 16,6 | 0,0 | 20,3 | 11,7 | 21,2 | 66,2 | 11,4 | 8,3 | 58,4 | 18,3 | 21,0 | 54,3 | 11,7 |
| 12-25 | 22,5 | 81,1 | 20,4 | 2,7 | 21,9 | 16,0 | 8,0 | 35,3 | 15,6 | 5,6 | 54,3 | 16,4 | 16,5 | 49,9 | 15,2 |
| 12-26 | 15,0 | 57,1 | 12,7 | 2,9 | 21,7 | 11,6 | 17,1 | 38,6 | 9,5 | 1,4 | 39,0 | 14,9 | 17,9 | 49,7 | 11,1 |
| 12-28 | 30,1 | 55,5 | 10,2 | 0,3 | 18,5 | 11,6 | 18,2 | 44,8 | 7,7 | 0,0 | 26,1 | 11,7 | 17,9 | 41,3 | 8,7 |
| 12-29 | 21,5 | 50,9 | 10,2 | 6,5 | 17,3 | 6,4 | 17,0 | 40,3 | 7,2 | 2,8 | 31,8 | 9,7 | 20,9 | 37,4 | 6,7 |
| 12-31 | 35,7 | 86,0 | 15,1 | 4,2 | 23,2 | 9,6 | 28,7 | 44,8 | 9,8 | 9,2 | 39,6 | 14,9 | 30,5 | 65,0 | 11,3 |
| 12-32 | 41,0 | 95,4 | 13,8 | 0,0 | 22,2 | 8,4 | 38,9 | 71,1 | 9,4 | 7,7 | 59,4 | 15,8 | 16,5 | 57,1 | 10,5 |
| 12-33 | 29,9 | 82,3 | 14,6 | 2,9 | 14,8 | 10,3 | 30,2 | 50,9 | 8,4 | 10,4 | 45,0 | 14,2 | 12,7 | 45,7 | 14,4 |
| 12-34 | 28,3 | 91,4 | 17,7 | 3,3 | 20,8 | 10,3 | 20,9 | 49,1 | 11,1 | 23,4 | 50,1 | 15,1 | 26,6 | 54,7 | 13,4 |
| 12-35 | 25,0 | 77,2 | 12,2 | 0,0 | 21,5 | 8,8 | 10,3 | 44,1 | 9,2 | 1,4 | 34,9 | 15,2 | 11,6 | 58,4 | 11,8 |
| 12-36 | 34,1 | 64,0 | 11,1 | 3,8 | 16,5 | 8,2 | 19,0 | 44,2 | 7,1 | 15,8 | 39,9 | 12,6 | 21,2 | 45,2 | 8,1 |
| 12-37 | 19,7 | 58,4 | 12,7 | 0,1 | 14,7 | 6,1 | 16,3 | 32,4 | 7,9 | 1,4 | 25,4 | 12,7 | 21,9 | 43,3 | 7,9 |
| 12-38 | 17,0 | 63,5 | 13,0 | 0,8 | 15,6 | 8,7 | 11,2 | 22,9 | 11,9 | 1,6 | 35,3 | 13,7 | 12,6 | 47,2 | 10,1 |
| 12-39 | 41,5 | 70,8 | 11,9 | 0,0 | 18,3 | 7,4 | 22,8 | 48,7 | 7,6 | 14,2 | 55,6 | 13,4 | 34,1 | 52,6 | 8,9 |
| 12-40 | 22,8 | 61,5 | 10,3 | 0,0 | 16,7 | 8,5 | 11,1 | 28,1 | 8,0 | 16,9 | 45,0 | 13,5 | 21,9 | 51,8 | 8,7 |
| 12-41 | 40,1 | 104,7 | 17,5 | 0,0 | 26,6 | 8,9 | 17,2 | 51,4 | 15,3 | 9,4 | 43,9 | 13,1 | 37,6 | 68,6 | 13,1 |
| 12-42 | 27,2 | 127,7 | 14,3 | 13,1 | 35,1 | 8,3 | 25,7 | 51,5 | 20,7 | 20,5 | 59,4 | 18,1 | 54,0 | 84,0 | 10,9 |

| | <i>SAop</i> | | | <i>SABL</i> | | | <i>BA</i> | | | <i>GA</i> | | | <i>VNS</i> | | |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Inst. | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R | δ_R | μ_R | σ_R |
| 12-43 | 58,1 | 110,1 | 11,5 | 1,5 | 20,0 | 9,1 | 26,3 | 47,5 | 14,4 | 0,0 | 29,1 | 12,2 | 32,7 | 70,4 | 10,0 |
| 12-44 | 27,8 | 112,3 | 15,1 | 8,7 | 28,5 | 8,7 | 34,7 | 69,1 | 9,9 | 19,1 | 45,6 | 17,8 | 40,4 | 79,4 | 11,1 |
| 12-45 | 52,5 | 129,4 | 15,0 | 11,9 | 27,6 | 7,2 | 35,1 | 66,0 | 14,3 | 2,2 | 49,6 | 17,0 | 45,9 | 79,2 | 11,2 |
| 12-46 | 25,4 | 67,2 | 11,5 | 2,6 | 15,8 | 9,0 | 24,9 | 41,4 | 5,6 | 18,0 | 40,0 | 10,1 | 22,4 | 44,9 | 9,5 |
| 12-47 | 48,0 | 86,8 | 10,4 | 5,4 | 23,4 | 9,2 | 27,6 | 51,5 | 7,5 | 0,0 | 41,5 | 12,9 | 34,9 | 56,4 | 8,7 |
| 12-49 | 21,7 | 64,8 | 12,3 | 0,4 | 11,9 | 5,8 | 24,0 | 46,1 | 7,5 | 6,1 | 35,4 | 10,8 | 26,5 | 41,9 | 7,0 |
| 12-50 | 25,6 | 62,2 | 10,3 | 1,5 | 12,1 | 5,0 | 27,0 | 42,7 | 6,0 | 5,2 | 30,1 | 7,6 | 19,8 | 44,2 | 9,0 |
| Méd. | 16,0 | 44,2 | 11,2 | 2,6 | 16,5 | 8,5 | 10,8 | 25,2 | 6,1 | 6,3 | 29,4 | 10,9 | 12,5 | 33,3 | 9,4 |
| Zeros | 87 | 13 | 1 | 230 | 30 | 8 | 117 | 60 | 14 | 131 | 9 | 0 | 110 | 30 | 0 |

Tabela 15 – *p*-valores resultantes do teste de Kruskal-Wallis par a par.

| Inst. | <i>SAop</i> & <i>SABL</i> | <i>SAop</i> & <i>BA</i> | <i>SAop</i> & <i>GA</i> | <i>SAop</i> & <i>VNS</i> | <i>SABL</i> & <i>BA</i> | <i>SABL</i> & <i>GA</i> | <i>SABL</i> & <i>VNS</i> | <i>BA</i> & <i>GA</i> | <i>BA</i> & <i>VNS</i> | <i>GA</i> & <i>VNS</i> |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 01-01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,19 |
| 01-02 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01-04 | 0,80 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,42 | 0,00 |
| 01-05 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,18 | 0,00 |
| 01-06 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,03 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,96 |
| 01-07 | 0,11 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,69 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 01-08 | 0,76 | 0,00 | 0,04 | 0,12 | 0,00 | 0,04 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,87 |
| 01-09 | 1,00 | 1,00 | 0,00 | 0,32 | 1,00 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 0,32 | 0,00 |
| 01-10 | 0,00 | 0,01 | 0,12 | 0,99 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,08 |
| 01-11 | 0,00 | 0,00 | 0,42 | 0,31 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,87 |
| 01-12 | 0,00 | 0,00 | 0,46 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 |
| 01-13 | 0,00 | 0,00 | 0,79 | 0,18 | 0,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 |
| 01-14 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 0,04 | 0,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 |
| 01-15 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01-17 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,26 | 0,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| 01-19 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,35 |
| 01-20 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 01-22 | 0,00 | 0,00 | 0,26 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 |
| 01-23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01-25 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 01-26 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 0,69 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,48 |
| 01-27 | 0,00 | 0,00 | 0,57 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| 01-28 | 0,00 | 0,00 | 0,94 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,39 |
| 01-30 | 0,00 | 0,00 | 0,64 | 0,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,53 |
| 01-31 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,93 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01-33 | 0,00 | 0,00 | 0,59 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,78 |
