



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA
CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Gabriel Medeiros Lopes Carneiro

Problema de empacotamento de retângulos:
métodos de solução baseados em *bottom-left*

Florianópolis, SC
2023

Gabriel Medeiros Lopes Carneiro

Problema de empacotamento de retângulos

Trabalho de conclusão de curso submetido ao curso de Ciências da Computação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Bacharel em Ciências da Computação.

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Informática e Estatística
Ciências da Computação

Orientador: Prof. Dr. Pedro Belin Castellucci
Coorientador: Prof. Dr. Rafael de Santiago

Florianópolis, SC

Agradecimientos

Resumo

Este trabalho estuda estratégias de otimização para o problema de empacotamento de itens retangulares, com o uso da técnica *bottom-left*. A escolha dessa técnica se deve a dificuldade de usar métodos exatos para resolução em tempo hábil. Algoritmos serão implementados e instâncias de teste serão escolhidas para fins comparativos com os resultados de outros autores.

Palavras-chave: problema de empacotamento, otimização, heurística, pesquisa operacional.

Abstract

This work studies optimization strategies for the packing problem of rectangular items, using the bottom-left technique. The choice of this technique is due to the difficulty of using exact methods for timely resolution. Algorithms will be implemented and test instances will be chosen for comparative purposes with the results of other authors.

Keywords: packing problem, optimization, heuristic, operational research.

Lista de ilustrações

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Exemplo de modelo linear e não-linear. | 13 |
| Figura 2 – Exemplo de modelo contínuo e discreto. | 13 |
| Figura 3 – Representação para o problema de empacotamento 1D, 2D e 3D. . . . | 16 |
| Figura 4 – Exemplos de peças regulares e irregulares. | 17 |
| Figura 5 – Exemplo de solução ótima para algumas classes. | 19 |
| Figura 6 – Exemplos de corte guilhotinado. | 20 |
| Figura 7 – Representação de alocação usando <i>bottom-left</i> | 21 |
| Figura 8 – Itens 0 e 1 posicionados. | 22 |
| Figura 9 – Itens 0, 1 e 2 posicionados, mas com sobreposição. | 23 |
| Figura 10 – Itens 0, 1 e 2 posicionados, sem sobreposição. | 23 |
| Figura 11 – Itens 0 e 1 posicionados, com domínio discreto. | 24 |
| Figura 12 – Itens 0, 1 e 2 posicionados, com domínio discreto. | 24 |
| Figura 13 – Regiões criadas traçando uma linha vertical. | 25 |
| Figura 14 – Regiões criadas traçando uma linha horizontal. | 26 |
| Figura 15 – Regiões criadas maximizando uma das regiões. | 26 |
| Figura 16 – Regiões criadas possibilitando sobreposições. | 27 |
| Figura 17 – Regiões criadas na ordenação crescente - estado inicial. | 30 |
| Figura 18 – Regiões criadas na ordenação crescente - estado 1. | 30 |
| Figura 19 – Regiões criadas na ordenação crescente - estado 2. | 31 |
| Figura 20 – Regiões criadas na ordenação crescente - estado final. | 31 |

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Modos de criar regiões, seu tipo e sua relação com a Restrição 2. . . . | 27 |
| Tabela 2 – Configuração do computador de testes. | 29 |
| Tabela 3 – Resultado da comparação entre Desc.. | 29 |
| Tabela 4 – Resultado da comparação entre critérios de ordenação. | 32 |
| Tabela 5 – Resultado da comparação entre critérios de ordenação decrescente. . . | 32 |
| Tabela 6 – Resultado da comparação entre criação de regiões. | 33 |
| Tabela 7 – Resultado da comparação entre criação de regiões - ordenação decrescente. | 33 |
| Tabela 8 – Resultado da comparação entre tipos de regiões. | 34 |
| Tabela 9 – Resultado da comparação entre todos os métodos de solução. | 35 |
| Tabela 10 – Resultados para os conjuntos de instância. | 37 |
| Tabela 11 – Resultados da instância BKW01. | 44 |
| Tabela 12 – Resultados da instância BKW02. | 45 |
| Tabela 13 – Resultados da instância BKW03. | 46 |
| Tabela 14 – Resultados da instância BKW04. | 47 |
| Tabela 15 – Resultados da instância BKW05. | 48 |
| Tabela 16 – Resultados da instância BKW06. | 49 |
| Tabela 17 – Resultados da instância BKW07. | 50 |
| Tabela 18 – Resultados da instância BKW08. | 51 |
| Tabela 19 – Resultados da instância BKW09. | 52 |
| Tabela 20 – Resultados da instância BKW10. | 53 |
| Tabela 21 – Resultados da instância BKW11. | 54 |
| Tabela 22 – Resultados da instância BKW12. | 55 |
| Tabela 23 – Resultados da instância BKW13. | 56 |
| Tabela 24 – Resultados da instância GCUT01. | 57 |
| Tabela 25 – Resultados da instância GCUT02. | 58 |
| Tabela 26 – Resultados da instância GCUT03. | 59 |
| Tabela 27 – Resultados da instância GCUT04. | 60 |
| Tabela 28 – Resultados da instância GCUT05. | 61 |
| Tabela 29 – Resultados da instância GCUT06. | 62 |
| Tabela 30 – Resultados da instância GCUT07. | 63 |
| Tabela 31 – Resultados da instância GCUT08. | 64 |
| Tabela 32 – Resultados da instância GCUT09. | 65 |
| Tabela 33 – Resultados da instância GCUT10. | 66 |
| Tabela 34 – Resultados da instância GCUT11. | 67 |
| Tabela 35 – Resultados da instância GCUT12. | 68 |

| | |
|--|----|
| Tabela 36 – Resultados da instância GCUT13. | 69 |
| Tabela 37 – Resultados da instância NGCUT01. | 70 |
| Tabela 38 – Resultados da instância NGCUT02. | 71 |
| Tabela 39 – Resultados da instância NGCUT03. | 72 |
| Tabela 40 – Resultados da instância NGCUT04. | 73 |
| Tabela 41 – Resultados da instância NGCUT05. | 74 |
| Tabela 42 – Resultados da instância NGCUT06. | 75 |
| Tabela 43 – Resultados da instância NGCUT07. | 76 |
| Tabela 44 – Resultados da instância NGCUT08. | 77 |
| Tabela 45 – Resultados da instância NGCUT09. | 78 |
| Tabela 46 – Resultados da instância NGCUT10. | 79 |
| Tabela 47 – Resultados da instância NGCUT11. | 80 |
| Tabela 48 – Resultados da instância NGCUT12. | 81 |
| Tabela 49 – Resultados da instância OF1. | 82 |
| Tabela 50 – Resultados da instância OF2. | 83 |
| Tabela 51 – Resultados da instância OKP1. | 84 |
| Tabela 52 – Resultados da instância OKP2. | 85 |
| Tabela 53 – Resultados da instância OKP3. | 86 |
| Tabela 54 – Resultados da instância OKP4. | 87 |
| Tabela 55 – Resultados da instância OKP5. | 88 |

Sumário

| | | |
|----------|---|-----------|
| | INTRODUÇÃO | 9 |
| 1 | CONCEITOS BÁSICOS | 11 |
| 1.1 | Modelos de Otimização | 11 |
| 1.2 | Definições | 12 |
| 1.3 | Tipos de Modelo | 12 |
| 1.3.1 | Modelo Linear × Não-linear | 12 |
| 1.3.2 | Modelo Contínuo × Discreto | 13 |
| 1.3.3 | Modelo Determinístico × Estocástico | 13 |
| 1.3.4 | Tipos de Programação | 14 |
| 1.4 | Métodos Exatos × Heurísticos | 14 |
| 2 | PROBLEMA DE EMPACOTAMENTO | 16 |
| 2.1 | Definição | 17 |
| 2.2 | Classificação | 18 |
| 2.3 | Variantes | 19 |
| 3 | MÉTODOS DE SOLUÇÃO | 21 |
| 3.1 | CrITÉrios de ordenação | 22 |
| 3.2 | Sobreposição e domínio contínuo | 22 |
| 3.3 | Criação de regiões | 25 |
| 4 | RESULTADOS | 28 |
| 4.1 | Ordenação crescente × decrescente | 29 |
| 4.2 | Comparativo entre critérios de ordenação | 31 |
| 4.3 | Comparativo entre criação de regiões | 33 |
| 4.4 | Comparativo entre combinações | 34 |
| 4.5 | Complexidade | 34 |
| 4.6 | Conjuntos de instâncias | 36 |
| | CONCLUSÃO | 38 |
| | TRABALHOS FUTUROS | 39 |
| | Referências | 40 |
| | APÊNDICE A – RESULTADOS DAS INSTÂNCIAS | 44 |

Introdução

Serviços de loja *online* com entrega como Amazon e Mercado Livre estão tornando-se cada vez mais presentes no dia a dia. Para tornar as entregas mais rápidas é necessário fazer uma série de estudos de logística e planejamento sobre como organizar os produtos nos estoques e nos veículos de entrega (SILVA et al., 2022; MORABITO NETO; WIDMER, 1992), muitas vezes sendo necessário considerar a ordem em que eles precisarão ser retirados. Além de tornar o processo mais rápido, a organização também pode permitir o melhor uso de espaços, aumentando a quantidade máxima de itens ou evitando o desperdício dos espaços.

Ainda sobre evitar desperdícios, esse quesito é muito importante para as indústrias de papel, móveis, têxtil e metal-mecânica (QUEIROZ, 2022; CAVALI, 2004; BELLUZZO; MORABITO, 2005). Todas essas áreas querem gerar o máximo de produtos com o mínimo de recursos materiais utilizados, para evitar o descarte desnecessário do material e prejuízos financeiros.

Os problemas citados são considerados problemas de corte e empacotamento. Problemas de corte envolvem cortar um objeto, como blocos de gesso, chapas de aço e barras de ferro, em itens menores. Enquanto problemas de empacotamento tratam sobre alocar um conjunto de itens \mathcal{I} em um recipiente \mathcal{B} . Ambos podem ser reduzidos ao outro e é possível separá-los de acordo com sua dimensão.

Problemas unidimensionais podem ser associados ao corte de barras ou canos, para atender uma demanda por peças de diferentes tamanhos, ou ao empilhamento de caixas em busca de uma altura mínima. Outra aplicação viável do caso 1D é o famoso problema da mochila (IORI; DE LIMA et al., 2021), onde se deseja alocar itens de valor v_i e peso w_i em uma mochila com capacidade C , de forma que se maximize a soma dos valores dos itens escolhidos para entrar na mochila.

As indústrias de móveis, tecido, couro e papel usam o caso 2D para minimizar o desperdício ao se cortar suas peças (QUEIROZ, 2022; CAVALI, 2004; BELLUZZO; MORABITO, 2005), enquanto os setores de entregas usam para organizar paletes (MORABITO NETO; WIDMER, 1992). O caso 3D é facilmente associável ao carregamento de *containers* (MORABITO NETO; WIDMER, 1992), onde objetos são geralmente caixas a serem alocadas em algum veículo, ou ao corte de blocos de gesso, já citado.

Basicamente, o problema é aplicável em qualquer área que precise de organização ou logística, bem como em situações que envolvam o corte de algum material. Ao utilizar soluções para resolver problemas de corte e empacotamento, é possível reduzir o desperdício de materiais e impacto ambiental, diminuir tempo de entregas e otimizar espaços de estoque.

O caso 2D, dimensão de estudo deste trabalho, possui uma vasta literatura de métodos

de solução. As abordagens de solução se dividem entre exatas, que buscam a solução ótima do problema, e heurísticas, as quais podem não encontrar uma solução ótima, mas conseguem uma solução aceitável em tempo hábil. Dentre os métodos de solução exatos, um que se destaca é o procedimento de busca em árvore (BEASLEY, 1985b), mas existem muitos outros na literatura (IORI; DE LIMA et al., 2021; FEKETE; SCHEPERS, 1997; DELORME et al., 2016; KENMOCHI et al., 2009). Na parte de heurísticas, tem-se a *bottom-left* (BAKER et al., 1980; CHEHRAZAD et al., 2022) e *skyline* (WEI et al., 2011), as heurísticas também possuem grande presença na literatura (BURKE et al., 2004; RAKOTONIRAINY; VUUREN, 2020; HOPPER, E. B. C. H.; TURTON, B. C. H., 2001; CHEN et al., 2019; HUANG; CHEN, 2007; HOPPER, E.; TURTON, B. C., 2001).

Este trabalho visa estudar o problema de empacotamento no espaço de duas dimensões, onde as peças são retangulares e com um recipiente também retangular, mais especificamente na versão do empacotamento 2D da mochila, sendo sua solução considerada NP-difícil (IORI; LIMA et al., 2022). Nessa versão do problema, dado um conjunto de itens I , com cada item i possuindo um valor p_i , e uma caixa B , o objetivo é maximizar a soma dos valores dos itens alocados dentro do recipiente. A abordagem escolhida para resolver o problema foi a utilizar a heurística *bottom-left*, devido a sua simplicidade e aos limites computacionais e de tempo ao escolher algum método exato. Mesmo com a heurística sendo proposta em 1980, ela ainda está presente na literatura recente (CHEHRAZAD et al., 2022; HOPPER, E. B. C. H.; TURTON, B. C. H., 2001; WEI et al., 2011).

O fato de somente retângulos serem considerados não é um grande demérito, já que é possível transformar qualquer polígono em um retângulo com algumas manipulações, ainda que haja um desperdício de área no recipiente ao resolver o problema desse modo. A escolha de focar somente no empacotamento de retângulos foi feita justamente por isso, é possível utilizá-lo para empacotar qualquer tipo de item, com as devidas adaptações.

Antes de abordar o problema (Capítulo 2) e buscar soluções (Capítulo 3), alguns conceitos básicos são mostrados no Capítulo 1. O Capítulo 1 foca em definições sobre otimização (seção 1.2), modelos de otimização (seções 1.1 e 1.3) e a diferença entre métodos exatos e heurísticos (seção 1.4). No Capítulo 2 é dada a definição do problema (seção 2.1), para então mostrar algumas classificações (seção 2.2) e variantes (seção 2.3). Depois, é explicada a heurística *bottom-left* (Capítulo 3) e os métodos feitos com base nela, os quais serão utilizados na resolução das instâncias de teste. Por fim, no Capítulo 4 os principais resultados obtidos são mostrados.

O principal objetivo deste trabalho é criar métodos de solução para o problema de empacotamento da mochila de peças retangulares, todos baseados na heurística *bottom-left*. Outros objetivos mais específicos são: implementar a *bottom-left* e os métodos derivados em python, executá-los com instâncias de teste da literatura, comparar seus resultados e identificar vantagens e desvantagens de cada um.

1 Conceitos Básicos

Antes de estudar o problema, são necessários alguns conceitos básicos e definição formal de termos importantes para a área de Pesquisa Operacional e otimização. Pesquisa Operacional pode ser entendida como o estudo e a aplicação de métodos científicos para tomada de decisões em problemas complexos (ARENALES et al., 2007, p.IX). Ela permite modelar, analisar e solucionar tais problemas de modo, geralmente, satisfatório.

Neste capítulo será explicado sobre modelos de otimização (seção 1.1) e seus tipos (seção 1.3), além de algumas definições sobre otimização (seção 1.2), finalizando com a diferença entre métodos heurísticos e exatos (seção 1.4). O problema de empacotamento de retângulos (detalhado no Capítulo 2), alvo deste estudo, é determinístico e pode ser modelado utilizando programação linear inteira mista (WOLSEY, 2020). No trabalho, o problema será explorado do ponto de vista heurístico, com o método apresentado no Capítulo 3.

1.1 Modelos de Otimização

Modelos são aproximações da realidade, representam o problema de maneira simples e objetiva, usando restrições. Eles são o que baseiam a Pesquisa Operacional. De forma geral, um modelo de otimização quer minimizar ou maximizar uma função $f(x)$ com x obedecendo algumas restrições. Pode-se então representar o modelo do seguinte modo:

$$\min/\max f(x), x \in \mathcal{X}.$$

Onde

- x : variável de decisão, $x = x_1, x_2, \dots, x_n$.
- \mathcal{X} : conjunto factível ou domínio, possui todas as soluções possíveis para o problema.
- $f(x)$: função objetivo, a qual determinará o critério de escolha da solução.

Usando o problema da mochila como exemplo, onde se busca maximizar o valor dos itens alocados sem que seus pesos ultrapassem a capacidade da mochila (IORI; DE LIMA et al., 2021), um modelo possível é:

$$\max \sum_{i \in I} v_i x_i : \sum_{i \in I} w_i x_i \leq C$$

Em que I é um conjunto de itens, v_i e w_i são, respectivamente o valor e o peso do item $i \in I$, C é a capacidade da mochila e x_i são variáveis binárias indicando se o item foi escolhido para mochila ou não.

1.2 Definições

A seguir serão dadas as definições de quatro expressões que aparecem com frequência no estudo de problemas de otimização.

Uma solução x' é **factível** somente se satisfaz todas as restrições dadas ao problema, ou seja, $x' \in \mathcal{X}$. Existem casos onde o problema não tem solução, possivelmente por muitas restrições terem sido aplicadas. Isso é chamado **problema infactível** e $\mathcal{X} = \emptyset$. Se para toda solução for possível encontrar outra melhor o problema é dito **ilimitado**.

Uma solução x' é **ótima** somente se for **factível** e possuir resultado melhor que as demais soluções, isto é, $f(x') \leq f(x), \forall x \in \mathcal{X}$ (caso seja um problema de maximização é necessário substituir “ \leq ” por “ \geq ”). Importante observar que existe somente solução ótima se o problema não for infactível nem ilimitado.

1.3 Tipos de Modelo

É importante saber diferenciar os modelos devido ao método de resolução que varia para cada um deles.

1.3.1 Modelo Linear × Não-linear

Modelos lineares possuem como função objetivo uma função linear e todas as restrições também são lineares. Exemplos:

- $f(x) = ax + b$.
- $f(x_1, x_2) = x_1 + x_2 - 5$.

Já os não-lineares não obedecem essa regra, podendo ter suas variáveis se multiplicando ou funções trigonométricas e logarítmicas. Exemplos:

- $f(x_1, x_2) = x_1^2 + x_2^2$.
- $f(x_1, x_2) = \tan(x_1 + x_2)$.

Figura 1 – Exemplo de modelo linear e não-linear.



Fonte: feito pelo autor.

1.3.2 Modelo Contínuo × Discreto

Um modelo é contínuo quando sua região factível é contínua, ou seja, dado um ponto dessa região todos os seus vizinhos também serão uma solução. Modelos discretos não possuem seu domínio contínuo. A Figura 2 mostra um gráfico com exemplos de um modelo contínuo e outro discreto.

Figura 2 – Exemplo de modelo contínuo e discreto.



Fonte: feito pelo autor.

1.3.3 Modelo Determinístico × Estocástico

Em modelos determinísticos seus dados são conhecidos, enquanto os estocásticos possuem uma incerteza quanto aos dados.

1.3.4 Tipos de Programação

Com base nas categorias de modelo é possível também dividir métodos de programação (planejamento) para sua solução. HILLIER traz alguns exemplos algoritmos de para os tipos de programação.

- Linear: modelo linear contínuo determinístico. Algoritmos importantes para essa classe de problemas são: o algoritmo Simplex e algoritmos de pontos interiores.
- Inteira: modelo linear discreto determinístico. Aqui se destacam os algoritmos *branch-and-bound* e *branch-and-cut*.
- Estocástica: modelo linear contínuo estocástico. Alguns métodos para solução podem se basear em simulação dos eventos aleatórios envolvidos.
- Não-linear: modelo não-linear contínuo determinístico. Os algoritmos para solução de problemas não lineares podem ser baseados em gradiente, mas com frequência dependem bastante do problema a ser resolvido.

1.4 Métodos Exatos × Heurísticos

Métodos exatos sempre vão garantir a solução ótima para o problema, porém encontrar tal solução pode requerer grande tempo e/ou muitos recursos computacionais. Já heurísticas buscam por soluções factíveis e são geralmente usadas em problemas de grande porte.

Um dos métodos exatos mais conhecidos é o algoritmo *branch-and-bound*, ele realiza a enumeração implícita das soluções viáveis de um problema de programação linear inteira mista, mantendo valores para os limitantes inferior e superior de um problema de otimização. O algoritmo termina sua execução quando ambos os limitantes se igualam, garantindo a otimalidade da solução. Detalhes algoritmo *branch-and-bound* e outros problemas de programação inteira, como *branch-and-cut* e planos de corte podem ser vistos no trabalho de WOLSEY.