| 01-34 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,79 |
| 01-35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,26 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 01-36 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,21 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,79 |
| 01-37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,80 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01-39 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |
| 01-40 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01-42 | 0,00 | 0,00 | 0,96 | 0,02 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 01-45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01-46 | 0,00 | 0,00 | 0,43 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| 01-48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Inst. | <i>SAop</i> & <i>SABL</i> | <i>SAop</i> & <i>BA</i> | <i>SAop</i> & <i>GA</i> | <i>SAop</i> & <i>VNS</i> | <i>SABL</i> & <i>BA</i> | <i>SABL</i> & <i>GA</i> | <i>SABL</i> & <i>VNS</i> | <i>BA</i> & <i>GA</i> | <i>BA</i> & <i>VNS</i> | <i>GA</i> & <i>VNS</i> |
|--------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 01-49 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 01-50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-01 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,01 | 0,72 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-02 | 0,30 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-03 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,02 | 0,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-04 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 02-05 | 0,41 | 0,00 | 0,75 | 0,00 | 0,00 | 0,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,84 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 |
| 02-07 | 0,02 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 02-08 | 0,45 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-09 | 0,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 |
| 02-10 | 0,91 | 0,00 | 0,57 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| 02-12 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-13 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,48 |
| 02-14 | 0,00 | 0,00 | 0,48 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-16 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 |
| 02-17 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,26 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-18 | 0,00 | 0,00 | 0,95 | 0,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,42 |
| 02-19 | 0,00 | 0,00 | 0,99 | 0,61 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,40 |
| 02-20 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 |
| 02-22 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,24 |
| 02-23 | 0,00 | 0,00 | 0,78 | 0,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,91 |
| 02-26 | 0,00 | 0,00 | 0,97 | 0,31 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,28 |
| 02-27 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,30 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,86 |
| 02-28 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 |
| 02-29 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,61 |
| 02-31 | 0,00 | 0,00 | 0,66 | 0,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,82 |
| 02-32 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,56 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 02-34 | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,85 |
| 02-35 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,71 |
| 02-37 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,41 | 0,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 02-38 | 0,00 | 0,00 | 0,98 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 |
| 02-39 | 0,00 | 0,00 | 0,59 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 02-40 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 |
| 02-41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-42 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,35 |
| 02-43 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,63 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 |

| Inst. | <i>SAop</i> & <i>SABL</i> | <i>SAop</i> & <i>BA</i> | <i>SAop</i> & <i>GA</i> | <i>SAop</i> & <i>VNS</i> | <i>SABL</i> & <i>BA</i> | <i>SABL</i> & <i>GA</i> | <i>SABL</i> & <i>VNS</i> | <i>BA</i> & <i>GA</i> | <i>BA</i> & <i>VNS</i> | <i>GA</i> & <i>VNS</i> |
|--------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 02-45 | 0,00 | 0,00 | 0,89 | 0,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,93 |
| 02-46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,64 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-47 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 |
| 02-48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,77 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 02-49 | 0,00 | 0,00 | 0,94 | 0,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 |
| 02-50 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| 03-01 | 0,01 | 0,00 | 0,87 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,44 | 0,00 | 0,17 | 0,00 |
| 03-02 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 03-03 | 0,12 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 03-05 | 0,13 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 |
| 03-06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,99 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 03-07 | 0,00 | 0,00 | 0,89 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| 03-08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,62 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 03-10 | 0,82 | 0,00 | 0,53 | 0,01 | 0,00 | 0,38 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| 03-12 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,00 |