Como o problema de interesse é NP-difícil e o principal interesse é em instâncias de médio e grande porte, utilizar um método exato seria bastante desafiador e, provavelmente, não seria possível obter um resultado em tempo hábil devido aos recursos computacionais disponíveis. Portanto, métodos heurísticos serão usados, já que eles tendem a diminuir a demanda computacional, porém não garantem otimalidade da solução resultante.

Soluções heurísticas tipicamente alternam entre explorar o espaço de busca de forma mais ampla e se concentrar em uma vizinhança de uma solução viável já encontrada. Por isso, em geral, uma heurística garante apenas a otimalidade local da solução. Para escapar de ótimos locais e buscar atingir um resultado melhor, mecanismos de fuga são

usados. Alguns exemplos desses mecanismos são o *multi-start* e o *simulated annealing* (FIRAT; ALPASLAN, 2020; RAKOTONIRAINY; VUUREN, 2020; HOPPER, E. B. C. H.; TURTON, B. C. H., 2001).

Continuando o exemplo do problema da mochila (seção 1.1), uma heurística possível para ele é ordenar os itens de maneira decrescente de acordo com $\frac{v_i}{w_i}$ e colocá-los na mochila enquanto couber.

As heurísticas podem ser divididas entre heurísticas construtivas e heurísticas de melhoria. Heurísticas construtivas, como diz o nome, constroem uma solução para o problema, enquanto heurísticas de melhoria, partem de uma solução viável e realizam tentativas de melhorar tal solução (MICHALEWICZ; FOGEL, 2013). A heurística *bottom-left* (detalhada no Capítulo 3), a qual será usada para resolver o problema de empacotamento de retângulos (Capítulo 2), é uma heurística construtiva.

2 Problema de Empacotamento

Nas últimas três décadas, as publicações na área de corte e empacotamento tiveram um aumento considerável (IORI; DE LIMA et al., 2021; WÄSCHER et al., 2007). Devido a isso, a categorização e organização desses problemas é cada vez mais importante. O trabalho de WÄSCHER et al. fornece a classificação de problemas de corte e empacotamento baseado na sua dimensão, tipos de itens, tipo de recipiente e função objetivo, fornecendo uma atualização da tipologia definida em (DYCKHOFF, 1990).

O problema de empacotamento, é um problema de otimização de difícil resolução. Seu objetivo é simples, colocar peças em um espaço N -dimensional, na Figura 3 é possível ver representações para os casos 1D, 2D e 3D. Tanto as peças quanto o espaço, podem ser de formato regular (convexo) ou não (côncavo). Pensando no caso 2D, triângulos, retângulos, círculos e outros polígonos convexos são considerados regulares, enquanto estrelas e outros polígonos côncavos são irregulares.

Figura 3 – Representação para o problema de empacotamento 1D, 2D e 3D.



Fonte: (CASTELLUCCI, 2019).

Existem diversas formas de identificar se um polígono é convexo ou não. A primeira delas é verificando se existe alguma diagonal que não pertença à região interna do polígono, caso exista, o polígono é côncavo, caso contrário, convexo. Também é possível identificar através dos ângulos internos, polígonos côncavos possuem pelo menos um ângulo interno com mais de 180 graus. Outra forma de definir se uma peça é regular ou não, é identificar o número de parâmetros necessários para representá-la. Se for preciso três ou mais é irregular, caso contrário, regular (BARTMEYER et al., 2021). A Figura 4 mostra alguns exemplos de peças regulares (à direita) e seus contornos convexos (à esquerda).

Figura 4 – Exemplos de peças regulares e irregulares.



Fonte: (BARTMEYER et al., 2021).

O foco deste trabalho será em problemas de empacotamento 2D de peças e objetos retangulares ortogonais, sem qualquer variante (seção 2.3). Por mais simples que seja, é uma categoria muito importante do problema, visto que, no mundo real, a maioria do que temos interesse em resolver se encaixa nessas características. Inclusive, existem vários trabalhos como (WEI et al., 2011) e outros mais recentes (MARTIN et al., 2020; FIRAT; ALPASLAN, 2020; CHEN et al., 2019) com o mesmo propósito. Esse escopo também é utilizado para resolver outros problemas, como o planejamento de integração em larga escala (HUANG; CHEN, 2007) e para o roteamento de veículos levando paletes (SILVA et al., 2022). Existem até mesmo instâncias padronizadas para realizar comparativos entre algoritmos (IORI; LIMA et al., 2022), as instâncias usadas neste trabalho serão explicadas no Capítulo 4.

Tratar somente de objetos retangulares não é um grande limitador para resolver com outros tipos de itens, já que é possível usar os contornos convexos de um polígono côncavo para transformá-lo em um polígono convexo. Após isso, basta transformar o polígono regular em um retângulo. Assim é possível empacotar qualquer polígono usando o empacotamento de retângulos, ainda que haja uma área desperdiçada devido às transformações.

2.1 Definição

Com o escopo do estudo definido como problema de empacotamento de retângulos, é possível ver sua definição formal. De acordo com (IORI; LIMA et al., 2022), dado uma caixa retangular $\mathcal{B} = (W, H)$ de comprimento $W \in \mathbb{Z}_+$ e altura $H \in \mathbb{Z}_+$ e um conjunto \mathcal{I} de itens também retangulares, onde cada item $i \in \mathcal{I}$ com comprimento $w_i \in \mathbb{Z}_+$, $w_i \leq W$ e altura $h_i \in \mathbb{Z}_+$, $h_i \leq H$. Um empacotamento $\mathcal{I}' \subseteq \mathcal{I}$ em \mathcal{B} pode ser descrito como uma função $\mathcal{F} : \mathcal{I}' \rightarrow \mathbb{Z}_+^2$ que mapeie cada item $i \in \mathcal{I}'$ para um par de coordenadas $\mathcal{F}(i) = (x_i, y_i)$, de forma:

$$x_i \in \{0, \dots, W - w_i\}, y_i \in \{0, \dots, H - h_i\} \quad (i \in \mathcal{I}') \quad (1)$$

$$[x_i, x_i + w_i) \cap [x_j, x_j + w_j) = \emptyset \text{ ou } [y_i, y_i + h_i) \cap [y_j, y_j + h_j) = \emptyset \quad (i, j \in \mathcal{I}', i \neq j) \quad (2)$$

Nessa modo de representação a caixa está posicionada no plano cartesiano, com seu canto inferior esquerdo na origem. Já as coordenadas $\mathcal{F}(i) = (x_i, y_i)$ representam a posição em que o canto inferior esquerdo da peça será alocado. A Restrição 1 garante que cada item deve estar inteiramente na caixa, enquanto a Restrição 2 impede sobreposição entre peças. Ambas restrições indicam uma orientação fixa, ou seja, peças não podem ser rotacionadas, mas elas podem ser adaptadas para considerar essa variante (seção 2.3).

2.2 Classificação

Por existirem diferentes objetivos na solução de um problema de empacotamento foram criadas algumas classificações. Algumas delas (as principais) são mostradas em (IORI; DE LIMA et al., 2021; IORI; LIMA et al., 2022), as quais serão exploradas em seguida, com alguns exemplos já vistos na Introdução.

O objetivo do **Empacotamento 2D em Faixa**, em inglês *Two-Dimensional Strip Packing Problem* (2D-SPP), é encontrar um empacotamento de altura mínima H para um dado conjunto de itens \mathcal{I} em uma caixa $\mathcal{B} = (W, H)$ com comprimento fixo W . Muito aplicado na área têxtil para minimizar o comprimento de tecido cortado para fazer peças de roupas.

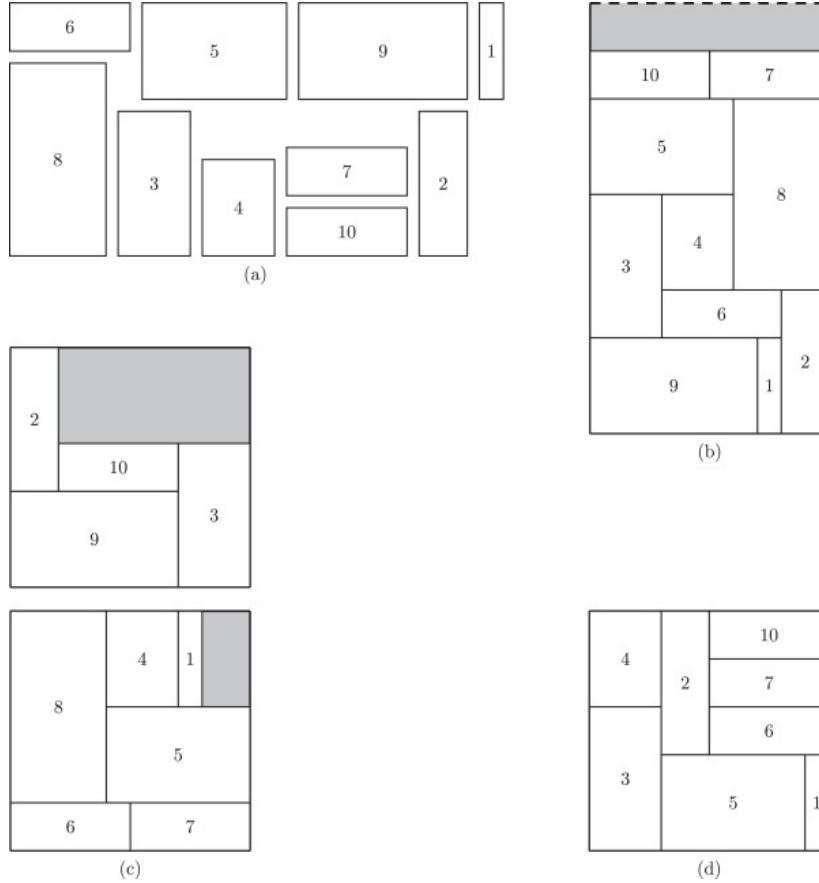
No **Empacotamento 2D da Mochila**, em inglês *Two-Dimensional Knapsack Problem* (2D-KP), dado um conjunto de itens \mathcal{I} , onde cada item $i \in \mathcal{I}$ é associado a um valor p_i , e uma caixa \mathcal{B} , deve-se encontrar um subconjunto $\mathcal{I}' \subseteq \mathcal{I}$ que maximize $\sum_{i \in \mathcal{I}'} p_i$. Geralmente o valor p_i é dado pela área do item, dessa forma, outra interpretação do problema seria minimizar a área desperdiçada (vazia) da caixa \mathcal{B} . Pode ser utilizado para maximizar o número de peças cortadas de um pedaço de couro, por exemplo.

Já o **Empacotamento 2D em Caixas**, em inglês *Two-Dimensional Cutting Stock Problem* (2D-CSP), envolve encontrar uma solução que minimize o número de caixas idênticas necessárias para empacotar todos os itens $i \in \mathcal{I}$, onde cada item possui uma demanda $d_i \in \mathbb{Z}_+$ (número mínimo de cópias do item que precisam ser empacotadas). Existe uma versão menos genérica do 2D-CSP, o *Two-Dimensional Bin Packing Problem* (2D-BPP), onde a demanda d_i de cada item é 1. As caixas podem possuir diferentes tamanhos ao utilizar uma variante (seção 2.3), mas a maioria dos problemas lida com as mesmas dimensões. Facilmente aplicável na área logística e de transporte, seja minimizando o número de paletes ou veículos de entrega.

Por fim, no **Empacotamento 2D Ortogonal**, em inglês *Two-Dimensional Orthogonal Packing Problem* (2D-OPP), busca-se uma solução, caso exista, para empacotar **todos** os itens $i \in \mathcal{I}$ na caixa \mathcal{B} . Usado em situações onde se precisa alocar todos os itens dentro de um caminho.

Todos os problemas descritos são NP-difícil, com exceção do Ortogonal, sendo NP-completo (IORI; LIMA et al., 2022). Resultados recentes para as classes do problema podem ser vistos em (CÔTÉ et al., 2014; DELORME et al., 2017; VELASCO; UCHOA, 2019; MARTIN et al., 2020; MRAD, 2015; CINTRA et al., 2008; FURINI et al., 2016). A Figura 5 traz exemplos de solução ótima para 2D-SPP, 2D-BPP e 2D-KP, para um dado conjunto de itens.

Figura 5 – Exemplo de solução ótima para algumas classes.



(a) conjunto de itens; (b) solução ótima para 2D-SPP; (c) solução ótima para 2D-BPP; (d) solução ótima para 2D-KP (se os valores dos itens corresponderem a sua área).

Fonte: (IORI; DE LIMA et al., 2021).

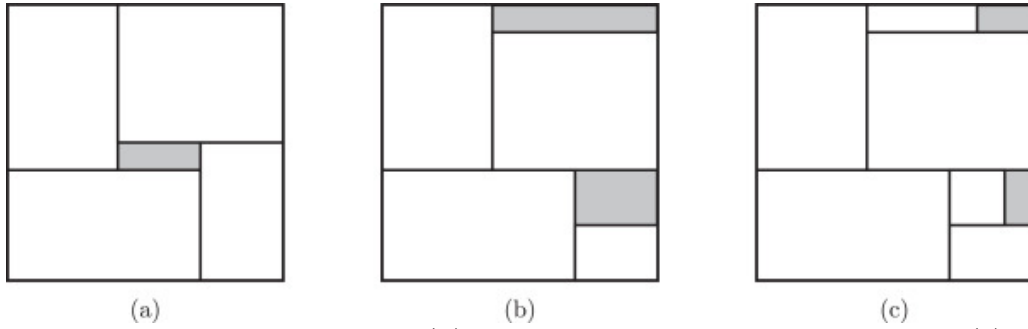
Este trabalho resolverá as instâncias de teste somente para o 2D-KP, onde o valor p_i de cada item i será sua própria área, independente do valor original da instância (caso tenha).

2.3 Variantes

Variantes são pequenas alterações no escopo do problema, também podem ser vistas como restrições ou relaxamento. Existem quatro mais comuns (IORI; LIMA et al., 2022; IORI; DE LIMA et al., 2021), as quais são descritas a seguir.

Corte guilhotinado consiste em cortar a caixa de forma paralela a um de seus lados de ponta a ponta recursivamente, é útil na resolução de problemas de corte (problemas de empacotamento podem ser reduzidos para essa categoria e vice-versa). Máquinas de corte, usualmente, só conseguem produzir peças por meio de sequências de corte guilhotinados, ou seja, de ponta a ponta e paralelos aos lados do recipiente. Isso pode ser um problema, já que, com essa restrição, nem todos os conjuntos de itens são compatíveis com tal método (Figura 6). Frequentemente ainda existe um limite k de cortes por recipiente, conhecidos como problemas de k -estágios. Geralmente, k é igual a 2 ou 3, com um corte extra chamado *trimming*.

Figura 6 – Exemplos de corte guilhotinado.



(a) não permite corte guilhotinado; (b) corte de 2-estágios com *trimming*; (c) corte de 3-estágios com *trimming*.

Fonte: (IORI; DE LIMA et al., 2021).

Rotações ortogonais são um modo de relaxar o problema, permitindo rotações de 90 graus para os itens a serem alocados. Porém, isso também leva a desafios mais complexos, pois aumenta o número de decisões a serem tomadas, fazendo o modelo possuir mais variáveis e restrições. Essa variante, geralmente, é tratada adicionando um parâmetro de decisão binária r_i para cada item $i \in \mathcal{I}$, indicando se a rotação do item é permitida ou não.

Restrições de carga e descarga implicam que algumas peças **devem** ser posicionadas em dada posição para não ser necessário mover outros itens quando tal peça for carregada/descarregada. Usando como exemplo um caminhão de entregas, visa evitar situações onde um produto precisa ser descarregado para se ter acesso a um item mais ao fundo e então carregar novamente o primeiro item. O tratamento da variante pode ser feito ao fixar as coordenadas (x_i, y_i) , dos itens $i \in \mathcal{I}$ que possuem essa restrição, no modelo.

Existem variantes aplicáveis somente a algumas categorias do problema, é o caso de **caixas de tamanho variável**, aplicável ao 2D-CSP e ao 2D-BPP e define que caixas não precisam possuir as mesmas dimensões, custos e disponibilidade. Com essa variante, o objetivo passa a ser empacotar todos os itens com um custo mínimo de recipientes.

3 Métodos de solução

Como descrito na seção 2.2, a maioria das classes do problema são NP-difíceis. Isso torna métodos de soluções exatos, os quais buscam pela solução ótima, extremamente custosos em tempo e recursos computacionais em instâncias de porte moderado, muitas vezes sendo inviáveis por falta de algum desses dois motivos. Consequentemente a literatura é dominada por abordagens que usam heurísticas e meta-heurísticas, sendo a *bottom-left* uma das principais estratégias de solução e será usada no estudo deste trabalho.

A *bottom-left* é uma heurística construtiva (seção 1.4) proposta por BAKER et al. em 1980. Embora tenha sido proposta a décadas, ela ainda é bastante usada na literatura atual, além de poder ser usada como componente de algoritmos mais sofisticados e para diferentes classes e variantes do problema. Ela foi utilizada nos trabalhos de HOPPER, E. B. C. H.; TURTON, B. C. H. na comparação de vários métodos de solução, WEI et al. trazendo uma revisão do método e seus derivados e, mais recentemente, CHEHRAZAD et al. através de uma adaptação para o empacotamento de itens irregulares de forma gulosa.

Sua premissa é simples, dado uma fila de itens como entrada, enquanto ela não estiver vazia, basta retirar o primeiro item dela e alocar no canto mais a baixo e à esquerda quanto for possível (BARTMEYER et al., 2021), sem sobreposições entre peças (seção 2.1). Caso não exista uma posição válida, a peça é desconsiderada e passa-se para próxima da fila. A Figura 7 mostra um exemplo de alocação para um dado conjunto de peças regulares.

Figura 7 – Representação de alocação usando *bottom-left*.



Fonte: (BARTMEYER et al., 2021).

Vale destacar que a própria ordem da fila pode gerar resultados diferentes, alterando a qualidade da solução. Um dos resultados esperados deste trabalho é identificar se há alguma forma de ordenação que se destaque na qualidade de solução, através da comparação

entre os diferentes modos. Para isso, serão usados conjuntos de instâncias frequentemente utilizados na literatura.

3.1 Critérios de ordenação

Para determinar o impacto da ordenação da fila, cinco critérios de ordenação foram escolhidos, sendo eles: área, perímetro, largura, altura e *id*. A ordenação por *id* considera a ordem em que os itens foram colocados na lista, ou seja, seria a forma padrão de resolver e ele será a base para definir se os demais critérios possuem algum benefício. Além disso, cada critério pode ser usado para ordenar a fila em ordem crescente ou decrescente, algo que também será analisado. Na literatura o mais comum é utilizar a ordenação decrescente pela área (CHEN et al., 2019).

3.2 Sobreposição e domínio contínuo

Por mais simples que a heurística *bottom-left* seja, ainda existem dois desafios, respeitar a Restrição 2 (sobreposição de peças) e o domínio contínuo de coordenadas ao tentar alocar um item. As Figuras 8 a 12 serão usadas para demonstrar os desafios citados.

Supondo uma instância com recipiente de altura e largura 5 e três itens retangulares a serem alocados, nesta ordem, com as seguintes dimensões: altura e largura 2, altura 4 e largura 2 e altura 1 e largura 3. A Figura 8 mostra o estado intermediário do algoritmo de solução, onde o item 0 foi alocado na coordenada (0, 0) e o item 1 foi alocado a sua direita na posição (2, 0) para respeitar a Restrição 1, porque não cabe logo acima na posição (0, 2).

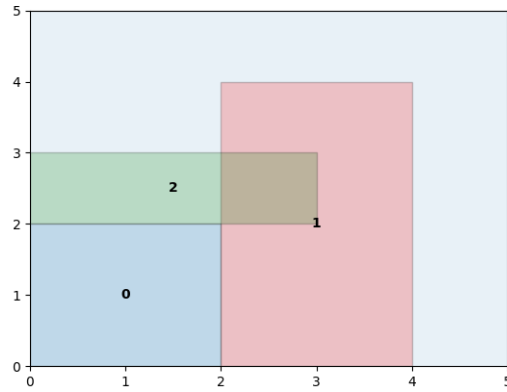
Figura 8 – Itens 0 e 1 posicionados.



Fonte: feito pelo autor.

Como a próxima peça da fila tem largura 3 e altura 1, ao posicioná-la na posição (0, 2) percebe-se que a Restrição 1 é satisfeita, mas a Restrição 2 não (Figura 9).

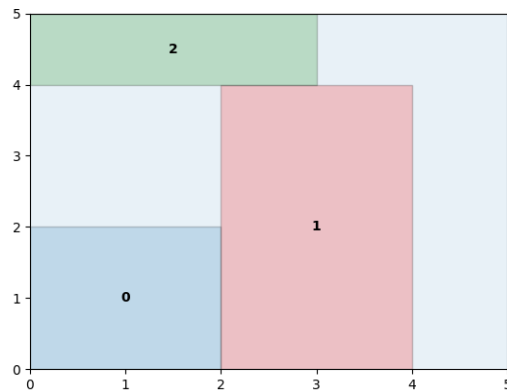
Figura 9 – Itens 0, 1 e 2 posicionados, mas com sobreposição.



Fonte: feito pelo autor.

Nesse caso, com poucas peças alocadas e auxílio visual, é fácil identificar que a posição correta, seguindo a lógica *bottom-left*, seria a de coordenadas (0, 4) (Figura 10). Porém, encontrar tal posição pode ser extremamente complexo. Entre as coordenadas (0, 2) e (0, 4) o espaço é contínuo, existindo infinitas outras coordenadas entre elas, sendo impossível checar todas.

Figura 10 – Itens 0, 1 e 2 posicionados, sem sobreposição.



Fonte: feito pelo autor.

Como todas as instâncias usadas para testes tratam somente de peças e recipientes com valores inteiros, uma abordagem possível seria discretizar o domínio, conforme a Figura 11.

Figura 11 – Itens 0 e 1 posicionados, com domínio discreto.



Fonte: feito pelo autor.

Dessa forma somente coordenadas de valores inteiros precisariam ser verificadas, resolvendo parcialmente o problema com o domínio, já que ainda existiriam muitos pontos, principalmente em instâncias com recipientes grandes. Mas isso ainda não resolve a parte de sobreposição. Para cada ponto ainda é necessário verificar se existe sobreposição com cada uma das peças já alocadas, algo custoso.

Na Figura 12 é possível notar que três coordenadas precisaram ser checadas até encontrar uma que cumprisse as Restrições 1 e 2. Por se tratar de um estado inicial de uma instância pequena esse processo não é tão custoso, porém em instâncias maiores ou estados mais avançados isso se tornará cada vez mais custoso, visto que o domínio será maior e, principalmente, mais peças estarão alocadas para checar possíveis sobreposições.

Figura 12 – Itens 0, 1 e 2 posicionados, com domínio discreto.



Fonte: feito pelo autor.

Outro fator o qual deve ser observado é de que a discretização do domínio pode não funcionar bem em casos onde os valores trabalhados não sejam inteiros. Nesses casos a discretização poderia ocorrer com algum nível de precisão nas casas decimais, mas ainda

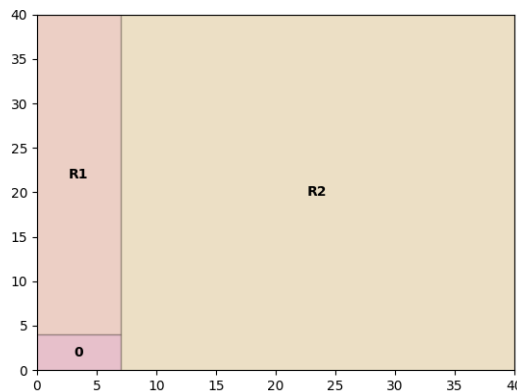
assim as chances de desperdício de área são grandes. Ou seja, muitos problemas reais seriam complexos de serem resolvidos com a discretização.

3.3 Criação de regiões

Os dois problemas expostos na seção 3.2 podem ser resolvidos utilizando a estratégia de criação de regiões. Com essa técnica, a Restrição 2 é trivialmente satisfeita. Nela, ao posicionar uma peça, duas regiões são criadas e o item seguinte será somente posicionado se couber em uma das regiões disponíveis.

Supondo um recipiente com altura e largura 40 e um item 0 com altura 4 e largura 7. Quando o item for posicionado na coordenada (0, 0), duas regiões, R1 e R2, serão criadas (Figura 13). A região R1 começará na coordenada (0, 4) e a R2 na (7, 0).

Figura 13 – Regiões criadas traçando uma linha vertical.



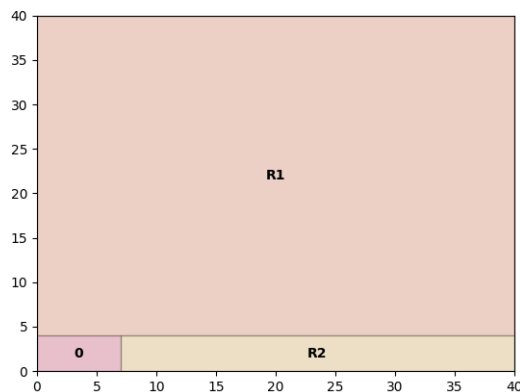
Fonte: feito pelo autor.

Agora o domínio passa a ser somente o canto inferior esquerdo de cada uma das regiões e sobreposições deixam de ser possíveis. Além disso, a regra para definir se uma peça cabe em dada região é igual a Restrição 1, tornando o algoritmo de solução bem simples. A fim de identificar o impacto das regiões na solução do modelo, quatro formas de criação delas foram usadas.

A primeira delas é **traçando uma linha vertical** a partir do canto superior direito de cada peça alocada (Figura 13). Nela a região R1 terá altura 36 e largura 7, indo até à coordenada (7, 40). Enquanto a R2 possuirá altura 40 e largura 33, chegando até à coordenada (40, 40).

A segunda é semelhante à primeira, porém **traçando uma linha horizontal** (Figura 14). Nesse caso, R1 terá altura 36 e largura 40, indo até à coordenada (40, 40). Já R2 possuirá altura 4 e largura 33, chegando até à coordenada (40, 4).

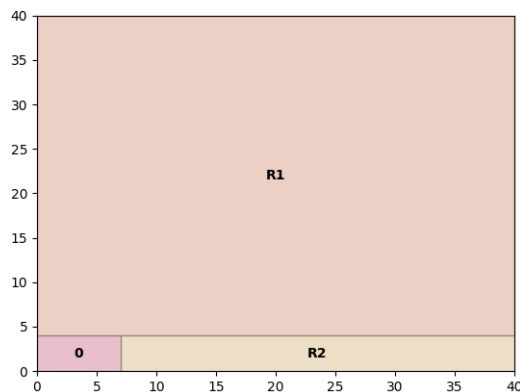
Figura 14 – Regiões criadas traçando uma linha horizontal.



Fonte: feito pelo autor.

Na terceira, a linha traçada (vertical ou horizontal) depende da área das regiões criadas com cada linha. Nesse modo o objetivo é maximizar a área de uma das regiões geradas, ele **identifica qual linha irá gerar a região de maior área e a traça**. Por exemplo, a Figura 13 gerou uma região com 252 de área e outra com 1320, enquanto a Figura 14 obteve regiões com 1440 e 132, então, nesse caso, a linha traçada será a horizontal (Figura 15).

Figura 15 – Regiões criadas maximizando uma das regiões.



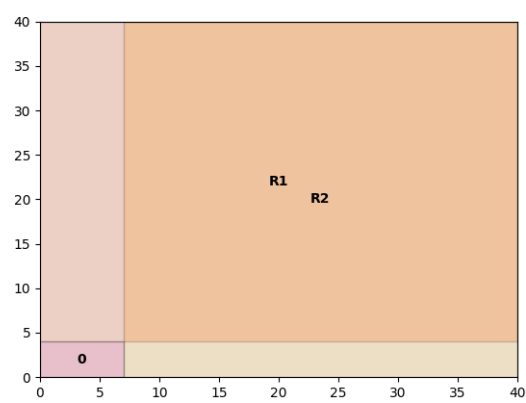
Fonte: feito pelo autor.

Maximizar uma região pode ser interessante, pois aumenta as chances do próximo item conseguir ser alocado, visto que uma das regiões será mais espaçosa. Em contrapartida, esse método também pode acabar gerando muitas regiões pequenas que não sejam utilizadas, diminuindo a qualidade da solução.

No quarto e último modo de criar regiões nenhuma linha é traçada, todas as regiões vão até o final do recipiente (Figura 16), criando **regiões sobrepostas**. R1 terá altura 40 e largura 36, enquanto R2 possuirá altura 40 e largura 33. Então, R1 e R2 terminarão na

coordenada (40, 40). Nesse caso, sobreposições de peças podem ocorrer, então verificações são necessária para cumprir a Restrição 2. Ao fazer isso, é possível que mais peças sejam alocadas, visto que todas as regiões possuem área máxima. Esse modo foi criado para identificar se é de fato melhor que os demais e qual seu custo.

Figura 16 – Regiões criadas possibilitando sobreposições.



Fonte: feito pelo autor.

Com os critérios para criação de regiões explicados, é possível diferenciá-los em dois tipos. O primeiro é dos que permitem sobreposição entre peças e, por isso, precisam de verificações para respeitar a Restrição 2 (regiões complexas), nesse tipo se encaixa somente o quarto modo. O segundo tipo contém os três primeiros critérios, onde somente a Restrição 1 precisa ser checada (regiões simples).

A Tabela 1 mostra, de forma resumida, os quatro modos de criar regiões, seu tipo (regiões simples ou complexas) e sua relação com a Restrição 2. A coluna “Divisão” indica o critério usado ao criar as regiões, enquanto a coluna “Restrição 2” mostra se a Restrição 2 é trivialmente satisfeita ou não.

Tabela 1 – Modos de criar regiões, seu tipo e sua relação com a Restrição 2.

| Modo | Divisão | Restrição 2 | Tipo |
|------|---------------------|-------------|-----------|
| 1 | Vertical | Trivial | Simples |
| 2 | Horizontal | Trivial | Simples |
| 3 | Maior área | Trivial | Simples |
| 4 | Regiões sobrepostas | Não trivial | Complexas |

4 Resultados

Para testar os métodos de solução criados foram usadas 45 instâncias de teste da literatura, separadas em cinco conjuntos de instância de características diferentes: BKW, GCUT, NGCUT, OF e OKP. Todas as elas foram obtidas através da biblioteca pública [2DPackLib](https://site.unibo.it/operations-research/en/research/2dpacklib)¹ (IORI; LIMA et al., 2022).

O foco do trabalho é no 2D-KP e com o critério de maximização sendo a área ocupada do espaço. Mas nem todos conjuntos foram feitos para ser resolvidos dessa forma, nesses casos foram feitas leves adaptações para usá-los. O motivo de usar instâncias feitas com outro objetivo é para não viciar o modelo em instâncias específicas.

As instâncias BKW foram propostas para 2D-SPP (BURKE et al., 2004), esse conjunto é interessante, pois existe uma solução ótima onde todos os itens podem ser alocados. CÔTÉ et al. apresentam alguns resultados para esse conjunto, já DELORME et al. trazem resultados usando rotações ortogonais.

Instâncias GCUT foram propostas para 2D-KP com corte guilhotinados (BEASLEY, 1985a). Esse conjunto já foi usado na literatura no 2D-SPP (CÔTÉ et al., 2014), 2D-SPP com corte guilhotinado (MRAD, 2015), 2D-SPP com rotações ortogonais (DELORME et al., 2017) e 2D-CSP com corte guilhotinado (CINTRA et al., 2008).

NGCUT é um conjunto proposto para 2D-KP (BEASLEY, 1985b). Ele possui resultados recentes para 2D-KP, 2D-SPP (CÔTÉ et al., 2014) e 2D-SPP com rotações ortogonais (DELORME et al., 2017).

As instâncias OF foram inicialmente elaboradas para 2D-KP com cortes guilhotinados (OLIVEIRA; FERREIRA, 1990) e foram resolvidas recentemente com o mesmo propósito (VELASCO; UCHOA, 2019; MARTIN et al., 2020).

Por fim, instâncias OKP foram criadas para 2D-KP (FEKETE; SCHEPERS, 1997) e já foram resolvidas para versões sem e com corte guilhotinado (FURINI et al., 2016).

Como são cinco critérios de ordenação (seção 3.1), com cada critério podendo ser crescente ou decrescente, quatro formas de criar regiões (seção 3.3) e 45 instâncias, tem-se o total de 1800 casos de teste. Além disso, para conseguir resultados mais fiéis, a média, mediana e desvio padrão foram calculados. Por isso, cada caso foi executado cinco vezes, totalizando 9000 execuções. Outros dados como a qualidade de solução (objetivo do trabalho), média de itens alocados e tempo, também foram computados. Todas as execuções foram feitas em um mesmo computador, com configurações conforme a Tabela 2.

Ao analisar a média, a mediana e o desvio padrão, observou-se que a média e mediana possuem valores quase idênticos, enquanto o desvio padrão é pequeno ao ponto de poder

¹ Disponível em: <https://site.unibo.it/operations-research/en/research/2dpacklib>. Acessado em: 11 de junho de 2023.

Tabela 2 – Configuração do computador de testes.

| | |
|--------|--------------------------|
| CPU | AMD Ryzen™ 5 3600X |
| RAM | 16 GiB |
| Python | 3.11.0 |
| SO | Linux Mint 21.1 Cinnamon |
| Kernel | 5.15 |

ser ignorado, indicando que cinco execuções por caso de teste são suficientes. Portanto, a mediana e desvio padrão serão omitidos no restante do trabalho, podendo ser encontrados na versão completa dos dados gerados no [Github](#)². No Apêndice A é possível ver uma versão resumida de todos os dados gerados (sem mediana e desvio padrão).

4.1 Ordenação crescente × decrescente

A primeira coisa a qual fica evidente com os resultados é a discrepância na qualidade de solução entre a ordenação crescente e a decrescente, algo já esperado. Na Tabela 3 é possível notar que ordenando de forma decrescente é possível ocupar cerca de 20% a mais do espaço (coluna “Qualidade %”), quando comparado a ordenação crescente.

Tabela 3 – Resultado da comparação entre Desc..

| Desc. | Wons | Draws | Quality % | Items % | Time (s) |
|-------|------|-------|-----------|---------|------------|
| T | 736 | 8 | 78.9136 | 46.3642 | 1.7798e+00 |
| F | 167 | 8 | 57.3060 | 47.6518 | 2.3715e+00 |

Fonte: autor

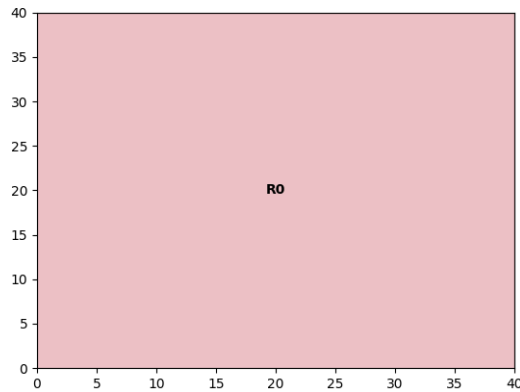
A coluna “Vitórias” indica quantas vezes tal método de solução obteve o melhor resultado em comparação com os demais métodos em outras linhas. Enquanto a coluna “Empates” mostra a quantidade de vezes que o método conseguiu a melhor qualidade, mas outros também conseguiram. Essas colunas foram feitas da seguinte forma: entre cada combinação de critério de ordenação, modo de criar regiões e instâncias, é feita a comparação se a qualidade de solução foi melhor para ordenação crescente ou decrescente. No caso de ambas conseguirem o melhor resultado, é acrescido 1 tanto na coluna “Vitórias”, quanto na “Empates” de ambas. Por fim, a coluna “Tempo (s)” mostra o tempo médio de execução do método em segundos.

Com isso, fica claro que ordenar a fila de entrada da *bottom-left* de modo decrescente é vantajoso em termos de qualidade, quantidade e tempo de execução. Isso se deve a como as regiões são criadas, as Figuras 17 a 20 serão utilizadas para exemplificar, elas representam estados do modelo usando ordenação crescente pela altura e linhas horizontais

² Disponível em: <https://github.com/G-Carneiro/packing-problem/>. Acessado em: 11 de junho de 2023.

para criação de regiões para a instância BKW01. A Figura 17 representa o estado inicial do algoritmo de solução, onde ainda não existem peças alocadas.

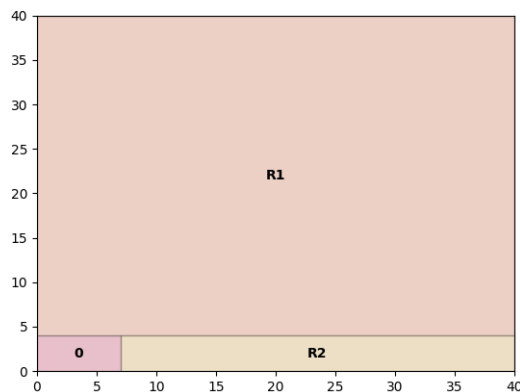
Figura 17 – Regiões criadas na ordenação crescente - estado inicial.



Fonte: feito pelo autor.

Ao posicionar uma peça, uma das regiões ficará com a mesma altura do item recém-posicionado (Figura 18), como a ordenação é crescente a próxima peça terá no mínimo a mesma altura, mas o provável é que seja mais alta, impossibilitando seu posicionamento nessa região.

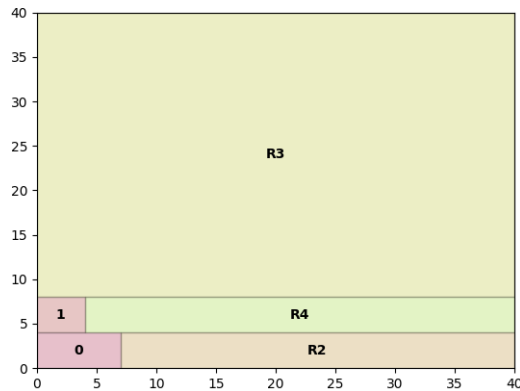
Figura 18 – Regiões criadas na ordenação crescente - estado 1.



Fonte: feito pelo autor.

O mesmo irá ocorrer para todos os itens seguintes (Figura 19), fazendo com que muitas regiões fiquem sem poder receber peças.

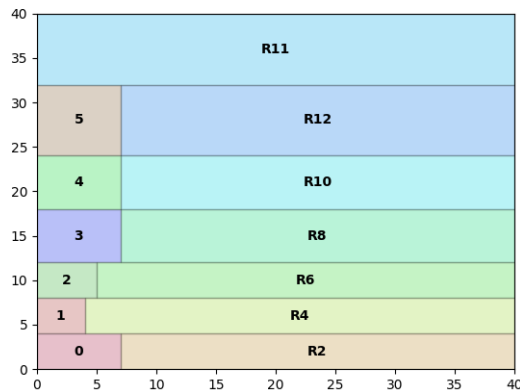
Figura 19 – Regiões criadas na ordenação crescente - estado 2.



Fonte: feito pelo autor.

A Figura 20 mostra o estado final do algoritmo de solução e grande parte do espaço ainda está livre. Na Tabela 11 do Apêndice A é possível ver que a qualidade de solução do modelo com essas combinações foi de 12.75%, enquanto ao utilizar ordenação decrescente foi possível encontrar uma solução de 100%. Algo semelhante ocorre com outros critérios de ordenação e criação de regiões.

Figura 20 – Regiões criadas na ordenação crescente - estado final.



Fonte: feito pelo autor.

4.2 Comparativo entre critérios de ordenação

Ao comparar os diferentes critérios de ordenação (Tabela 4), inicialmente algo parece errado, a ordenação por *id* (nenhuma ordenação) está com os melhores resultados qualitativos. Além disso, todos os critérios conseguiram praticamente a mesma qualidade média.

Tabela 4 – Resultado da comparação entre critérios de ordenação.

| Ordenação | Wons | Draws | Quality % | Items % | Time (s) |
|-----------|------|-------|-----------|---------|------------|
| A | 81 | 56 | 67.7915 | 46.2000 | 2.0726e+00 |
| P | 93 | 52 | 68.9870 | 46.1442 | 2.0366e+00 |
| H | 73 | 24 | 65.9848 | 45.7611 | 1.8254e+00 |
| W | 94 | 32 | 69.1286 | 48.0083 | 2.3444e+00 |
| I | 127 | 12 | 68.6572 | 48.9263 | 2.0995e+00 |

Fonte: autor

Como mencionado anteriormente (seção 4.1), ordenar a fila de forma crescente gera resultados ruins. Mas isso não ocorre quando o critério de ordenação é o *id*, porque nele tem-se peças sem seguirem alguma ordem. Com esse critério o impacto da escolha entre ordenação crescente ou decrescente é praticamente nulo. Por isso ele também se sai muito melhor que os demais na ordenação crescente, sendo o vitorioso na esmagadora maioria. Já as qualidades próximas se justificam nos critérios diferentes do *id* pois a discrepância entre ordenação crescente e decrescente é muito grande, mas ao tirar média isso acaba não ficando evidente.