| 03-13 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,33 |
| 03-14 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,76 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| 03-15 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 |
| 03-16 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,83 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 |
| 03-17 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 |
| 03-18 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,51 | 0,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| 03-19 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 03-20 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 |
| 03-21 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,90 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 |
| 03-22 | 0,00 | 0,00 | 0,46 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| 03-23 | 0,00 | 0,00 | 0,70 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,29 |
| 03-24 | 0,00 | 0,00 | 0,93 | 0,47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,49 |
| 03-25 | 0,00 | 0,00 | 0,66 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,26 |
| 03-26 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 |
| 03-27 | 0,00 | 0,00 | 0,97 | 0,06 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| 03-28 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,85 |
| 03-29 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| 03-31 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 0,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,24 |
| 03-32 | 0,00 | 0,00 | 0,52 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,88 |
| 03-33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 03-34 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 |
| 03-35 | 0,00 | 0,00 | 0,84 | 0,62 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,99 |

| Inst. | <i>SAop</i> & <i>SABL</i> | <i>SAop</i> & <i>BA</i> | <i>SAop</i> & <i>GA</i> | <i>SAop</i> & <i>VNS</i> | <i>SABL</i> & <i>BA</i> | <i>SABL</i> & <i>GA</i> | <i>SABL</i> & <i>VNS</i> | <i>BA</i> & <i>GA</i> | <i>BA</i> & <i>VNS</i> | <i>GA</i> & <i>VNS</i> |
|--------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 03-36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| 03-38 | 0,00 | 0,00 | 0,26 | 0,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,38 |
| 03-39 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,94 | 0,72 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 03-40 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 03-41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,72 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 03-42 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| 03-43 | 0,00 | 0,00 | 0,42 | 0,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 |
| 03-44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 03-45 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,28 | 0,96 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 |
| 03-47 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 03-48 | 0,00 | 0,00 | 0,84 | 0,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,65 |
| 03-49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| 03-50 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| 04-01 | 0,00 | 0,01 | 0,73 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| 04-02 | 0,86 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,57 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-03 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-05 | 0,52 | 0,00 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-06 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,48 | 0,00 | 0,00 | 0,11 |
| 04-07 | 0,00 | 0,00 | 0,81 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-08 | 0,00 | 0,00 | 0,43 | 0,08 | 0,68 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 |
| 04-09 | 0,02 | 0,00 | 0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-11 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-12 | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,06 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| 04-13 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 |
| 04-14 | 0,00 | 0,00 | 0,42 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 |
| 04-15 | 0,00 | 0,00 | 0,82 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |
| 04-17 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-18 | 0,00 | 0,00 | 0,42 | 0,01 | 0,57 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 |
| 04-19 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,69 |
| 04-20 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-21 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 |
| 04-22 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 04-23 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 04-25 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-27 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,46 |
| 04-28 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,75 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,40 |

| Inst. | <i>SAop</i> & <i>SABL</i> | <i>SAop</i> & <i>BA</i> | <i>SAop</i> & <i>GA</i> | <i>SAop</i> & <i>VNS</i> | <i>SABL</i> & <i>BA</i> | <i>SABL</i> & <i>GA</i> | <i>SABL</i> & <i>VNS</i> | <i>BA</i> & <i>GA</i> | <i>BA</i> & <i>VNS</i> | <i>GA</i> & <i>VNS</i> |
|--------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 04-29 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,96 |
| 04-30 | 0,00 | 0,00 | 0,26 | 0,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,29 |
| 04-31 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,32 | 0,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,47 |
| 04-32 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,24 |
| 04-33 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 04-35 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,73 |