A Tabela 5 mostra o mesmo comparativo que a Tabela 4, porém agora somente considerando a ordenação decrescente, já que não existem motivos para usar a crescente. Representando os dados dessa forma fica fácil identificar que utilizar algum critério de ordenação para a fila de entrada é vantajoso, pois ao usar o *id* os resultados foram os piores. Além disso, percebe-se que as ordenações por área e perímetro obtiveram os melhores resultados, ainda que os demais também sejam competitivos.

Tabela 5 – Resultado da comparação entre critérios de ordenação decrescente.

| Ordenação | Wons | Draws | Quality % | Items % | Time (s) |
|-----------|------|-------|-----------|---------|------------|
| A | 63 | 39 | 82.7353 | 44.0979 | 1.5874e+00 |
| P | 71 | 38 | 84.6986 | 44.8012 | 1.5769e+00 |
| H | 40 | 16 | 77.4182 | 46.3004 | 1.5655e+00 |
| W | 66 | 24 | 81.1899 | 47.6751 | 2.0805e+00 |
| I | 16 | 5 | 68.5261 | 48.9461 | 2.0889e+00 |

Fonte: autor

A alta competitividade entre os critérios de ordenação é interessante, pois a maioria dos trabalhos na literatura, como o de CHEN et al., usam somente ordenação pela área, e isso pode ser um forte indicativo que os demais critérios devem ser mais explorados em certas circunstâncias. Ao considerar somente a ordenação decrescente deixa claro que a alta quantidade vitórias do critério *id* na Tabela 4 realmente se deve a ordenação crescente.

4.3 Comparativo entre criação de regiões

O comparativo entre métodos de criação de regiões gerou resultados interessantes, na Tabela 6 ocorre algo semelhante ao da Tabela 4. Regiões criadas de modo a ser necessário verificar sobreposições obtiveram excelentes resultados qualitativos (última linha), pois são pouco afetadas pela ordenação crescente (seção 4.1), assim como o critério de ordenação por *id*, já que as regiões sempre possuem área máxima (seção 3.3).

Tabela 6 – Resultado da comparação entre criação de regiões.

| Região | Wons | Draws | Quality % | Items % | Time (s) |
|--------|------|-------|-----------|---------|------------|
| V | 155 | 102 | 65.0025 | 45.6288 | 2.4311e-03 |
| H | 122 | 101 | 63.0163 | 44.1025 | 7.2323e-03 |
| M | 189 | 158 | 69.5409 | 48.7214 | 1.3313e-02 |
| N | 334 | 195 | 75.0333 | 49.6378 | 8.4208e+00 |

Fonte: autor

Ao considerar somente a ordenação decrescente (Tabela 5), a diferença em relação aos demais métodos de criação diminui, ainda que o último modo permaneça sendo o melhor qualitativa e quantitativamente. Os modos criados traçando uma linha vertical ou horizontal apresentaram qualidades semelhantes e os menores tempos de execução, mas o método o qual traça uma linha vertical obteve mais vitórias. Regiões criadas para maximizar uma das mesmas conseguiram o segundo melhor resultado qualitativo e quantitativo, ao custo de um pequeno acréscimo no tempo de execução em relação aos dois primeiros. O último modo de fato conseguiu os melhores resultados, porém a um custo altíssimo, levando cerca de 1000 vezes mais tempo que métodos mais rápidos.

Tabela 7 – Resultado da comparação entre criação de regiões - ordenação decrescente.

| Região | Wons | Draws | Quality % | Items % | Time (s) |
|--------|------|-------|-----------|---------|------------|
| V | 98 | 79 | 76.4030 | 45.0191 | 2.7157e-03 |
| H | 70 | 60 | 75.9970 | 45.5439 | 6.2101e-03 |
| M | 104 | 89 | 79.7175 | 47.6795 | 1.3743e-02 |
| N | 176 | 119 | 83.6420 | 47.2335 | 7.2176e+00 |

Fonte: autor

A Tabela 8 traz um comparativo entre os dois tipos de criação de regiões, os que é preciso checar sobreposição e os que não (seção 3.3). Na primeira linha da tabela a coluna “Qualidade %” representa a média do melhor resultado obtido em cada instância e a coluna “Tempo Total (s)” mostra a soma dos tempos que cada método de solução levou para cada instância. As duas colunas consideram somente métodos de solução que usam regiões onde não são necessárias verificações de sobreposição, ou seja, são considerados 30 modos de solução. A segunda linha considera somente método de solução o qual utiliza ordenação decrescente pela área e criação de regiões onde é necessário verificar sobreposições, esse método foi escolhido para o comparativo por apresentar os melhores resultados quantitativos e ser o segundo melhor qualitativamente (seção 4.4).

Tabela 8 – Resultado da comparação entre tipos de regiões.

| Superposição | Qualidade % | Tempo Total (s) |
|--------------|-------------|-----------------|
| Não | 90.8278 | 1.6299e+01 |
| Sim | 87.2957 | 2.8313e+02 |

Fonte: autor

Com a Tabela 8 fica claro que, por mais que usar regiões onde é preciso checar sobreposições apresente o melhor resultado, é melhor executar todos demais métodos os quais não precisem e escolher somente o de melhor solução, pois assim é possível obter, na média, soluções de maior qualidade e ainda levando 10 vezes menos tempo.

4.4 Comparativo entre combinações

A Tabela 9 contém os resultados para cada um dos quarenta métodos de solução feitos. Com ela é possível identificar qual dos métodos apresenta melhores resultados qualitativos e quantitativos.

Dentre os métodos que usam regiões onde é preciso checar sobreposições, os mais interessantes são o de ordenação decrescente pela área (linha 30), pelo perímetro (linha 32) e pela largura (linha 36). Utilizando a área conseguiu-se o segundo melhor resultado quantitativo e também qualitativo. Com o perímetro foi possível atingir o terceiro maior número de vitórias e a melhor qualidade de solução. Por fim, a largura obteve o melhor resultado quantitativo e ficou em terceiro na qualidade de solução.

Nos métodos que usam regiões mais simples, os resultados foram bem variados nas combinações, dentre eles se destacam: regiões criadas usando linha vertical e ordenação pela largura (linha 6) e maximizar uma região e ordenar pela área (linha 20) ou pelo perímetro (linha 22). O método da linha 6 ficou em terceiro lugar no critério quantitativo (empate com a linha 32) e conseguiu a quinta posição na qualidade de solução. As linhas 20 e 22 tiveram a quarta maior quantidade de vitórias (empate também com a linha 2), já qualitativamente a linha 20 obteve a sexta melhor média nas soluções, enquanto a linha 22 conseguiu a quarta.

Ainda que os resultados dos métodos que usam regiões as quais calculam sobreposições sejam melhores, não compensa utilizá-los, como visto na seção 4.3.

4.5 Complexidade

As seções 4.3 e 4.4 deixaram claro que regiões onde a sobreposição pode ocorrer são mais custosas no tempo de execução. Isso acontece devido à complexidade do algoritmo de solução do modelo.

Tabela 9 – Resultado da comparação entre todos os métodos de solução.

| | Split | Order | Descending | Wons | Draws | Quality % | Items % | Time (s) |
|----|-------|-------|------------|------|-------|-----------|---------|------------|
| 0 | V | A | T | 6 | 6 | 78.9961 | 43.2429 | 3.0834e-03 |
| 1 | V | A | F | 0 | 0 | 50.9443 | 47.8026 | 2.4805e-03 |
| 2 | V | P | T | 7 | 6 | 82.6210 | 45.6727 | 2.3285e-03 |
| 3 | V | P | F | 0 | 0 | 51.2033 | 46.2057 | 2.1488e-03 |
| 4 | V | H | T | 4 | 4 | 70.7811 | 42.5165 | 2.5334e-03 |
| 5 | V | H | F | 0 | 0 | 55.2624 | 48.4624 | 2.0178e-03 |
| 6 | V | W | T | 9 | 8 | 84.5497 | 47.0580 | 2.4820e-03 |
| 7 | V | W | F | 0 | 0 | 47.9606 | 42.6878 | 1.6620e-03 |
| 8 | V | I | T | 1 | 1 | 65.0670 | 46.6058 | 3.1510e-03 |
| 9 | V | I | F | 1 | 1 | 62.6394 | 46.0333 | 2.4236e-03 |
| 10 | H | A | T | 5 | 5 | 81.5022 | 43.6548 | 5.9963e-03 |
| 11 | H | A | F | 1 | 1 | 44.9575 | 42.0545 | 8.8805e-03 |
| 12 | H | P | T | 4 | 3 | 82.6390 | 43.4046 | 4.7573e-03 |
| 13 | H | P | F | 0 | 0 | 45.0368 | 41.4449 | 8.5250e-03 |
| 14 | H | H | T | 4 | 4 | 79.2274 | 47.8350 | 6.1442e-03 |
| 15 | H | H | F | 2 | 2 | 43.4125 | 35.4793 | 7.7093e-03 |
| 16 | H | W | T | 4 | 4 | 74.9317 | 45.5948 | 7.6157e-03 |
| 17 | H | W | F | 0 | 0 | 51.7897 | 47.2147 | 1.0063e-02 |
| 18 | H | I | T | 1 | 1 | 61.6848 | 47.2300 | 6.5370e-03 |
| 19 | H | I | F | 2 | 2 | 64.9816 | 47.1122 | 6.0956e-03 |
| 20 | M | A | T | 7 | 7 | 83.2483 | 45.6017 | 1.3233e-02 |
| 21 | M | A | F | 2 | 2 | 53.1636 | 50.7883 | 1.7284e-02 |
| 22 | M | P | T | 7 | 6 | 85.8682 | 46.3078 | 1.2944e-02 |
| 23 | M | P | F | 1 | 1 | 53.7023 | 49.7762 | 1.7675e-02 |
| 24 | M | H | T | 4 | 4 | 78.5353 | 47.1767 | 1.3269e-02 |
| 25 | M | H | F | 2 | 2 | 54.8203 | 45.9835 | 1.0842e-02 |
| 26 | M | W | T | 5 | 5 | 79.4570 | 48.8029 | 1.4847e-02 |
| 27 | M | W | F | 0 | 0 | 62.4641 | 51.3552 | 4.0100e-03 |
| 28 | M | I | T | 2 | 2 | 71.4787 | 50.5082 | 1.4421e-02 |
| 29 | M | I | F | 2 | 2 | 72.6713 | 50.9134 | 1.4607e-02 |
| 30 | N | A | T | 13 | 11 | 87.2957 | 43.8875 | 6.4349e+00 |
| 31 | N | A | F | 0 | 0 | 62.5408 | 52.6598 | 1.0376e+01 |
| 32 | N | P | T | 9 | 6 | 87.7336 | 43.7974 | 6.3945e+00 |
| 33 | N | P | F | 0 | 0 | 63.3835 | 52.6368 | 1.0127e+01 |
| 34 | N | H | T | 6 | 5 | 81.2132 | 47.7048 | 6.3465e+00 |
| 35 | N | H | F | 2 | 2 | 64.9412 | 51.0923 | 8.4619e+00 |
| 36 | N | W | T | 16 | 10 | 85.9266 | 49.2806 | 8.4384e+00 |
| 37 | N | W | F | 0 | 0 | 66.2589 | 52.1936 | 1.0595e+01 |
| 38 | N | I | T | 5 | 3 | 76.0408 | 51.4971 | 8.4736e+00 |
| 39 | N | I | F | 4 | 4 | 74.9990 | 51.6276 | 8.5603e+00 |

Fonte: autor

Em regiões simples, onde não podem acontecer sobreposições, é necessário verificar se o item a ser alocado cabe em uma região. No pior caso todas as peças só conseguiriam ser alocadas na última região checada. É possível descobrir o número máximo de regiões disponíveis no momento de alocação do item i da fila.

Para o primeiro item, existe somente uma região, o próprio espaço. Após alocar o primeiro item, tem-se duas regiões disponíveis para posicionar o segundo. Ao posicionar uma peça o número de regiões é acrescido em um. Com isso, é possível afirmar que para alocar o item i será preciso verificar no máximo i regiões. Somando o máximo de regiões

para cada item chega-se no número máximo de regiões a serem verificadas no pior caso. Considerando n itens, tem-se a Equação 1.

$$\sum_{i=1}^n i \quad (1)$$

Como a soma de 1 até n pode ser reescrita utilizando a Equação 2 (MERCA, 2015), tem-se que o número máximo de regiões a serem verificadas para solucionar o modelo é $\frac{n^2+n}{2}$.

$$\sum_{k=1}^n k = \frac{n(n+1)}{2} \quad (2)$$

Para regiões complexas, além desse número de regiões, ainda é necessário verificar sobreposições. No pior caso, ao alocar o item i , para cada região será preciso verificar sobreposições com todos os itens $i-1$ (Equação 3).

$$\sum_{i=1}^n i(i-1) \quad (3)$$

Usando a Fórmula de Faulhaber (MERCA, 2015) é possível reescrever a soma dos quadrados dos n primeiros números inteiros como mostra a Equação 4.

$$\sum_{k=1}^n k^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \quad (4)$$

Assim, ao reescrever a Equação 3 utilizando as Equações 2 e 4, tem-se que, no pior caso, será necessário verificar se existe sobreposição entre peças $\frac{n^3-n}{3}$ vezes. Para $n = 3152$, seriam quase cinco milhões de regiões e mais 10 bilhões de sobreposições a serem checadas, explicando o tempo elevado ao executar um método de solução utilizando regiões complexas.

4.6 Conjuntos de instâncias

A Tabela 10 considera os melhores resultados para cada conjunto de instância. As colunas “Qualidade %” e “Itens %” representam, respectivamente, a média percentual da qualidade de solução e itens alocados no melhor resultado de cada instância, considerando apenas os métodos que utilizam regiões simples. Já a coluna “Tempo Total (s)” traz o tempo total, em segundos, de execução para todos os métodos em todas as instâncias do conjunto.

É possível notar que foi possível atingir ótimos resultados em um baixo período. No conjunto BKW, o qual é possível alocar todos os itens, levou mais tempo que os demais, pois possui a maior quantidade de instâncias e algumas com várias peças. Os conjuntos OF e OKP possuem poucas instâncias e, por isso, tiveram pouco tempo de execução.

Tabela 10 – Resultados para os conjuntos de instância.

| Conjunto | Qualidade % | Itens % | Tempo Total (s) |
|----------|-------------|---------|-----------------|
| BKW | 94.4783 | 85.7782 | 1.2688e+01 |
| GCUT | 84.6060 | 20.0994 | 2.0189e-01 |
| NGCUT | 88.2085 | 35.0307 | 8.1531e-01 |
| OF | 92.0714 | 34.0580 | 1.0821e-02 |
| OKP | 93.9360 | 22.8232 | 1.1026e-01 |

Fonte: autor

De forma geral, todos os conjuntos conseguiram uma excelente qualidade média, sendo o GCUT e NGCUT os únicos a ficarem abaixo de 90%.

Conclusão

Trabalhos futuros

Referências

- ARENALES, Marcos et al. **Pesquisa Operacional**. [S.l.]: Elsevier, 2007.
- BAKER, Brenda S; COFFMAN JR, E G; RIVEST, Ronald L. Orthogonal Packings in Two Dimensions. **SIAM Journal on Computing**, Society for Industrial e Applied Mathematics, v. 9, n. 4, p. 846, 1980.
- BARTMEYER, Petra Maria et al. Aprendizado por reforço aplicado ao problema de empacotamento de peças irregulares em faixas. **Anais**, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/directbitstream/455094df-864a-4fad-8a97-c5f59fd3d6ca/3051981.pdf>>.
- BEASLEY, J E. Algorithms for unconstrained two-dimensional guillotine cutting. **Journal of the Operational Research Society**, Taylor & Francis, v. 36, n. 4, p. 297–306, 1985.
- _____. An Exact Two-Dimensional Non-Guillotine Cutting Tree Search Procedure. **Operations Research**, v. 33, n. 1, 1985.
- BELLUZZO, Luciano; MORABITO, Reinaldo. Otimização nos padrões de corte de chapas de fibra de madeira reconstituída: um estudo de caso. **Pesquisa Operacional**, SciELO Brasil, v. 25, p. 391–415, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pope/a/tTXXckvGTHbDfZQkmzCqdkp>>.
- BURKE, E K; KENDALL, G; WHITWELL, G. A new placement heuristic for the orthogonal stock-cutting problem. **Operations Research**, INFORMS, v. 52, n. 4, p. 655–671, 2004.
- CASTELLUCCI, Pedro Belin. **Consolidation problems in freight transportation systems: mathematical models and algorithms**. 2019. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/90e7/bd898951e1350c2694478b63fbcde508e189.pdf>>.
- CAVALI, Roberto. Problemas de corte e empacotamento na indústria de Móveis: um estudo de caso. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2004. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94286/cavali_r_me_sjrp.pdf>.
- CHEHRAZAD, Sahar; ROOSE, Dirk; WAUTERS, Tony. A fast and scalable bottom-left-fill algorithm to solve nesting problems using a semi-discrete representation. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 300, n. 3, p. 809–826, 2022.

- CHEN, Mao et al. An efficient deterministic heuristic algorithm for the rectangular packing problem. **Computers & Industrial Engineering**, Elsevier, v. 137, p. 106097, 2019.
- CINTRA, G F et al. Algorithms for two-dimensional cutting stock and strip packing problems using dynamic programming and column generation q. **European Journal of Operational Research**, v. 191, p. 61–85, 2008.
- CÔTÉ, Jean-François; DELL’AMICO, Mauro; IORI, Manuel. Combinatorial Benders’ cuts for the strip packing problem. **Operations Research**, INFORMS, v. 62, n. 3, p. 643–661, 2014.
- DELORME, Maxence; IORI, Manuel; MARTELLO, Silvano. Bin packing and cutting stock problems: Mathematical models and exact algorithms. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 255, n. 1, p. 1–20, 2016.
- _____. Logic based Benders’ decomposition for orthogonal stock cutting problems. **Computers & Operations Research**, Elsevier, v. 78, p. 290–298, 2017.
- DYCKHOFF, Harald. A typology of cutting and packing problems. **European journal of operational research**, Elsevier, v. 44, n. 2, p. 145–159, 1990.
- FEKETE, Sándor P; SCHEPERS, Jörg. A new exact algorithm for general orthogonal d-dimensional knapsack problems. In: SPRINGER. ALGORITHMS—ESA’97: 5th Annual European Symposium Graz, Austria, September 15–17, 1997 Proceedings 5. [S.l.: s.n.], 1997. P. 144–156.
- FIRAT, Hüseyin; ALPASLAN, Nuh. An effective approach to the two-dimensional rectangular packing problem in the manufacturing industry. **Computers & Industrial Engineering**, Elsevier, v. 148, p. 106687, 2020.
- FURINI, Fabio; MALAGUTI, Enrico; THOMOPULOS, Dimitri. Modeling two-dimensional guillotine cutting problems via integer programming. **INFORMS Journal on Computing**, INFORMS, v. 28, n. 4, p. 736–751, 2016.
- HILLIER, Frederick S. Introduction to operations research, 1967.
- HOPPER, E B C H; TURTON, Brian C H. An empirical investigation of meta-heuristic and heuristic algorithms for a 2D packing problem. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 128, n. 1, p. 34–57, 2001.
- HOPPER, Eva; TURTON, Brian CH. A review of the application of meta-heuristic algorithms to 2D strip packing problems. **Artificial Intelligence Review**, Springer, v. 16, p. 257–300, 2001.
- HUANG, Wenqi; CHEN, Duanbing. An efficient heuristic algorithm for rectangle-packing problem. **Simulation Modelling Practice and Theory**, Elsevier, v. 15, n. 10, p. 1356–1365, 2007.

- IORI, Manuel; DE LIMA, Vinícius L. et al. Exact solution techniques for two-dimensional cutting and packing. **European Journal of Operational Research**, v. 289, n. 2, p. 399–415, 2021. ISSN 0377-2217. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.06.050>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221720306111>.
- IORI, Manuel; LIMA, Vinícius Loti de et al. 2DPackLib: a two-dimensional cutting and packing library. **Optimization Letters**, Springer, v. 16, n. 2, p. 471–480, 2022.
- KENMOCHI, Mitsutoshi et al. Exact algorithms for the two-dimensional strip packing problem with and without rotations. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 198, n. 1, p. 73–83, 2009.
- MARTIN, Mateus et al. Models for the two-dimensional rectangular single large placement problem with guillotine cuts and constrained pattern. **International Transactions in Operational Research**, Wiley Online Library, v. 27, n. 2, p. 767–793, 2020.
- MERCA, Mircea. An alternative to Faulhaber’s formula. **The American Mathematical Monthly**, Taylor & Francis, v. 122, n. 6, p. 599–601, 2015.
- MICHALEWICZ, Zbigniew; FOGEL, David B. **How to solve it: modern heuristics**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2013.
- MORABITO NETO, Reinaldo; WIDMER, Joao Alexandre. **Abordagem em grafo-e-ou para o problema do empacotamento: aplicacao ao carregamento de paletes e containeres**. 1992. Tese (Doutorado). Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000734666>.
- MRAD, Mehdi. An arc flow-based optimization approach for the two-stage guillotine strip cutting problem. **Journal of the Operational Research Society**, Taylor & Francis, v. 66, n. 11, p. 1850–1859, 2015.
- OLIVEIRA, Jose Fernando; FERREIRA, Jose Soeiro. An improved version of Wang’s algorithm for two-dimensional cutting problems. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 44, n. 2, p. 256–266, 1990.
- QUEIROZ, Layane Rodrigues de Souza. **Estudo de problemas de corte de itens irregulares com incertezas**. 2022. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-10032022-110656/en.php>.
- RAKOTONIRAINY, Rosephine G; VUUREN, Jan H van. Improved metaheuristics for the two-dimensional strip packing problem. **Applied Soft Computing**, Elsevier, v. 92, p. 106268, 2020.

- SILVA, Lorrany Cristina da; QUEIROZ, Thiago Alves de; TOLEDO, Franklina Maria Bragion de. Integer formulations for the integrated vehicle routing problem with two-dimensional packing constraints. **Pesquisa Operacional**, SciELO Brasil, v. 42, 2022.
- VELASCO, André Soares; UCHOA, Eduardo. Improved state space relaxation for constrained two-dimensional guillotine cutting problems. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 272, n. 1, p. 106–120, 2019.
- WÄSCHER, Gerhard; HAUSSNER, Heike; SCHUMANN, Holger. An improved typology of cutting and packing problems. **European journal of operational research**, Elsevier, v. 183, n. 3, p. 1109–1130, 2007.
- WEI, Lijun et al. A skyline heuristic for the 2D rectangular packing and strip packing problems. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 215, n. 2, p. 337–346, 2011.
- WOLSEY, Laurence A. **Integer programming**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2020.

APÊNDICE A – Resultados das instâncias

Tabela 11 – Resultados da instância BKW01.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| BKW01 | V | A | T | 100 | 7.48158e-05 | 100 |
| BKW01 | V | A | F | 60 | 8.36372e-05 | 90 |
| BKW01 | V | P | T | 100 | 7.13348e-05 | 100 |
| BKW01 | V | P | F | 60 | 8.48293e-05 | 90 |
| BKW01 | V | H | T | 60 | 9.05037e-05 | 90 |
| BKW01 | V | H | F | 24 | 8.14438e-05 | 80 |
| BKW01 | V | W | T | 100 | 6.16074e-05 | 100 |
| BKW01 | V | W | F | 60 | 8.61168e-05 | 90 |
| BKW01 | V | I | T | 60 | 0.000102329 | 90 |
| BKW01 | V | I | F | 60 | 0.000102139 | 90 |
| BKW01 | H | A | T | 100 | 6.52313e-05 | 100 |
| BKW01 | H | A | F | 12.75 | 7.05242e-05 | 60 |
| BKW01 | H | P | T | 100 | 6.44207e-05 | 100 |
| BKW01 | H | P | F | 12.75 | 7.04288e-05 | 60 |
| BKW01 | H | H | T | 100 | 6.99997e-05 | 100 |
| BKW01 | H | H | F | 12.75 | 7.07626e-05 | 60 |
| BKW01 | H | W | T | 88.75 | 7.04288e-05 | 80 |
| BKW01 | H | W | F | 24 | 8.95977e-05 | 80 |
| BKW01 | H | I | T | 17.75 | 8.05855e-05 | 70 |
| BKW01 | H | I | F | 52.75 | 7.1764e-05 | 70 |
| BKW01 | M | A | T | 100 | 0.000155687 | 100 |
| BKW01 | M | A | F | 60 | 0.000189352 | 90 |
| BKW01 | M | P | T | 100 | 0.000154638 | 100 |
| BKW01 | M | P | F | 60 | 0.00019536 | 90 |
| BKW01 | M | H | T | 98.75 | 0.000157166 | 90 |
| BKW01 | M | H | F | 60 | 0.000189638 | 90 |
| BKW01 | M | W | T | 88.75 | 0.000140667 | 80 |
| BKW01 | M | W | F | 60 | 0.000184679 | 90 |
| BKW01 | M | I | T | 60 | 0.000184488 | 90 |
| BKW01 | M | I | F | 52.75 | 0.000230074 | 70 |
| BKW01 | N | A | T | 100 | 0.00164299 | 100 |
| BKW01 | N | A | F | 60 | 0.0016438 | 90 |
| BKW01 | N | P | T | 100 | 0.00162854 | 100 |
| BKW01 | N | P | F | 60 | 0.0016748 | 90 |
| BKW01 | N | H | T | 60 | 0.00129995 | 90 |
| BKW01 | N | H | F | 60 | 0.00190244 | 90 |
| BKW01 | N | W | T | 100 | 0.0020637 | 100 |
| BKW01 | N | W | F | 60 | 0.00180497 | 90 |
| BKW01 | N | I | T | 60 | 0.00167823 | 90 |
| BKW01 | N | I | F | 52.75 | 0.000847721 | 70 |

Fonte: autor

Tabela 12 – Resultados da instância BKW02.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| BKW02 | V | A | T | 61 | 0.000150204 | 70 |
| BKW02 | V | A | F | 29.1333 | 0.000172043 | 60 |
| BKW02 | V | P | T | 63.4 | 0.000176191 | 75 |
| BKW02 | V | P | F | 29.1333 | 0.000126314 | 60 |
| BKW02 | V | H | T | 57.2667 | 0.000154543 | 65 |
| BKW02 | V | H | F | 34.2 | 0.00014596 | 65 |
| BKW02 | V | W | T | 81.0667 | 0.000174713 | 90 |
| BKW02 | V | W | F | 26.7333 | 0.000114441 | 55 |
| BKW02 | V | I | T | 40.7333 | 0.000146866 | 65 |
| BKW02 | V | I | F | 57.4667 | 0.000182724 | 60 |
| BKW02 | H | A | T | 82.6667 | 0.000167894 | 65 |
| BKW02 | H | A | F | 40.1333 | 0.000172758 | 70 |
| BKW02 | H | P | T | 82.6667 | 0.000169897 | 65 |
| BKW02 | H | P | F | 49.3333 | 0.000175238 | 75 |
| BKW02 | H | H | T | 82.5333 | 0.00019927 | 80 |
| BKW02 | H | H | F | 47.4667 | 0.000169945 | 70 |
| BKW02 | H | W | T | 73.4 | 0.000184059 | 85 |
| BKW02 | H | W | F | 60.2 | 0.000254059 | 85 |
| BKW02 | H | I | T | 50.4 | 0.000168943 | 75 |
| BKW02 | H | I | F | 78.5333 | 0.000185442 | 80 |
| BKW02 | M | A | T | 71.9333 | 0.000417852 | 85 |
| BKW02 | M | A | F | 43.8667 | 0.000322151 | 75 |
| BKW02 | M | P | T | 71.9333 | 0.00037384 | 85 |
| BKW02 | M | P | F | 60.2 | 0.000353718 | 85 |
| BKW02 | M | H | T | 68.2 | 0.000350428 | 80 |
| BKW02 | M | H | F | 49.3333 | 0.000337648 | 75 |
| BKW02 | M | W | T | 79.4667 | 0.000356483 | 90 |
| BKW02 | M | W | F | 55.2667 | 0.000311279 | 75 |
| BKW02 | M | I | T | 54.1333 | 0.000328588 | 80 |
| BKW02 | M | I | F | 76.8 | 0.000387478 | 85 |
| BKW02 | N | A | T | 85.8667 | 0.00555429 | 70 |
| BKW02 | N | A | F | 43.5333 | 0.0119086 | 75 |
| BKW02 | N | P | T | 89.8667 | 0.00630503 | 80 |
| BKW02 | N | P | F | 49.9333 | 0.0107538 | 80 |
| BKW02 | N | H | T | 82 | 0.00732751 | 85 |
| BKW02 | N | H | F | 59.1333 | 0.0150655 | 85 |
| BKW02 | N | W | T | 96.5333 | 0.0157199 | 90 |
| BKW02 | N | W | F | 65.5333 | 0.0182476 | 80 |
| BKW02 | N | I | T | 64.3333 | 0.0130246 | 85 |
| BKW02 | N | I | F | 76.8 | 0.00792232 | 85 |

Fonte: autor

Tabela 13 – Resultados da instância BKW03.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| BKW03 | V | A | T | 84.1333 | 0.00022397 | 76.6667 |
| BKW03 | V | A | F | 52 | 0.000246668 | 80 |
| BKW03 | V | P | T | 80.1333 | 0.000243568 | 73.3333 |
| BKW03 | V | P | F | 52 | 0.000219727 | 80 |
| BKW03 | V | H | T | 75.4667 | 0.000232983 | 73.3333 |
| BKW03 | V | H | F | 55.3333 | 0.000254726 | 83.3333 |
| BKW03 | V | W | T | 88.6 | 0.000239754 | 80 |
| BKW03 | V | W | F | 52 | 0.000226974 | 80 |
| BKW03 | V | I | T | 65.9333 | 0.000240564 | 83.3333 |
| BKW03 | V | I | F | 66.4 | 0.000255013 | 83.3333 |
| BKW03 | H | A | T | 88.8 | 0.000307989 | 76.6667 |
| BKW03 | H | A | F | 20.2 | 0.000233841 | 56.6667 |
| BKW03 | H | P | T | 93 | 0.000295782 | 90 |
| BKW03 | H | P | F | 20.2 | 0.00022769 | 56.6667 |
| BKW03 | H | H | T | 83.0667 | 0.000340605 | 83.3333 |
| BKW03 | H | H | F | 20.2 | 0.00024662 | 56.6667 |
| BKW03 | H | W | T | 58.1333 | 0.000286531 | 80 |
| BKW03 | H | W | F | 39.6667 | 0.000308084 | 76.6667 |
| BKW03 | H | I | T | 67.1333 | 0.000327921 | 86.6667 |
| BKW03 | H | I | F | 33.8667 | 0.000428295 | 66.6667 |
| BKW03 | M | A | T | 92.4 | 0.00055542 | 83.3333 |
| BKW03 | M | A | F | 35.0667 | 0.000502348 | 73.3333 |
| BKW03 | M | P | T | 92.6667 | 0.000584841 | 93.3333 |
| BKW03 | M | P | F | 38.1333 | 0.00048871 | 73.3333 |
| BKW03 | M | H | T | 90.4 | 0.000539398 | 83.3333 |
| BKW03 | M | H | F | 38.1333 | 0.000535774 | 73.3333 |
| BKW03 | M | W | T | 78.3333 | 0.000645876 | 93.3333 |
| BKW03 | M | W | F | 55.3333 | 0.000518656 | 83.3333 |
| BKW03 | M | I | T | 72.8667 | 0.000607824 | 90 |
| BKW03 | M | I | F | 62.9333 | 0.00059104 | 90 |
| BKW03 | N | A | T | 93.8 | 0.0295979 | 90 |
| BKW03 | N | A | F | 58.3333 | 0.0512242 | 86.6667 |
| BKW03 | N | P | T | 92.6667 | 0.030483 | 93.3333 |
| BKW03 | N | P | F | 55.7333 | 0.0457568 | 86.6667 |
| BKW03 | N | H | T | 89.7333 | 0.0259913 | 83.3333 |
| BKW03 | N | H | F | 51.4667 | 0.0534011 | 80 |
| BKW03 | N | W | T | 93.8 | 0.0514221 | 86.6667 |
| BKW03 | N | W | F | 71.6 | 0.0559319 | 93.3333 |
| BKW03 | N | I | T | 78.9333 | 0.0521503 | 93.3333 |
| BKW03 | N | I | F | 80 | 0.0343661 | 93.3333 |

Fonte: autor

Tabela 14 – Resultados da instância BKW04.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| BKW04 | V | A | T | 91.0781 | 0.000413847 | 85 |
| BKW04 | V | A | F | 46.2812 | 0.000360441 | 92.5 |
| BKW04 | V | P | T | 93.4062 | 0.000411132 | 90 |
| BKW04 | V | P | F | 44.4688 | 0.000353956 | 90 |
| BKW04 | V | H | T | 88.4375 | 0.000381422 | 80 |
| BKW04 | V | H | F | 48.2812 | 0.000416327 | 95 |
| BKW04 | V | W | T | 94.5 | 0.000481224 | 87.5 |
| BKW04 | V | W | F | 42.2812 | 0.000336885 | 87.5 |
| BKW04 | V | I | T | 46.2812 | 0.000394678 | 92.5 |
| BKW04 | V | I | F | 81.5938 | 0.000416422 | 85 |
| BKW04 | H | A | T | 87.3125 | 0.000555563 | 85 |
| BKW04 | H | A | F | 18.6875 | 0.000481176 | 70 |
| BKW04 | H | P | T | 85.7812 | 0.000363636 | 77.5 |
| BKW04 | H | P | F | 17.5625 | 0.000398636 | 65 |
| BKW04 | H | H | T | 74.6094 | 0.000433826 | 90 |
| BKW04 | H | H | F | 17.5625 | 0.000416327 | 65 |
| BKW04 | H | W | T | 75.6406 | 0.00042057 | 85 |
| BKW04 | H | W | F | 18.6875 | 0.000400496 | 70 |
| BKW04 | H | I | T | 33.8594 | 0.000436449 | 85 |
| BKW04 | H | I | F | 62.7656 | 0.000449085 | 85 |
| BKW04 | M | A | T | 86.5 | 0.000859547 | 90 |
| BKW04 | M | A | F | 38.5938 | 0.00074091 | 90 |
| BKW04 | M | P | T | 88.125 | 0.000876093 | 92.5 |
| BKW04 | M | P | F | 38.5938 | 0.00076685 | 90 |
| BKW04 | M | H | T | 92.7969 | 0.000802946 | 90 |
| BKW04 | M | H | F | 49.3125 | 0.000779629 | 90 |
| BKW04 | M | W | T | 90.3125 | 0.000989199 | 95 |
| BKW04 | M | W | F | 48.2812 | 0.000853062 | 95 |
| BKW04 | M | I | T | 61.6719 | 0.000852537 | 95 |
| BKW04 | M | I | F | 85.5312 | 0.00112362 | 92.5 |
| BKW04 | N | A | T | 96.1875 | 0.0452466 | 82.5 |
| BKW04 | N | A | F | 44.6719 | 0.114416 | 87.5 |
| BKW04 | N | P | T | 95.0625 | 0.0556697 | 75 |
| BKW04 | N | P | F | 48.2812 | 0.13407 | 95 |
| BKW04 | N | H | T | 94 | 0.0527213 | 92.5 |
| BKW04 | N | H | F | 58.1562 | 0.103932 | 95 |
| BKW04 | N | W | T | 93.875 | 0.118128 | 95 |
| BKW04 | N | W | F | 63.7812 | 0.154315 | 97.5 |
| BKW04 | N | I | T | 48.2812 | 0.0522459 | 95 |
| BKW04 | N | I | F | 88.7656 | 0.0849498 | 92.5 |

Fonte: autor

Tabela 15 – Resultados da instância BKW05.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| BKW05 | V | A | T | 64.92 | 0.000527477 | 78 |
| BKW05 | V | A | F | 22.27 | 0.000319004 | 58 |
| BKW05 | V | P | T | 74.01 | 0.000802994 | 82 |
| BKW05 | V | P | F | 22.27 | 0.000321579 | 58 |
| BKW05 | V | H | T | 55.1 | 0.000506878 | 64 |
| BKW05 | V | H | F | 30.83 | 0.000480604 | 68 |
| BKW05 | V | W | T | 87.05 | 0.000541592 | 82 |
| BKW05 | V | W | F | 22.27 | 0.000311232 | 58 |
| BKW05 | V | I | T | 27.35 | 0.000434113 | 64 |
| BKW05 | V | I | F | 43.14 | 0.000555038 | 72 |
| BKW05 | H | A | T | 90.47 | 0.000494432 | 70 |
| BKW05 | H | A | F | 41.1 | 0.000545502 | 78 |
| BKW05 | H | P | T | 90.88 | 0.000556231 | 80 |
| BKW05 | H | P | F | 41.1 | 0.000615215 | 78 |
| BKW05 | H | H | T | 77.42 | 0.000626516 | 84 |
| BKW05 | H | H | F | 25.08 | 0.000349712 | 46 |
| BKW05 | H | W | T | 83.96 | 0.000549936 | 78 |
| BKW05 | H | W | F | 42.81 | 0.000680637 | 80 |
| BKW05 | H | I | T | 55.29 | 0.00059762 | 74 |
| BKW05 | H | I | F | 77.5 | 0.000579786 | 86 |
| BKW05 | M | A | T | 92.14 | 0.00120373 | 84 |
| BKW05 | M | A | F | 50.92 | 0.00105114 | 86 |
| BKW05 | M | P | T | 93.2 | 0.00120549 | 90 |
| BKW05 | M | P | F | 50.92 | 0.00105896 | 86 |
| BKW05 | M | H | T | 80.48 | 0.00121603 | 90 |
| BKW05 | M | H | F | 44.77 | 0.0010118 | 74 |
| BKW05 | M | W | T | 89.7 | 0.00106049 | 84 |
| BKW05 | M | W | F | 52.92 | 0.00132608 | 86 |
| BKW05 | M | I | T | 62.75 | 0.00107346 | 92 |
| BKW05 | M | I | F | 88.04 | 0.00100088 | 92 |
| BKW05 | N | A | T | 92.05 | 0.177481 | 76 |
| BKW05 | N | A | F | 62.75 | 0.247756 | 92 |
| BKW05 | N | P | T | 93.13 | 0.19128 | 72 |
| BKW05 | N | P | F | 67.88 | 0.276854 | 94 |
| BKW05 | N | H | T | 80.48 | 0.201295 | 90 |
| BKW05 | N | H | F | 62.59 | 0.288999 | 92 |
| BKW05 | N | W | T | 93.56 | 0.193728 | 76 |
| BKW05 | N | W | F | 59.57 | 0.282892 | 90 |
| BKW05 | N | I | T | 67.88 | 0.236274 | 94 |
| BKW05 | N | I | F | 88.04 | 0.156715 | 92 |