| 04-36 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,44 |
| 04-37 | 0,00 | 0,00 | 0,92 | 0,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,83 |
| 04-38 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,68 |
| 04-40 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| 04-42 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,80 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| 04-43 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,82 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| 04-45 | 0,00 | 0,00 | 0,71 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,69 |
| 04-46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04-48 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 05-01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,08 | 0,00 |
| 05-02 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,00 | 0,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| 05-03 | 0,15 | 0,00 | 0,35 | 0,02 | 0,00 | 0,46 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 05-04 | 0,83 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 05-06 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,68 | 0,00 | 0,03 | 0,00 |
| 05-07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 05-08 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,37 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 05-09 | 0,00 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 05-10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 05-11 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,10 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 |
| 05-12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,32 |
| 05-13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 05-15 | 0,00 | 0,00 | 0,65 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 05-16 | 0,00 | 0,00 | 0,91 | 0,67 | 0,97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,96 |
| 05-17 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,60 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 05-18 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,84 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 05-19 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,82 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 05-20 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 05-22 | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,78 |
| 05-23 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 05-24 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Inst. | <i>SAop</i> & <i>SABL</i> | <i>SAop</i> & <i>BA</i> | <i>SAop</i> & <i>GA</i> | <i>SAop</i> & <i>VNS</i> | <i>SABL</i> & <i>BA</i> | <i>SABL</i> & <i>GA</i> | <i>SABL</i> & <i>VNS</i> | <i>BA</i> & <i>GA</i> | <i>BA</i> & <i>VNS</i> | <i>GA</i> & <i>VNS</i> |
|--------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 06-18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 06-19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 06-21 | 0,00 | 0,00 | 0,42 | 0,98 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,39 |
| 06-22 | 0,00 | 0,00 | 0,79 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,42 |
| 06-24 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 06-25 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | 0,02 | 0,93 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,37 |
| 06-26 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,61 |
| 06-27 | 0,00 | 0,00 | 0,68 | 0,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,55 |
| 06-28 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,35 |
| 06-29 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,14 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,57 |
| 06-30 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 06-31 | 0,00 | 0,00 | 0,86 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 |
| 06-33 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,90 |
| 06-34 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,20 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,81 |
| 06-35 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,74 |
| 06-36 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 06-39 | 0,00 | 0,00 | 0,97 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| 06-40 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,84 |
| 06-41 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,78 |
| 06-42 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,89 |
| 06-43 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,43 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,78 |
| 06-44 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 |
| 06-46 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| 06-47 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,70 |
| 06-48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 06-49 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,81 |
| 06-50 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |
| 07-01 | 0,65 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,73 | 0,00 |
| 07-02 | 0,03 | 0,00 | 0,75 | 0,14 | 0,01 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,07 |
| 07-03 | 0,90 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 07-05 | 0,59 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,37 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,12 |
| 07-06 | 0,41 | 0,00 | 0,10 | 0,11 | 0,00 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 |
| 07-07 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,32 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,56 |
| 07-08 | 0,01 | 0,00 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 07-10 | 0,05 | 0,00 | 0,20 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 07-12 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,96 | 0,13 | 0,16 |
| 07-13 | 0,00 | 0,02 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,79 | 0,02 | 0,06 |

| Inst. | SAop & SABL | SAop & BA | SAop & GA | SAop & VNS | SABL & BA | SABL & GA | SABL & VNS | BA & GA | BA & VNS | GA & VNS |
|--------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 07-14 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 0,08 | 0,01 | 0,04 | 0,35 |
| 07-15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,10 | 0,51 | 0,30 |
| 07-16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,65 | 0,20 |
| 07-17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,54 | 0,71 | 0,77 |
| 07-18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,24 | 0,91 |
| 07-20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,28 | 0,13 | 0,03 |
| 07-21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,00 |
| 07-22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,48 | 0,00 |
| 07-23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,06 |
| 07-24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,00 |
| 07-25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,59 | 0,00 |
| 07-26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 07-27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,82 | 0,00 | 0,00 |
| 07-28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 07-30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,70 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 |
| 07-31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | 0,00 |
| 07-32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 |
| 07-33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| 07-34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,00 |
| 07-35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 07-36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,73 | 0,00 |
| 07-37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 07-38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 07-40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,88 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 07-41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,91 | 0,00 | 0,00 | 0,62 | 0,00 |
| 07-42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 07-43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 |
| 07-44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 07-45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 07-46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 07-47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 07-49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08-01 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,64 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,15 |
| 08-02 | 0,02 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,35 | 0,00 |
| 08-03 | 0,18 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08-04 | 0,52 | 0,00 | 0,03 | 0,12 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,12 | 0,01 | 0,88 |
| 08-05 | 0,96 | 0,00 | 0,09 | 0,07 | 0,00 | 0,14 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |

| Inst. | <i>SAop</i> & <i>SABL</i> | <i>SAop</i> & <i>BA</i> | <i>SAop</i> & <i>GA</i> | <i>SAop</i> & <i>VNS</i> | <i>SABL</i> & <i>BA</i> | <i>SABL</i> & <i>GA</i> | <i>SABL</i> & <i>VNS</i> | <i>BA</i> & <i>GA</i> | <i>BA</i> & <i>VNS</i> | <i>GA</i> & <i>VNS</i> |
|--------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 08-06 | 0,87 | 0,00 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08-07 | 0,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 08-08 | 0,63 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,13 | 0,00 |
| 08-09 | 0,13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,00 |
| 08-10 | 0,08 | 0,00 | 0,75 | 0,00 | 0,01 | 0,05 | 0,37 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| 08-11 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,50 | 0,04 |
| 08-12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,38 | 0,59 | 0,67 |
| 08-14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,23 | 0,00 | 0,69 | 0,00 | 0,00 |
| 08-15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,98 | 0,24 | 0,35 |
| 08-16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,04 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08-18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,59 | 0,01 | 0,00 | 0,27 | 0,03 |
| 08-19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,26 | 0,00 | 0,10 | 0,06 | 0,01 |
| 08-20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,04 | 0,81 | 0,07 |
| 08-21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 |
| 08-22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08-23 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,00 |
| 08-24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 08-25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,98 | 0,15 | 0,24 |
| 08-26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,91 | 0,00 |
| 08-27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08-29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 08-30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,01 | 0,00 |
| 08-31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 |
| 08-32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 08-33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08-34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,52 | 0,00 |
| 08-35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 |
| 08-36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08-37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,95 | 0,00 | 0,00 |
| 08-38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,77 | 0,00 | 0,00 |
| 08-39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08-40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 |
| 08-41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,71 | 0,00 |
| 08-42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,87 | 0,00 |