Fonte: autor

Tabela 16 – Resultados da instância BKW06.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| BKW06 | V | A | T | 70.02 | 0.000650406 | 80 |
| BKW06 | V | A | F | 33.86 | 0.0004498 | 85 |
| BKW06 | V | P | T | 70.58 | 0.00070281 | 90 |
| BKW06 | V | P | F | 33.86 | 0.000442982 | 85 |
| BKW06 | V | H | T | 69.38 | 0.000612926 | 86.6667 |
| BKW06 | V | H | F | 33.86 | 0.000483036 | 85 |
| BKW06 | V | W | T | 86.9 | 0.00051322 | 56.6667 |
| BKW06 | V | W | F | 32.42 | 0.000423574 | 83.3333 |
| BKW06 | V | I | T | 45.26 | 0.00053544 | 88.3333 |
| BKW06 | V | I | F | 56.18 | 0.000540924 | 88.3333 |
| BKW06 | H | A | T | 95.74 | 0.000592041 | 81.6667 |
| BKW06 | H | A | F | 13.24 | 0.000617027 | 61.6667 |
| BKW06 | H | P | T | 96.06 | 0.000646353 | 88.3333 |
| BKW06 | H | P | F | 13.24 | 0.000627041 | 61.6667 |
| BKW06 | H | H | T | 81.6 | 0.000984097 | 93.3333 |
| BKW06 | H | H | F | 22.88 | 0.000653267 | 65 |
| BKW06 | H | W | T | 88.02 | 0.00074892 | 86.6667 |
| BKW06 | H | W | F | 22.46 | 0.000773478 | 76.6667 |
| BKW06 | H | I | T | 45.14 | 0.000752449 | 83.3333 |
| BKW06 | H | I | F | 48.32 | 0.000733852 | 81.6667 |
| BKW06 | M | A | T | 95.92 | 0.0012887 | 85 |
| BKW06 | M | A | F | 35.78 | 0.00118899 | 86.6667 |
| BKW06 | M | P | T | 95.34 | 0.00121427 | 85 |
| BKW06 | M | P | F | 35.78 | 0.00126514 | 86.6667 |
| BKW06 | M | H | T | 72.5 | 0.0014461 | 91.6667 |
| BKW06 | M | H | F | 28.52 | 0.00129929 | 80 |
| BKW06 | M | W | T | 92.76 | 0.00141101 | 91.6667 |
| BKW06 | M | W | F | 42.5 | 0.00121622 | 88.3333 |
| BKW06 | M | I | T | 77.4 | 0.00141392 | 95 |
| BKW06 | M | I | F | 72.5 | 0.00142927 | 91.6667 |
| BKW06 | N | A | T | 96.94 | 0.161368 | 78.3333 |
| BKW06 | N | A | F | 56.9 | 0.386329 | 90 |
| BKW06 | N | P | T | 97.38 | 0.181329 | 81.6667 |
| BKW06 | N | P | F | 60 | 0.400375 | 91.6667 |
| BKW06 | N | H | T | 72.5 | 0.168962 | 91.6667 |
| BKW06 | N | H | F | 57.88 | 0.367675 | 91.6667 |
| BKW06 | N | W | T | 98.14 | 0.360116 | 95 |
| BKW06 | N | W | F | 42.5 | 0.410012 | 88.3333 |
| BKW06 | N | I | T | 63 | 0.294715 | 93.3333 |
| BKW06 | N | I | F | 72.5 | 0.244765 | 91.6667 |

Fonte: autor

Tabela 17 – Resultados da instância BKW07.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| BKW07 | V | A | T | 78.8 | 0.000760746 | 84.2857 |
| BKW07 | V | A | F | 41.5375 | 0.000629044 | 85.7143 |
| BKW07 | V | P | T | 75.775 | 0.000708008 | 84.2857 |
| BKW07 | V | P | F | 40.6375 | 0.000621176 | 84.2857 |
| BKW07 | V | H | T | 67.8 | 0.000747824 | 81.4286 |
| BKW07 | V | H | F | 42.0875 | 0.000708628 | 87.1429 |
| BKW07 | V | W | T | 91.6625 | 0.000865507 | 95.7143 |
| BKW07 | V | W | F | 38.725 | 0.000543356 | 80 |
| BKW07 | V | I | T | 66.6 | 0.000843382 | 88.5714 |
| BKW07 | V | I | F | 46.725 | 0.000789738 | 84.2857 |
| BKW07 | H | A | T | 74.0125 | 0.00088582 | 85.7143 |
| BKW07 | H | A | F | 8.725 | 0.000820494 | 62.8571 |
| BKW07 | H | P | T | 83.775 | 0.000965977 | 88.5714 |
| BKW07 | H | P | F | 11.525 | 0.000853729 | 67.1429 |
| BKW07 | H | H | T | 86.1 | 0.000823164 | 95.7143 |
| BKW07 | H | H | F | 6.75 | 0.00078702 | 58.5714 |
| BKW07 | H | W | T | 46.675 | 0.000730562 | 78.5714 |
| BKW07 | H | W | F | 26.7375 | 0.000958061 | 80 |
| BKW07 | H | I | T | 46.825 | 0.000719404 | 78.5714 |
| BKW07 | H | I | F | 59.8 | 0.00112739 | 87.1429 |
| BKW07 | M | A | T | 82.725 | 0.00155454 | 90 |
| BKW07 | M | A | F | 40.1375 | 0.00144701 | 88.5714 |
| BKW07 | M | P | T | 90.5875 | 0.00149145 | 91.4286 |
| BKW07 | M | P | F | 42.0875 | 0.00145383 | 90 |
| BKW07 | M | H | T | 82.35 | 0.00155249 | 95.7143 |
| BKW07 | M | H | F | 38.9 | 0.00141234 | 81.4286 |
| BKW07 | M | W | T | 49.075 | 0.00137482 | 82.8571 |
| BKW07 | M | W | F | 61.2125 | 0.00142508 | 94.2857 |
| BKW07 | M | I | T | 79.4375 | 0.00166879 | 94.2857 |
| BKW07 | M | I | F | 64.3375 | 0.00148234 | 91.4286 |
| BKW07 | N | A | T | 90.2375 | 0.314977 | 95.7143 |
| BKW07 | N | A | F | 50.2875 | 0.657058 | 92.8571 |
| BKW07 | N | P | T | 91.5875 | 0.234417 | 92.8571 |
| BKW07 | N | P | F | 60.7125 | 0.639531 | 92.8571 |
| BKW07 | N | H | T | 82.35 | 0.256859 | 95.7143 |
| BKW07 | N | H | F | 56.6875 | 0.54043 | 88.5714 |
| BKW07 | N | W | T | 94.5 | 0.19643 | 95.7143 |
| BKW07 | N | W | F | 64.3 | 0.728899 | 94.2857 |
| BKW07 | N | I | T | 79.4375 | 0.337527 | 94.2857 |
| BKW07 | N | I | F | 75.8125 | 0.334543 | 97.1429 |

Fonte: autor

Tabela 18 – Resultados da instância BkW08.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| BKW08 | V | A | T | 81.7 | 0.000980997 | 82.5 |
| BKW08 | V | A | F | 47.85 | 0.000714493 | 85 |
| BKW08 | V | P | T | 86.9375 | 0.00102673 | 80 |
| BKW08 | V | P | F | 58.3625 | 0.000853205 | 90 |
| BKW08 | V | H | T | 70.2375 | 0.000971889 | 80 |
| BKW08 | V | H | F | 57.675 | 0.000934029 | 92.5 |
| BKW08 | V | W | T | 92.7 | 0.000884581 | 86.25 |
| BKW08 | V | W | F | 51.1875 | 0.000711966 | 81.25 |
| BKW08 | V | I | T | 54.4875 | 0.00142937 | 85 |
| BKW08 | V | I | F | 70.1875 | 0.000896454 | 83.75 |
| BKW08 | H | A | T | 72.1875 | 0.00113058 | 78.75 |
| BKW08 | H | A | F | 16.3875 | 0.00071249 | 51.25 |
| BKW08 | H | P | T | 72.95 | 0.00124288 | 78.75 |
| BKW08 | H | P | F | 16.3875 | 0.0007164 | 51.25 |
| BKW08 | H | H | T | 83.3125 | 0.00184498 | 90 |
| BKW08 | H | H | F | 10.95 | 0.000646305 | 35 |
| BKW08 | H | W | T | 53.8875 | 0.000849533 | 71.25 |
| BKW08 | H | W | F | 24.7625 | 0.000967121 | 68.75 |
| BKW08 | H | I | T | 32.35 | 0.00111809 | 73.75 |
| BKW08 | H | I | F | 36.7625 | 0.00094471 | 70 |
| BKW08 | M | A | T | 93.7875 | 0.00208473 | 93.75 |
| BKW08 | M | A | F | 50.55 | 0.0015254 | 90 |
| BKW08 | M | P | T | 96.3 | 0.00159864 | 82.5 |
| BKW08 | M | P | F | 57.675 | 0.00178442 | 92.5 |
| BKW08 | M | H | T | 91.7 | 0.0022449 | 88.75 |
| BKW08 | M | H | F | 39.875 | 0.00203371 | 81.25 |
| BKW08 | M | W | T | 80.5 | 0.00192633 | 91.25 |
| BKW08 | M | W | F | 58.35 | 0.00169339 | 92.5 |
| BKW08 | M | I | T | 63.075 | 0.00176029 | 91.25 |
| BKW08 | M | I | F | 82.7125 | 0.00182967 | 95 |
| BKW08 | N | A | T | 94.2 | 0.542582 | 68.75 |
| BKW08 | N | A | F | 66.725 | 1.19571 | 95 |
| BKW08 | N | P | T | 95.5375 | 0.598825 | 77.5 |
| BKW08 | N | P | F | 66.725 | 1.1602 | 95 |
| BKW08 | N | H | T | 91.0375 | 0.723944 | 88.75 |
| BKW08 | N | H | F | 53 | 1.08041 | 85 |
| BKW08 | N | W | T | 94.175 | 0.67467 | 97.5 |
| BKW08 | N | W | F | 70.4375 | 1.31557 | 93.75 |
| BKW08 | N | I | T | 82.45 | 0.911094 | 96.25 |
| BKW08 | N | I | F | 86.95 | 0.616457 | 95 |

Fonte: autor

Tabela 19 – Resultados da instância BKW09.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| BKW09 | V | A | T | 70.5467 | 0.00093708 | 80 |
| BKW09 | V | A | F | 35.68 | 0.000865507 | 85 |
| BKW09 | V | P | T | 73.5867 | 0.00101247 | 80 |
| BKW09 | V | P | F | 35.68 | 0.00074091 | 85 |
| BKW09 | V | H | T | 50.7067 | 0.000925303 | 82 |
| BKW09 | V | H | F | 34.3467 | 0.00079546 | 83 |
| BKW09 | V | W | T | 90.04 | 0.00102248 | 85 |
| BKW09 | V | W | F | 31.8267 | 0.000660658 | 78 |
| BKW09 | V | I | T | 42.76 | 0.00106444 | 88 |
| BKW09 | V | I | F | 35.3467 | 0.000932074 | 82 |
| BKW09 | H | A | T | 91.7867 | 0.0016902 | 95 |
| BKW09 | H | A | F | 22.12 | 0.0013567 | 72 |
| BKW09 | H | P | T | 94.0933 | 0.00117106 | 65 |
| BKW09 | H | P | F | 24.6267 | 0.00140162 | 73 |
| BKW09 | H | H | T | 83.4533 | 0.00154905 | 94 |
| BKW09 | H | H | F | 14.6933 | 0.00117717 | 49 |
| BKW09 | H | W | T | 70.48 | 0.00152965 | 89 |
| BKW09 | H | W | F | 34.12 | 0.00151138 | 86 |
| BKW09 | H | I | T | 57.12 | 0.00170364 | 90 |
| BKW09 | H | I | F | 54.92 | 0.00148849 | 83 |
| BKW09 | M | A | T | 87.3467 | 0.00267596 | 95 |
| BKW09 | M | A | F | 37.52 | 0.00217714 | 87 |
| BKW09 | M | P | T | 93.1067 | 0.00276437 | 98 |
| BKW09 | M | P | F | 32.9867 | 0.00217786 | 85 |
| BKW09 | M | H | T | 86.1733 | 0.00248289 | 94 |
| BKW09 | M | H | F | 27.4533 | 0.00235658 | 77 |
| BKW09 | M | W | T | 76.4533 | 0.00271249 | 92 |
| BKW09 | M | W | F | 63.9867 | 0.00221543 | 94 |
| BKW09 | M | I | T | 63.9867 | 0.00265903 | 94 |
| BKW09 | M | I | F | 78.2 | 0.00262709 | 94 |
| BKW09 | N | A | T | 94.2933 | 1.19273 | 97 |
| BKW09 | N | A | F | 62.5733 | 2.03207 | 96 |
| BKW09 | N | P | T | 96.92 | 1.28711 | 79 |
| BKW09 | N | P | F | 58.2533 | 1.9654 | 95 |
| BKW09 | N | H | T | 85.2133 | 1.33373 | 93 |
| BKW09 | N | H | F | 54.28 | 2.03874 | 94 |
| BKW09 | N | W | T | 96.28 | 1.86233 | 98 |
| BKW09 | N | W | F | 68.4667 | 2.40126 | 96 |
| BKW09 | N | I | T | 72.5733 | 1.53907 | 97 |
| BKW09 | N | I | F | 82 | 1.45392 | 96 |

Fonte: autor

Tabela 20 – Resultados da instância BKW10.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|------------|---------|
| BKW10 | V | A | T | 61.8381 | 0.00253057 | 88.5 |
| BKW10 | V | A | F | 22.5714 | 0.00137687 | 84 |
| BKW10 | V | P | T | 62.5714 | 0.00249224 | 90 |
| BKW10 | V | P | F | 21.981 | 0.00142279 | 83 |
| BKW10 | V | H | T | 50.9905 | 0.00262079 | 85 |
| BKW10 | V | H | F | 24.3048 | 0.001685 | 86 |
| BKW10 | V | W | T | 84.0667 | 0.00245037 | 93.5 |
| BKW10 | V | W | F | 21.981 | 0.00125227 | 83 |
| BKW10 | V | I | T | 37.2762 | 0.00203419 | 87.5 |
| BKW10 | V | I | F | 41.6286 | 0.0016489 | 85.5 |
| BKW10 | H | A | T | 95.3714 | 0.00409236 | 99 |
| BKW10 | H | A | F | 16.3714 | 0.00431018 | 76 |
| BKW10 | H | P | T | 95.5048 | 0.00353732 | 95.5 |
| BKW10 | H | P | F | 16.3714 | 0.00429773 | 76 |
| BKW10 | H | H | T | 77.0952 | 0.00342865 | 93.5 |
| BKW10 | H | H | F | 9.88571 | 0.00308723 | 51.5 |
| BKW10 | H | W | T | 87.8571 | 0.0026926 | 95 |
| BKW10 | H | W | F | 28.981 | 0.00358438 | 89.5 |
| BKW10 | H | I | T | 40.4095 | 0.00300126 | 93.5 |
| BKW10 | H | I | F | 75.4952 | 0.0031981 | 95 |
| BKW10 | M | A | T | 91.3429 | 0.00617456 | 97.5 |
| BKW10 | M | A | F | 31.3143 | 0.00551944 | 94 |
| BKW10 | M | P | T | 95.9429 | 0.00599403 | 99 |
| BKW10 | M | P | F | 31.5619 | 0.00573902 | 94 |
| BKW10 | M | H | T | 72.2952 | 0.00631909 | 97.5 |
| BKW10 | M | H | F | 30.581 | 0.00530767 | 90.5 |
| BKW10 | M | W | T | 94.0381 | 0.00518079 | 98.5 |
| BKW10 | M | W | F | 54.6 | 0.0045886 | 97 |
| BKW10 | M | I | T | 58.6286 | 0.00486569 | 98.5 |
| BKW10 | M | I | F | 83.0667 | 0.00608282 | 96 |
| BKW10 | N | A | T | 96.1238 | 9.71423 | 98 |
| BKW10 | N | A | F | 45.6381 | 17.8907 | 97.5 |
| BKW10 | N | P | T | 97.5619 | 7.9507 | 69.5 |
| BKW10 | N | P | F | 50.3619 | 18.6467 | 98 |
| BKW10 | N | H | T | 77.8952 | 9.24358 | 94.5 |
| BKW10 | N | H | F | 48.5905 | 12.5673 | 97.5 |
| BKW10 | N | W | T | 98.1143 | 12.3049 | 82.5 |
| BKW10 | N | W | F | 55.8 | 21.3953 | 97.5 |
| BKW10 | N | I | T | 58.6286 | 13.9195 | 98.5 |
| BKW10 | N | I | F | 76.2476 | 13.4088 | 98.5 |

Fonte: autor

Tabela 21 – Resultados da instância BKW11.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|------------|---------|
| BKW11 | V | A | T | 65.7238 | 0.00390029 | 86.3333 |
| BKW11 | V | A | F | 37.9238 | 0.00241423 | 85.6667 |
| BKW11 | V | P | T | 73.9429 | 0.00388575 | 87 |
| BKW11 | V | P | F | 37.9238 | 0.00260563 | 85.6667 |
| BKW11 | V | H | T | 56.7238 | 0.0037015 | 86.6667 |
| BKW11 | V | H | F | 35.7524 | 0.00295582 | 86 |
| BKW11 | V | W | T | 88.9714 | 0.00340586 | 64.6667 |
| BKW11 | V | W | F | 37.9238 | 0.00208626 | 85.6667 |
| BKW11 | V | I | T | 46.3905 | 0.00294666 | 88.3333 |
| BKW11 | V | I | F | 39.2 | 0.00318027 | 84.3333 |
| BKW11 | H | A | T | 93.7905 | 0.00664406 | 85.6667 |
| BKW11 | H | A | F | 21.781 | 0.00533447 | 68.3333 |
| BKW11 | H | P | T | 94.8857 | 0.00480752 | 85.3333 |
| BKW11 | H | P | F | 21.781 | 0.0055768 | 68.3333 |
| BKW11 | H | H | T | 82.181 | 0.00638766 | 95 |
| BKW11 | H | H | F | 10.781 | 0.00445347 | 35.3333 |
| BKW11 | H | W | T | 80.4286 | 0.00530772 | 84.3333 |
| BKW11 | H | W | F | 27.2667 | 0.00685868 | 78.6667 |
| BKW11 | H | I | T | 52.4571 | 0.00626779 | 89.3333 |
| BKW11 | H | I | F | 54.4952 | 0.00598688 | 89 |
| BKW11 | M | A | T | 96.7143 | 0.00937181 | 94.3333 |
| BKW11 | M | A | F | 41.2667 | 0.00901389 | 90.3333 |
| BKW11 | M | P | T | 97.7714 | 0.00880809 | 83.3333 |
| BKW11 | M | P | F | 41.8286 | 0.00933299 | 90 |
| BKW11 | M | H | T | 82.2571 | 0.0117291 | 95.3333 |
| BKW11 | M | H | F | 27.8762 | 0.00975714 | 75.3333 |
| BKW11 | M | W | T | 89.9905 | 0.00969214 | 95.3333 |
| BKW11 | M | W | F | 61.1238 | 0.0065022 | 94.6667 |
| BKW11 | M | I | T | 80.5143 | 0.0103827 | 97.6667 |
| BKW11 | M | I | F | 80.2762 | 0.00908313 | 97.3333 |
| BKW11 | N | A | T | 97.2095 | 47.6853 | 92 |
| BKW11 | N | A | F | 69.4381 | 67.3668 | 97 |
| BKW11 | N | P | T | 98.1524 | 47.2976 | 86.6667 |
| BKW11 | N | P | F | 69.9905 | 65.9799 | 96.3333 |
| BKW11 | N | H | T | 83.381 | 37.1351 | 96.3333 |
| BKW11 | N | H | F | 58.0381 | 52.7709 | 93.3333 |
| BKW11 | N | W | T | 98.0952 | 60.246 | 90 |
| BKW11 | N | W | F | 72.7238 | 70.3336 | 96.3333 |
| BKW11 | N | I | T | 78.7143 | 55.696 | 97.3333 |
| BKW11 | N | I | F | 85.2095 | 41.4134 | 98 |

Fonte: autor

Tabela 22 – Resultados da instância BKW12.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|------------|---------|
| BKW12 | V | A | T | 80.6733 | 0.00854292 | 92 |
| BKW12 | V | A | F | 51.1267 | 0.00457072 | 92.4 |
| BKW12 | V | P | T | 81.0333 | 0.00881557 | 92.2 |
| BKW12 | V | P | F | 56.2433 | 0.00451002 | 93.2 |
| BKW12 | V | H | T | 74.5833 | 0.00960941 | 90 |
| BKW12 | V | H | F | 50.2133 | 0.00568471 | 93 |
| BKW12 | V | W | T | 87.8 | 0.00586576 | 62.6 |
| BKW12 | V | W | F | 55.9967 | 0.00383987 | 91.4 |
| BKW12 | V | I | T | 59.3267 | 0.00800271 | 91.6 |
| BKW12 | V | I | F | 49.83 | 0.00669918 | 91.6 |
| BKW12 | H | A | T | 89.3767 | 0.0205091 | 89 |
| BKW12 | H | A | F | 8.55 | 0.00928559 | 36.6 |
| BKW12 | H | P | T | 91.2 | 0.0149393 | 78 |
| BKW12 | H | P | F | 8.55 | 0.00937166 | 36.6 |
| BKW12 | H | H | T | 86.9067 | 0.0201834 | 92.4 |
| BKW12 | H | H | F | 8.55 | 0.00937614 | 36.6 |
| BKW12 | H | W | T | 74.5833 | 0.0163762 | 92.6 |
| BKW12 | H | W | F | 26.6167 | 0.0142647 | 81.8 |
| BKW12 | H | I | T | 45.3133 | 0.0258911 | 89.8 |
| BKW12 | H | I | F | 34.7533 | 0.0157242 | 82.6 |
| BKW12 | M | A | T | 95.11 | 0.0205799 | 78 |
| BKW12 | M | A | F | 28.7067 | 0.0293505 | 86 |
| BKW12 | M | P | T | 94.7 | 0.0183156 | 68.4 |
| BKW12 | M | P | F | 28.21 | 0.0216132 | 85.4 |
| BKW12 | M | H | T | 88.0967 | 0.036373 | 97.2 |
| BKW12 | M | H | F | 24.49 | 0.0216557 | 78.8 |
| BKW12 | M | W | T | 89.6933 | 0.0270993 | 99.2 |
| BKW12 | M | W | F | 67.24 | 0.0124371 | 97.6 |
| BKW12 | M | I | T | 84.9233 | 0.0285264 | 98.6 |
| BKW12 | M | I | F | 75.5567 | 0.0288291 | 97.8 |
| BKW12 | N | A | T | 95.91 | 223.229 | 76.6 |
| BKW12 | N | A | F | 66.8933 | 366.344 | 97.8 |
| BKW12 | N | P | T | 95.84 | 223.486 | 74.4 |
| BKW12 | N | P | F | 68.8833 | 356.08 | 98 |
| BKW12 | N | H | T | 90.05 | 230.05 | 97 |
| BKW12 | N | H | F | 65.8767 | 302.29 | 97.2 |
| BKW12 | N | W | T | 96.28 | 295.204 | 92.2 |
| BKW12 | N | W | F | 73.9967 | 368.863 | 98 |
| BKW12 | N | I | T | 88.5733 | 299.701 | 98.6 |
| BKW12 | N | I | F | 78.0967 | 318.79 | 98.6 |

Fonte: autor

Tabela 23 – Resultados da instância BKW13.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-----------|---------|
| BKW13 | V | A | T | 94.9339 | 0.116755 | 84.0102 |
| BKW13 | V | A | F | 72.6849 | 0.0956778 | 96.4467 |
| BKW13 | V | P | T | 91.0596 | 0.0820553 | 74.2386 |
| BKW13 | V | P | F | 73.5465 | 0.0809931 | 96.1294 |
| BKW13 | V | H | T | 86.7168 | 0.0906435 | 86.9607 |
| BKW13 | V | H | F | 78.2632 | 0.0731152 | 96.986 |
| BKW13 | V | W | T | 97.9108 | 0.0926637 | 90.736 |
| BKW13 | V | W | F | 73.9661 | 0.0609208 | 88.8325 |
| BKW13 | V | I | T | 61.0007 | 0.120608 | 83.9467 |
| BKW13 | V | I | F | 60.3755 | 0.0897346 | 82.2018 |
| BKW13 | H | A | T | 51.3125 | 0.230229 | 57.868 |
| BKW13 | H | A | F | 4.21354 | 0.372174 | 32.2335 |
| BKW13 | H | P | T | 63.4264 | 0.183033 | 63.2614 |
| BKW13 | H | P | F | 4.26562 | 0.355907 | 29.9492 |
| BKW13 | H | H | T | 85.3234 | 0.236992 | 86.0406 |
| BKW13 | H | H | F | 1.2526 | 0.322697 | 18.7817 |
| BKW13 | H | W | T | 32.3698 | 0.310274 | 54.3147 |
| BKW13 | H | W | F | 11.562 | 0.418725 | 55.7424 |
| BKW13 | H | I | T | 38.9907 | 0.250041 | 77.1574 |
| BKW13 | H | I | F | 38.8179 | 0.240461 | 76.7449 |
| BKW13 | M | A | T | 92.3503 | 0.54441 | 94.1307 |
| BKW13 | M | A | F | 32.1917 | 0.717847 | 81.8528 |
| BKW13 | M | P | T | 91.9723 | 0.534671 | 93.8135 |
| BKW13 | M | P | F | 33.3984 | 0.743062 | 82.0431 |
| BKW13 | M | H | T | 97.1108 | 0.526851 | 95.8122 |
| BKW13 | M | H | F | 9.58626 | 0.435822 | 44.4162 |
| BKW13 | M | W | T | 55.9587 | 0.610397 | 85.0254 |
| BKW13 | M | W | F | 82.3021 | 0.14048 | 95.3363 |
| BKW13 | M | I | T | 94.4312 | 0.589158 | 98.7627 |
| BKW13 | M | I | F | 94.6325 | 0.596748 | 98.7944 |

Fonte: autor

Tabela 24 – Resultados da instância GCUT01.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT01 | V | A | T | 77.3888 | 3.74317e-05 | 30 |
| GCUT01 | V | A | F | 62.0688 | 4.87804e-05 | 40 |
| GCUT01 | V | P | T | 67.3808 | 2.65121e-05 | 20 |
| GCUT01 | V | P | F | 63.48 | 4.91142e-05 | 40 |
| GCUT01 | V | H | T | 67.3808 | 2.68936e-05 | 20 |
| GCUT01 | V | H | F | 46.784 | 3.56674e-05 | 30 |
| GCUT01 | V | W | T | 77.3888 | 3.31879e-05 | 30 |
| GCUT01 | V | W | F | 43.4768 | 3.65734e-05 | 30 |
| GCUT01 | V | I | T | 63.104 | 4.73022e-05 | 40 |
| GCUT01 | V | I | F | 77.3888 | 3.35693e-05 | 30 |
| GCUT01 | H | A | T | 67.7568 | 3.30925e-05 | 20 |
| GCUT01 | H | A | F | 43.8528 | 3.87669e-05 | 30 |
| GCUT01 | H | P | T | 67.3808 | 2.70367e-05 | 20 |
| GCUT01 | H | P | F | 43.8528 | 3.94344e-05 | 30 |
| GCUT01 | H | H | T | 67.3808 | 2.80857e-05 | 20 |
| GCUT01 | H | H | F | 31.1552 | 2.9707e-05 | 20 |
| GCUT01 | H | W | T | 67.7568 | 2.57015e-05 | 20 |
| GCUT01 | H | W | F | 43.8528 | 4.03404e-05 | 30 |
| GCUT01 | H | I | T | 47.4752 | 4.11987e-05 | 30 |
| GCUT01 | H | I | F | 67.7568 | 2.40803e-05 | 20 |
| GCUT01 | M | A | T | 77.3888 | 7.01427e-05 | 30 |
| GCUT01 | M | A | F | 62.0688 | 9.4986e-05 | 40 |
| GCUT01 | M | P | T | 67.3808 | 5.00679e-05 | 20 |
| GCUT01 | M | P | F | 63.48 | 9.43661e-05 | 40 |
| GCUT01 | M | H | T | 67.3808 | 5.17845e-05 | 20 |
| GCUT01 | M | H | F | 46.784 | 7.03812e-05 | 30 |
| GCUT01 | M | W | T | 77.3888 | 6.78539e-05 | 30 |
| GCUT01 | M | W | F | 62.0688 | 9.52721e-05 | 40 |
| GCUT01 | M | I | T | 63.104 | 9.47952e-05 | 40 |
| GCUT01 | M | I | F | 77.3888 | 6.73294e-05 | 30 |
| GCUT01 | N | A | T | 77.3888 | 0.00012126 | 30 |
| GCUT01 | N | A | F | 62.0688 | 0.000469971 | 40 |
| GCUT01 | N | P | T | 67.3808 | 5.62191e-05 | 20 |
| GCUT01 | N | P | F | 63.48 | 0.000582457 | 40 |
| GCUT01 | N | H | T | 67.3808 | 5.49316e-05 | 20 |
| GCUT01 | N | H | F | 49.7472 | 0.000371695 | 30 |
| GCUT01 | N | W | T | 77.3888 | 0.000118542 | 30 |
| GCUT01 | N | W | F | 62.0688 | 0.000229025 | 40 |
| GCUT01 | N | I | T | 63.104 | 0.000211 | 40 |
| GCUT01 | N | I | F | 77.3888 | 0.000114298 | 30 |

Fonte: autor

Tabela 25 – Resultados da instância GCUT02.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT02 | V | A | T | 75.976 | 4.01974e-05 | 15 |
| GCUT02 | V | A | F | 29.5232 | 4.23908e-05 | 15 |
| GCUT02 | V | P | T | 75.976 | 4.04358e-05 | 15 |
| GCUT02 | V | P | F | 50.1248 | 5.53131e-05 | 20 |
| GCUT02 | V | H | T | 60.1696 | 3.2568e-05 | 10 |
| GCUT02 | V | H | F | 46.0144 | 5.35965e-05 | 20 |
| GCUT02 | V | W | T | 67.6032 | 4.35352e-05 | 15 |
| GCUT02 | V | W | F | 39.1968 | 4.25816e-05 | 15 |
| GCUT02 | V | I | T | 69.6704 | 5.12123e-05 | 20 |
| GCUT02 | V | I | F | 56.8624 | 5.57899e-05 | 20 |
| GCUT02 | H | A | T | 65.656 | 3.29018e-05 | 10 |
| GCUT02 | H | A | F | 56.2416 | 7.13348e-05 | 25 |
| GCUT02 | H | P | T | 65.656 | 3.33309e-05 | 10 |
| GCUT02 | H | P | F | 63.64 | 7.45773e-05 | 25 |
| GCUT02 | H | H | T | 60.1696 | 3.35217e-05 | 10 |
| GCUT02 | H | H | F | 44.344 | 4.58717e-05 | 15 |
| GCUT02 | H | W | T | 68.1568 | 5.53131e-05 | 20 |
| GCUT02 | H | W | F | 56.2416 | 7.24792e-05 | 25 |
| GCUT02 | H | I | T | 76.7008 | 7.0715e-05 | 25 |
| GCUT02 | H | I | F | 56.8624 | 5.76973e-05 | 20 |
| GCUT02 | M | A | T | 77.6864 | 7.88212e-05 | 15 |
| GCUT02 | M | A | F | 41.5536 | 0.000104761 | 20 |
| GCUT02 | M | P | T | 77.6864 | 7.55787e-05 | 15 |
| GCUT02 | M | P | F | 41.5536 | 0.00010128 | 20 |
| GCUT02 | M | H | T | 60.1696 | 5.75542e-05 | 10 |
| GCUT02 | M | H | F | 54.664 | 0.000102949 | 20 |
| GCUT02 | M | W | T | 68.1568 | 9.99451e-05 | 20 |
| GCUT02 | M | W | F | 39.1968 | 7.82013e-05 | 15 |
| GCUT02 | M | I | T | 69.984 | 0.000102472 | 20 |
| GCUT02 | M | I | F | 73.8544 | 0.000122595 | 25 |
| GCUT02 | N | A | T | 77.6864 | 0.000129843 | 15 |
| GCUT02 | N | A | F | 56.2416 | 0.00127311 | 25 |
| GCUT02 | N | P | T | 77.6864 | 0.000129747 | 15 |
| GCUT02 | N | P | F | 76.2352 | 0.00133896 | 30 |
| GCUT02 | N | H | T | 72.2 | 0.000128031 | 15 |
| GCUT02 | N | H | F | 54.664 | 0.000774622 | 20 |
| GCUT02 | N | W | T | 68.1568 | 0.00035162 | 20 |
| GCUT02 | N | W | F | 50.1248 | 0.000846434 | 20 |
| GCUT02 | N | I | T | 69.984 | 0.000656366 | 20 |
| GCUT02 | N | I | F | 56.8624 | 0.000451708 | 20 |

Fonte: autor

Tabela 26 – Resultados da instância GCUT03.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT03 | V | A | T | 87.4512 | 5.82218e-05 | 13.3333 |
| GCUT03 | V | A | F | 54.9824 | 7.96318e-05 | 16.6667 |
| GCUT03 | V | P | T | 86.0608 | 5.22614e-05 | 10 |
| GCUT03 | V | P | F | 68.3104 | 9.47475e-05 | 20 |
| GCUT03 | V | H | T | 76.6 | 6.62327e-05 | 13.3333 |
| GCUT03 | V | H | F | 72.8752 | 7.84397e-05 | 16.6667 |
| GCUT03 | V | W | T | 87.0368 | 6.12736e-05 | 13.3333 |
| GCUT03 | V | W | F | 40.2928 | 5.04017e-05 | 10 |
| GCUT03 | V | I | T | 68.736 | 7.90596e-05 | 16.6667 |
| GCUT03 | V | I | F | 66.1776 | 6.35147e-05 | 13.3333 |
| GCUT03 | H | A | T | 87.016 | 5.87463e-05 | 13.3333 |
| GCUT03 | H | A | F | 61.6464 | 7.71046e-05 | 16.6667 |
| GCUT03 | H | P | T | 93.5504 | 6.18935e-05 | 13.3333 |
| GCUT03 | H | P | F | 61.6464 | 8.08716e-05 | 16.6667 |
| GCUT03 | H | H | T | 68.152 | 5.58853e-05 | 10 |
| GCUT03 | H | H | F | 36.6032 | 5.77927e-05 | 10 |
| GCUT03 | H | W | T | 75.7456 | 6.27518e-05 | 13.3333 |
| GCUT03 | H | W | F | 49.6064 | 6.96659e-05 | 13.3333 |
| GCUT03 | H | I | T | 56.0832 | 6.74725e-05 | 13.3333 |
| GCUT03 | H | I | F | 57.9184 | 8.64983e-05 | 13.3333 |
| GCUT03 | M | A | T | 87.3984 | 0.000107527 | 13.3333 |
| GCUT03 | M | A | F | 41.5568 | 0.00011282 | 13.3333 |
| GCUT03 | M | P | T | 93.5504 | 0.000107527 | 13.3333 |
| GCUT03 | M | P | F | 41.5568 | 0.00011158 | 13.3333 |
| GCUT03 | M | H | T | 76.6 | 0.000109911 | 13.3333 |
| GCUT03 | M | H | F | 56.2256 | 0.000108862 | 13.3333 |
| GCUT03 | M | W | T | 75.7456 | 0.000101042 | 13.3333 |
| GCUT03 | M | W | F | 58.9504 | 0.000113916 | 13.3333 |
| GCUT03 | M | I | T | 56.0832 | 0.00011158 | 13.3333 |
| GCUT03 | M | I | F | 66.1776 | 0.000105906 | 13.3333 |
| GCUT03 | N | A | T | 87.3984 | 0.000427628 | 13.3333 |
| GCUT03 | N | A | F | 67.7792 | 0.00358415 | 20 |
| GCUT03 | N | P | T | 86.0608 | 0.000366545 | 10 |
| GCUT03 | N | P | F | 68.104 | 0.00317931 | 20 |
| GCUT03 | N | H | T | 76.6 | 0.000225973 | 13.3333 |
| GCUT03 | N | H | F | 56.2256 | 0.00131464 | 13.3333 |
| GCUT03 | N | W | T | 87.0368 | 0.000354624 | 13.3333 |
| GCUT03 | N | W | F | 58.9504 | 0.0006392 | 13.3333 |
| GCUT03 | N | I | T | 77.184 | 0.00103116 | 20 |
| GCUT03 | N | I | F | 57.9184 | 0.00121841 | 13.3333 |

Fonte: autor

Tabela 27 – Resultados da instância GCUT04.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT04 | V | A | T | 92.816 | 6.84738e-05 | 8 |
| GCUT04 | V | A | F | 58.848 | 0.00010767 | 12 |
| GCUT04 | V | P | T | 92.816 | 7.41959e-05 | 8 |
| GCUT04 | V | P | F | 58.848 | 0.000107574 | 12 |
| GCUT04 | V | H | T | 90.8624 | 7.66754e-05 | 10 |
| GCUT04 | V | H | F | 61.568 | 0.000107479 | 12 |
| GCUT04 | V | W | T | 86.7136 | 6.89507e-05 | 8 |
| GCUT04 | V | W | F | 44.5504 | 6.60896e-05 | 8 |
| GCUT04 | V | I | T | 72.9616 | 7.76768e-05 | 8 |
| GCUT04 | V | I | F | 63.7264 | 8.564e-05 | 10 |
| GCUT04 | H | A | T | 83.6768 | 6.53744e-05 | 6 |
| GCUT04 | H | A | F | 71.9872 | 0.000146818 | 14 |
| GCUT04 | H | P | T | 83.6768 | 6.11782e-05 | 6 |
| GCUT04 | H | P | F | 54.7504 | 0.000130653 | 12 |
| GCUT04 | H | H | T | 82.728 | 7.10487e-05 | 8 |
| GCUT04 | H | H | F | 34.8656 | 7.44343e-05 | 6 |
| GCUT04 | H | W | T | 96.1424 | 8.43525e-05 | 10 |
| GCUT04 | H | W | F | 64.032 | 0.000129986 | 12 |
| GCUT04 | H | I | T | 79.336 | 8.54015e-05 | 8 |
| GCUT04 | H | I | F | 67.7552 | 8.90255e-05 | 8 |
| GCUT04 | M | A | T | 94.3856 | 0.00011673 | 8 |
| GCUT04 | M | A | F | 64.5616 | 0.000192499 | 14 |
| GCUT04 | M | P | T | 94.3856 | 0.000116968 | 8 |
| GCUT04 | M | P | F | 64.5616 | 0.000191879 | 14 |
| GCUT04 | M | H | T | 93.4368 | 0.000138712 | 10 |
| GCUT04 | M | H | F | 53.4192 | 0.000158453 | 10 |
| GCUT04 | M | W | T | 96.1424 | 0.0001441 | 10 |
| GCUT04 | M | W | F | 71.2128 | 0.000163174 | 12 |
| GCUT04 | M | I | T | 72.9616 | 0.00012188 | 8 |
| GCUT04 | M | I | F | 67.7552 | 0.000131512 | 8 |
| GCUT04 | N | A | T | 94.3856 | 0.000424194 | 8 |
| GCUT04 | N | A | F | 75.2704 | 0.0063355 | 16 |
| GCUT04 | N | P | T | 94.3856 | 0.000369072 | 8 |
| GCUT04 | N | P | F | 75.2704 | 0.00636544 | 16 |
| GCUT04 | N | H | T | 93.4368 | 0.000379848 | 10 |
| GCUT04 | N | H | F | 62.848 | 0.00367494 | 12 |
| GCUT04 | N | W | T | 96.1424 | 0.000389242 | 10 |
| GCUT04 | N | W | F | 71.2128 | 0.00524592 | 12 |
| GCUT04 | N | I | T | 79.336 | 0.000852728 | 8 |
| GCUT04 | N | I | F | 67.7552 | 0.000873375 | 8 |

Fonte: autor

Tabela 28 – Resultados da instância GCUT05.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT05 | V | A | T | 65.744 | 3.80516e-05 | 30 |
| GCUT05 | V | A | F | 36.6852 | 3.66211e-05 | 30 |
| GCUT05 | V | P | T | 65.744 | 3.65734e-05 | 30 |
| GCUT05 | V | P | F | 36.6852 | 3.80039e-05 | 30 |
| GCUT05 | V | H | T | 65.744 | 3.80039e-05 | 30 |
| GCUT05 | V | H | F | 56.6948 | 4.72546e-05 | 40 |
| GCUT05 | V | W | T | 63.9648 | 3.94821e-05 | 30 |
| GCUT05 | V | W | F | 36.6852 | 3.93867e-05 | 30 |
| GCUT05 | V | I | T | 46.244 | 3.88145e-05 | 30 |
| GCUT05 | V | I | F | 52.5148 | 4.87328e-05 | 40 |
| GCUT05 | H | A | T | 56.5568 | 2.79903e-05 | 20 |
| GCUT05 | H | A | F | 56.6948 | 5.04494e-05 | 40 |
| GCUT05 | H | P | T | 56.5568 | 2.72751e-05 | 20 |
| GCUT05 | H | P | F | 56.9356 | 4.96387e-05 | 40 |
| GCUT05 | H | H | T | 56.5568 | 4.03404e-05 | 20 |
| GCUT05 | H | H | F | 57.0664 | 3.7241e-05 | 30 |
| GCUT05 | H | W | T | 63.9648 | 3.69072e-05 | 30 |
| GCUT05 | H | W | F | 52.9212 | 5.15938e-05 | 40 |
| GCUT05 | H | I | T | 57.342 | 5.03063e-05 | 40 |
| GCUT05 | H | I | F | 52.5148 | 5.2166e-05 | 40 |
| GCUT05 | M | A | T | 72.7928 | 7.59125e-05 | 30 |
| GCUT05 | M | A | F | 56.6948 | 9.5892e-05 | 40 |
| GCUT05 | M | P | T | 72.7928 | 7.1907e-05 | 30 |
| GCUT05 | M | P | F | 52.9212 | 9.57966e-05 | 40 |
| GCUT05 | M | H | T | 72.7928 | 7.11441e-05 | 30 |
| GCUT05 | M | H | F | 66.2536 | 9.4986e-05 | 40 |
| GCUT05 | M | W | T | 63.9648 | 7.1907e-05 | 30 |
| GCUT05 | M | W | F | 52.9212 | 9.17435e-05 | 40 |
| GCUT05 | M | I | T | 57.342 | 9.08375e-05 | 40 |
| GCUT05 | M | I | F | 68.9148 | 0.000117874 | 50 |
| GCUT05 | N | A | T | 72.7928 | 0.000122213 | 30 |
| GCUT05 | N | A | F | 56.6948 | 0.000473309 | 40 |
| GCUT05 | N | P | T | 72.7928 | 0.000122213 | 30 |
| GCUT05 | N | P | F | 52.5148 | 0.000568724 | 40 |
| GCUT05 | N | H | T | 72.7928 | 0.000115204 | 30 |
| GCUT05 | N | H | F | 66.2536 | 0.000424099 | 40 |
| GCUT05 | N | W | T | 63.9648 | 0.000118256 | 30 |
| GCUT05 | N | W | F | 52.9212 | 0.000395823 | 40 |
| GCUT05 | N | I | T | 73.3356 | 0.000308418 | 50 |
| GCUT05 | N | I | F | 52.5148 | 0.000315094 | 40 |