| 08-43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08-44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 08-47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Inst. | <i>SAop</i> & <i>SABL</i> | <i>SAop</i> & <i>BA</i> | <i>SAop</i> & <i>GA</i> | <i>SAop</i> & <i>VNS</i> | <i>SABL</i> & <i>BA</i> | <i>SABL</i> & <i>GA</i> | <i>SABL</i> & <i>VNS</i> | <i>BA</i> & <i>GA</i> | <i>BA</i> & <i>VNS</i> | <i>GA</i> & <i>VNS</i> |
|--------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 08-48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| 09-01 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 0,01 |
| 09-02 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,09 | 0,00 |
| 09-04 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,04 |
| 09-05 | 0,91 | 0,00 | 0,20 | 0,40 | 0,00 | 0,04 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 09-06 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,97 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 09-07 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,30 |
| 09-08 | 0,00 | 0,00 | 0,73 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,85 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 09-09 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 09-10 | 0,63 | 0,00 | 0,58 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,72 | 0,00 |
| 09-12 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,32 | 0,33 |
| 09-13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,49 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,00 |
| 09-14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,53 | 0,00 | 0,00 |
| 09-15 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,69 | 0,26 | 0,48 |
| 09-16 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,72 | 0,43 |
| 09-17 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,43 | 0,00 |
| 09-19 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,05 | 0,74 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,46 |
| 09-20 | 0,00 | 0,00 | 0,98 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,01 |
| 09-21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| 09-22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,28 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| 09-23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,04 |
| 09-24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 |
| 09-26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,80 | 0,01 |
| 09-27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 |
| 09-29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| 09-30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 09-32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 09-33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,92 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 09-34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0,00 |
| 09-35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,19 | 0,01 |
| 09-36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | 0,00 | 0,00 |
| 09-37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 09-39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 09-41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,00 |
| 09-42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 09-43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 |
| 09-44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| Inst. | <i>SAop</i> & <i>SABL</i> | <i>SAop</i> & <i>BA</i> | <i>SAop</i> & <i>GA</i> | <i>SAop</i> & <i>VNS</i> | <i>SABL</i> & <i>BA</i> | <i>SABL</i> & <i>GA</i> | <i>SABL</i> & <i>VNS</i> | <i>BA</i> & <i>GA</i> | <i>BA</i> & <i>VNS</i> | <i>GA</i> & <i>VNS</i> |
|--------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 09-47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 09-48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,67 | 0,00 |
| 09-49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 09-50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,74 | 0,00 | 0,00 |
| 10-02 | 0,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,86 |
| 10-03 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,37 |
| 10-04 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,20 | 0,09 | 0,00 | 0,25 |
| 10-05 | 0,37 | 0,00 | 0,97 | 0,37 | 0,00 | 0,21 | 0,94 | 0,00 | 0,00 | 0,20 |
| 10-07 | 0,21 | 0,00 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,83 | 0,02 | 0,00 | 0,08 | 0,00 |
| 10-08 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,82 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,08 | 0,00 |
| 10-09 | 0,34 | 0,00 | 0,30 | 0,00 | 0,00 | 0,99 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| 10-10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,54 | 0,63 | 0,01 | 0,01 | 0,93 |
| 10-11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,09 | 0,15 | 0,00 | 0,81 | 0,10 | 0,08 |
| 10-12 | 0,00 | 0,01 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,13 | 0,00 | 0,00 |
| 10-13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,20 | 0,00 | 0,39 | 0,18 | 0,11 |
| 10-14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,05 | 0,15 | 0,97 | 0,50 | 0,46 |
| 10-15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,63 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 0,01 | 0,62 |
| 10-16 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,08 |
| 10-17 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,23 | 0,22 |
| 10-19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,49 | 0,01 | 0,22 |
| 10-20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,97 | 0,55 | 0,53 |
| 10-21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10-23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,62 | 0,31 |
| 10-24 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10-26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 |
| 10-27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,78 | 0,00 | 0,00 |
| 10-28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 |
| 10-29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,30 | 0,00 |
| 10-30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,54 | 0,01 | 0,01 |
| 10-31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,00 |
| 10-32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,85 | 0,00 |
| 10-33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10-35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10-37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10-38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 10-39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10-40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |

| Inst. | <i>SAop</i> & <i>SABL</i> | <i>SAop</i> & <i>BA</i> | <i>SAop</i> & <i>GA</i> | <i>SAop</i> & <i>VNS</i> | <i>SABL</i> & <i>BA</i> | <i>SABL</i> & <i>GA</i> | <i>SABL</i> & <i>VNS</i> | <i>BA</i> & <i>GA</i> | <i>BA</i> & <i>VNS</i> | <i>GA</i> & <i>VNS</i> |
|--------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 10-42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,83 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10-43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10-44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10-45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 0,00 |
| 10-46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,86 | 0,00 | 0,00 |
| 10-48 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10-49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10-50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 11-01 | 0,67 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,44 | 0,00 | 0,08 | 0,00 |
| 11-02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,53 | 0,01 | 0,08 |
| 11-03 | 0,01 | 0,00 | 0,61 | 0,00 | 0,03 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 |
| 11-05 | 0,94 | 0,00 | 0,53 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,00 |
| 11-06 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 0,06 | 0,00 |
| 11-07 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| 11-08 | 0,01 | 0,00 | 0,41 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,04 |
| 11-09 | 0,17 | 0,00 | 0,61 | 0,05 | 0,00 | 0,21 | 0,63 | 0,00 | 0,00 | 0,10 |
| 11-10 | 0,22 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,21 | 0,00 |
| 11-11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,09 | 0,08 |
| 11-12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,86 | 0,85 |
| 11-13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,36 | 0,87 |
| 11-14 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,78 | 0,00 |
| 11-16 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,32 | 0,18 |
| 11-17 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,25 |
| 11-18 | 0,00 | 0,00 | 0,52 | 0,03 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 |
| 11-19 | 0,00 | 0,08 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 |
| 11-20 | 0,00 | 0,00 | 0,57 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,27 | 0,00 |
| 11-22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,97 | 0,11 |
| 11-24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,65 | 0,66 | 0,83 |
| 11-27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 11-28 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,31 | 0,00 | 0,00 |
| 11-29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,23 | 0,13 |
| 11-30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,23 |
| 11-33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 11-34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,61 | 0,00 |
| 11-35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| 11-36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| 11-38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,19 | 0,07 |

| Inst. | <i>SAop</i> & <i>SABL</i> | <i>SAop</i> & <i>BA</i> | <i>SAop</i> & <i>GA</i> | <i>SAop</i> & <i>VNS</i> | <i>SABL</i> & <i>BA</i> | <i>SABL</i> & <i>GA</i> | <i>SABL</i> & <i>VNS</i> | <i>BA</i> & <i>GA</i> | <i>BA</i> & <i>VNS</i> | <i>GA</i> & <i>VNS</i> |
|-----------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 12-29 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,90 | 0,00 |
| 12-31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| 12-32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,59 |
| 12-33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,13 | 0,67 |
| 12-34 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,26 | 0,04 | 0,44 |
| 12-35 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 12-36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,75 | 0,13 |
| 12-37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| 12-38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 12-39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,11 | 0,74 |
| 12-40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| 12-41 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| 12-42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,98 | 0,00 | 0,00 |
| 12-43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 12-44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 12-45 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 12-46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,16 | 0,01 |
| 12-47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| 12-49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 | 0,00 |
| 12-50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,98 | 0,00 |
| Algo. A | 1 | 0 | 46 | 2 | 326 | 410 | 396 | 311 | 339 | 173 |
| Algo. B | 444 | 497 | 264 | 319 | 102 | 22 | 53 | 126 | 42 | 134 |
| Sign. | 445 | 497 | 310 | 321 | 428 | 432 | 449 | 437 | 381 | 307 |
| Não Sig. | 55 | 3 | 190 | 179 | 72 | 68 | 51 | 63 | 119 | 193 |