Fonte: autor

Tabela 29 – Resultados da instância GCUT06.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT06 | V | A | T | 82.0112 | 5.12123e-05 | 20 |
| GCUT06 | V | A | F | 57.9372 | 5.18322e-05 | 20 |
| GCUT06 | V | P | T | 81.918 | 5.14507e-05 | 20 |
| GCUT06 | V | P | F | 53.0764 | 5.37395e-05 | 20 |
| GCUT06 | V | H | T | 59.9172 | 3.28064e-05 | 10 |
| GCUT06 | V | H | F | 55.6788 | 5.4884e-05 | 20 |
| GCUT06 | V | W | T | 67.9596 | 4.42028e-05 | 15 |
| GCUT06 | V | W | F | 60.3732 | 4.90665e-05 | 20 |
| GCUT06 | V | I | T | 64.4944 | 4.53949e-05 | 15 |
| GCUT06 | V | I | F | 75.8792 | 5.37395e-05 | 20 |
| GCUT06 | H | A | T | 89.7596 | 5.49316e-05 | 20 |
| GCUT06 | H | A | F | 51.546 | 6.02722e-05 | 20 |
| GCUT06 | H | P | T | 79.2576 | 4.55379e-05 | 15 |
| GCUT06 | H | P | F | 51.546 | 5.97954e-05 | 20 |
| GCUT06 | H | H | T | 59.9172 | 3.39031e-05 | 10 |
| GCUT06 | H | H | F | 54.9244 | 4.68254e-05 | 15 |
| GCUT06 | H | W | T | 67.9596 | 4.42028e-05 | 15 |
| GCUT06 | H | W | F | 57.9372 | 6.26087e-05 | 20 |
| GCUT06 | H | I | T | 58.5072 | 4.67777e-05 | 15 |
| GCUT06 | H | I | F | 81.918 | 5.80788e-05 | 20 |
| GCUT06 | M | A | T | 89.7596 | 0.000101089 | 20 |
| GCUT06 | M | A | F | 51.546 | 0.000102568 | 20 |
| GCUT06 | M | P | T | 89.2368 | 9.77993e-05 | 20 |
| GCUT06 | M | P | F | 74.426 | 0.00013299 | 25 |
| GCUT06 | M | H | T | 76.0284 | 7.71523e-05 | 15 |
| GCUT06 | M | H | F | 64.9036 | 0.000102472 | 20 |
| GCUT06 | M | W | T | 67.9596 | 7.41959e-05 | 15 |
| GCUT06 | M | W | F | 60.3732 | 0.000105143 | 20 |
| GCUT06 | M | I | T | 58.5072 | 7.92027e-05 | 15 |
| GCUT06 | M | I | F | 81.918 | 0.000102425 | 20 |
| GCUT06 | N | A | T | 89.7596 | 0.000299025 | 20 |
| GCUT06 | N | A | F | 51.546 | 0.00131993 | 20 |
| GCUT06 | N | P | T | 89.2368 | 0.000299215 | 20 |
| GCUT06 | N | P | F | 51.546 | 0.00141735 | 20 |
| GCUT06 | N | H | T | 76.0284 | 0.000130367 | 15 |
| GCUT06 | N | H | F | 64.9036 | 0.000666761 | 20 |
| GCUT06 | N | W | T | 67.9596 | 0.000131512 | 15 |
| GCUT06 | N | W | F | 60.3732 | 0.00092411 | 20 |
| GCUT06 | N | I | T | 64.4944 | 0.000367785 | 15 |
| GCUT06 | N | I | F | 81.918 | 0.000321198 | 20 |

Fonte: autor

Tabela 30 – Resultados da instância GCUT07.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT07 | V | A | T | 72.406 | 4.51565e-05 | 10 |
| GCUT07 | V | A | F | 63.742 | 6.9809e-05 | 16.6667 |
| GCUT07 | V | P | T | 72.406 | 4.3869e-05 | 10 |
| GCUT07 | V | P | F | 63.742 | 7.12395e-05 | 16.6667 |
| GCUT07 | V | H | T | 72.406 | 4.53472e-05 | 10 |
| GCUT07 | V | H | F | 63.742 | 6.76155e-05 | 16.6667 |
| GCUT07 | V | W | T | 72.406 | 4.42982e-05 | 10 |
| GCUT07 | V | W | F | 53.3224 | 5.67913e-05 | 13.3333 |
| GCUT07 | V | I | T | 53.3224 | 6.41346e-05 | 13.3333 |
| GCUT07 | V | I | F | 67.194 | 5.92232e-05 | 13.3333 |
| GCUT07 | H | A | T | 72.406 | 4.67777e-05 | 10 |
| GCUT07 | H | A | F | 29.6964 | 6.2418e-05 | 10 |
| GCUT07 | H | P | T | 72.406 | 4.77314e-05 | 10 |
| GCUT07 | H | P | F | 29.6964 | 5.9557e-05 | 10 |
| GCUT07 | H | H | T | 72.406 | 4.63009e-05 | 10 |
| GCUT07 | H | H | F | 19.4796 | 4.52518e-05 | 6.66667 |
| GCUT07 | H | W | T | 72.406 | 4.71115e-05 | 10 |
| GCUT07 | H | W | F | 29.6964 | 6.15597e-05 | 10 |
| GCUT07 | H | I | T | 50.1948 | 7.20978e-05 | 13.3333 |
| GCUT07 | H | I | F | 68.8716 | 6.47545e-05 | 13.3333 |
| GCUT07 | M | A | T | 72.406 | 8.05378e-05 | 10 |
| GCUT07 | M | A | F | 61.1696 | 0.000122929 | 16.6667 |
| GCUT07 | M | P | T | 72.406 | 8.43048e-05 | 10 |
| GCUT07 | M | P | F | 61.1696 | 0.000125885 | 16.6667 |
| GCUT07 | M | H | T | 72.406 | 8.26836e-05 | 10 |
| GCUT07 | M | H | F | 48.4644 | 0.000106668 | 13.3333 |
| GCUT07 | M | W | T | 72.406 | 8.03471e-05 | 10 |
| GCUT07 | M | W | F | 53.3224 | 0.000103331 | 13.3333 |
| GCUT07 | M | I | T | 65.2168 | 0.000132799 | 16.6667 |
| GCUT07 | M | I | F | 76.0008 | 0.000106478 | 13.3333 |
| GCUT07 | N | A | T | 72.406 | 0.000149965 | 10 |
| GCUT07 | N | A | F | 61.1696 | 0.00223007 | 16.6667 |
| GCUT07 | N | P | T | 72.406 | 0.000150251 | 10 |
| GCUT07 | N | P | F | 61.1696 | 0.00215402 | 16.6667 |
| GCUT07 | N | H | T | 72.406 | 0.000167274 | 10 |
| GCUT07 | N | H | F | 38.2476 | 0.00104232 | 10 |
| GCUT07 | N | W | T | 72.406 | 0.000146437 | 10 |
| GCUT07 | N | W | F | 53.3224 | 0.00239635 | 13.3333 |
| GCUT07 | N | I | T | 71.0972 | 0.000812292 | 16.6667 |
| GCUT07 | N | I | F | 76.0008 | 0.000391626 | 13.3333 |

Fonte: autor

Tabela 31 – Resultados da instância GCUT08.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT08 | V | A | T | 79.6752 | 5.63145e-05 | 6 |
| GCUT08 | V | A | F | 63.7732 | 0.000107336 | 12 |
| GCUT08 | V | P | T | 79.6752 | 5.80311e-05 | 6 |
| GCUT08 | V | P | F | 52.9528 | 9.30786e-05 | 10 |
| GCUT08 | V | H | T | 79.6752 | 6.20842e-05 | 6 |
| GCUT08 | V | H | F | 62.9792 | 0.000108194 | 12 |
| GCUT08 | V | W | T | 81.3776 | 7.27654e-05 | 8 |
| GCUT08 | V | W | F | 35.9152 | 6.1512e-05 | 6 |
| GCUT08 | V | I | T | 72.664 | 7.7343e-05 | 8 |
| GCUT08 | V | I | F | 74.4596 | 9.20773e-05 | 10 |
| GCUT08 | H | A | T | 72.1296 | 6.44684e-05 | 4 |
| GCUT08 | H | A | F | 61.8724 | 0.00012908 | 12 |
| GCUT08 | H | P | T | 72.1296 | 4.93526e-05 | 4 |
| GCUT08 | H | P | F | 61.8724 | 0.000138092 | 12 |
| GCUT08 | H | H | T | 72.1296 | 6.45161e-05 | 4 |
| GCUT08 | H | H | F | 39.6812 | 7.40528e-05 | 6 |
| GCUT08 | H | W | T | 63.4032 | 5.84126e-05 | 6 |
| GCUT08 | H | W | F | 66.0228 | 0.000132227 | 12 |
| GCUT08 | H | I | T | 72.664 | 8.59261e-05 | 8 |
| GCUT08 | H | I | F | 66.914 | 9.01699e-05 | 8 |
| GCUT08 | M | A | T | 79.6752 | 9.20296e-05 | 6 |
| GCUT08 | M | A | F | 48.0484 | 0.000157833 | 10 |
| GCUT08 | M | P | T | 79.6752 | 9.16958e-05 | 6 |
| GCUT08 | M | P | F | 48.0484 | 0.000147963 | 10 |
| GCUT08 | M | H | T | 79.6752 | 9.43184e-05 | 6 |
| GCUT08 | M | H | F | 39.6812 | 0.000107527 | 6 |
| GCUT08 | M | W | T | 63.4032 | 9.35555e-05 | 6 |
| GCUT08 | M | W | F | 55.2024 | 0.000148726 | 10 |
| GCUT08 | M | I | T | 84.072 | 0.000149632 | 10 |
| GCUT08 | M | I | F | 66.914 | 0.000127172 | 8 |
| GCUT08 | N | A | T | 79.6752 | 0.000170326 | 6 |
| GCUT08 | N | A | F | 61.8724 | 0.00434747 | 12 |
| GCUT08 | N | P | T | 79.6752 | 0.000167513 | 6 |
| GCUT08 | N | P | F | 61.8724 | 0.00390096 | 12 |
| GCUT08 | N | H | T | 79.6752 | 0.000202131 | 6 |
| GCUT08 | N | H | F | 47.5604 | 0.00232964 | 8 |
| GCUT08 | N | W | T | 81.3776 | 0.000264549 | 8 |
| GCUT08 | N | W | F | 72.9048 | 0.00430069 | 12 |
| GCUT08 | N | I | T | 84.072 | 0.000531626 | 10 |
| GCUT08 | N | I | F | 66.914 | 0.00116959 | 8 |

Fonte: autor

Tabela 32 – Resultados da instância GCUT09.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT09 | V | A | T | 72.2042 | 3.62873e-05 | 30 |
| GCUT09 | V | A | F | 54.3733 | 5.04017e-05 | 40 |
| GCUT09 | V | P | T | 72.2042 | 3.78132e-05 | 30 |
| GCUT09 | V | P | F | 54.3733 | 4.9305e-05 | 40 |
| GCUT09 | V | H | T | 60.5416 | 3.57628e-05 | 30 |
| GCUT09 | V | H | F | 72.1475 | 6.29425e-05 | 50 |
| GCUT09 | V | W | T | 80.6112 | 5.12123e-05 | 40 |
| GCUT09 | V | W | F | 47.476 | 3.72887e-05 | 30 |
| GCUT09 | V | I | T | 60.5416 | 3.70979e-05 | 30 |
| GCUT09 | V | I | F | 77.7122 | 5.64098e-05 | 40 |
| GCUT09 | H | A | T | 77.7122 | 5.07832e-05 | 40 |
| GCUT09 | H | A | F | 24.9023 | 2.985e-05 | 20 |
| GCUT09 | H | P | T | 77.7122 | 4.81606e-05 | 40 |
| GCUT09 | H | P | F | 24.9023 | 2.90871e-05 | 20 |
| GCUT09 | H | H | T | 48.8453 | 2.94209e-05 | 20 |
| GCUT09 | H | H | F | 24.9023 | 2.85625e-05 | 20 |
| GCUT09 | H | W | T | 76.1225 | 4.94003e-05 | 40 |
| GCUT09 | H | W | F | 38.1883 | 4.0102e-05 | 30 |
| GCUT09 | H | I | T | 57.3318 | 3.97205e-05 | 30 |
| GCUT09 | H | I | F | 69.6847 | 5.00679e-05 | 40 |
| GCUT09 | M | A | T | 82.2804 | 9.60827e-05 | 40 |
| GCUT09 | M | A | F | 54.3733 | 9.61781e-05 | 40 |
| GCUT09 | M | P | T | 82.2804 | 9.67026e-05 | 40 |
| GCUT09 | M | P | F | 54.3733 | 9.82285e-05 | 40 |
| GCUT09 | M | H | T | 60.5416 | 7.32422e-05 | 30 |
| GCUT09 | M | H | F | 55.9625 | 0.00010066 | 40 |
| GCUT09 | M | W | T | 82.2004 | 0.000101757 | 40 |
| GCUT09 | M | W | F | 63.661 | 9.71794e-05 | 40 |
| GCUT09 | M | I | T | 60.5416 | 7.46727e-05 | 30 |
| GCUT09 | M | I | F | 77.7122 | 9.57012e-05 | 40 |
| GCUT09 | N | A | T | 72.2042 | 0.000286341 | 30 |
| GCUT09 | N | A | F | 54.3733 | 0.000551891 | 40 |
| GCUT09 | N | P | T | 72.2042 | 0.000276899 | 30 |
| GCUT09 | N | P | F | 54.3733 | 0.000532961 | 40 |
| GCUT09 | N | H | T | 60.5416 | 0.000123549 | 30 |
| GCUT09 | N | H | F | 55.9625 | 0.000545073 | 40 |
| GCUT09 | N | W | T | 82.2004 | 0.000321007 | 40 |
| GCUT09 | N | W | F | 63.661 | 0.000440788 | 40 |
| GCUT09 | N | I | T | 60.5416 | 0.000116014 | 30 |
| GCUT09 | N | I | F | 72.5837 | 0.000425291 | 40 |

Fonte: autor

Tabela 33 – Resultados da instância GCUT10.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT10 | V | A | T | 85.6445 | 4.10557e-05 | 15 |
| GCUT10 | V | A | F | 63.9774 | 5.76496e-05 | 20 |
| GCUT10 | V | P | T | 85.6445 | 4.33445e-05 | 15 |
| GCUT10 | V | P | F | 63.9774 | 5.50747e-05 | 20 |
| GCUT10 | V | H | T | 59.7263 | 3.19958e-05 | 10 |
| GCUT10 | V | H | F | 65.2485 | 5.85556e-05 | 20 |
| GCUT10 | V | W | T | 87.7079 | 4.40121e-05 | 15 |
| GCUT10 | V | W | F | 38.7183 | 3.13759e-05 | 10 |
| GCUT10 | V | I | T | 70.819 | 3.24726e-05 | 10 |
| GCUT10 | V | I | F | 73.1757 | 5.36919e-05 | 20 |
| GCUT10 | H | A | T | 85.6445 | 4.09603e-05 | 15 |
| GCUT10 | H | A | F | 44.2233 | 4.63486e-05 | 15 |
| GCUT10 | H | P | T | 85.6445 | 4.36783e-05 | 15 |
| GCUT10 | H | P | F | 44.5464 | 4.96387e-05 | 15 |
| GCUT10 | H | H | T | 59.7263 | 3.36647e-05 | 10 |
| GCUT10 | H | H | F | 51.2196 | 4.42982e-05 | 15 |
| GCUT10 | H | W | T | 68.4206 | 3.32832e-05 | 10 |
| GCUT10 | H | W | F | 51.2763 | 4.84467e-05 | 15 |
| GCUT10 | H | I | T | 70.819 | 3.39508e-05 | 10 |
| GCUT10 | H | I | F | 66.4464 | 5.70774e-05 | 20 |
| GCUT10 | M | A | T | 85.6445 | 7.77721e-05 | 15 |
| GCUT10 | M | A | F | 44.2233 | 8.90732e-05 | 15 |
| GCUT10 | M | P | T | 85.6445 | 7.658e-05 | 15 |
| GCUT10 | M | P | F | 44.5464 | 7.89642e-05 | 15 |
| GCUT10 | M | H | T | 59.7263 | 5.85079e-05 | 10 |
| GCUT10 | M | H | F | 51.2196 | 7.84874e-05 | 15 |
| GCUT10 | M | W | T | 68.4206 | 5.88417e-05 | 10 |
| GCUT10 | M | W | F | 53.622 | 8.04424e-05 | 15 |
| GCUT10 | M | I | T | 70.819 | 5.76496e-05 | 10 |
| GCUT10 | M | I | F | 84.2369 | 0.00010438 | 20 |
| GCUT10 | N | A | T | 85.6445 | 0.00013237 | 15 |
| GCUT10 | N | A | F | 61.308 | 0.000872612 | 20 |
| GCUT10 | N | P | T | 85.6445 | 0.000136995 | 15 |
| GCUT10 | N | P | F | 84.6795 | 0.000695515 | 25 |
| GCUT10 | N | H | T | 59.7263 | 6.40869e-05 | 10 |
| GCUT10 | N | H | F | 51.2196 | 0.00052104 | 15 |
| GCUT10 | N | W | T | 87.7079 | 0.000143719 | 15 |
| GCUT10 | N | W | F | 53.622 | 0.000184202 | 15 |
| GCUT10 | N | I | T | 70.819 | 6.34193e-05 | 10 |
| GCUT10 | N | I | F | 73.1757 | 0.000456047 | 20 |

Fonte: autor

Tabela 34 – Resultados da instância GCUT11.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT11 | V | A | T | 76.0952 | 5.36442e-05 | 10 |
| GCUT11 | V | A | F | 51.201 | 0.000117588 | 16.6667 |
| GCUT11 | V | P | T | 76.0952 | 4.8542e-05 | 10 |
| GCUT11 | V | P | F | 51.201 | 7.86304e-05 | 16.6667 |
| GCUT11 | V | H | T | 59.2969 | 3.98636e-05 | 6.66667 |
| GCUT11 | V | H | F | 59.5818 | 7.9298e-05 | 16.6667 |
| GCUT11 | V | W | T | 82.6283 | 5.25475e-05 | 10 |
| GCUT11 | V | W | F | 38.3174 | 5.34534e-05 | 10 |
| GCUT11 | V | I | T | 66.3607 | 7.46727e-05 | 16.6667 |
| GCUT11 | V | I | F | 59.7295 | 5.24044e-05 | 10 |
| GCUT11 | H | A | T | 66.0312 | 4.71592e-05 | 6.66667 |
| GCUT11 | H | A | F | 66.5978 | 0.000100756 | 20 |
| GCUT11 | H | P | T | 66.0312 | 4.43459e-05 | 6.66667 |
| GCUT11 | H | P | F | 66.5978 | 0.00010047 | 20 |
| GCUT11 | H | H | T | 59.2969 | 4.24862e-05 | 6.66667 |
| GCUT11 | H | H | F | 46.0496 | 5.70297e-05 | 10 |
| GCUT11 | H | W | T | 81.7617 | 6.07491e-05 | 13.3333 |
| GCUT11 | H | W | F | 65.997 | 0.00010128 | 20 |
| GCUT11 | H | I | T | 54.3848 | 5.64575e-05 | 10 |
| GCUT11 | H | I | F | 62.8011 | 5.35011e-05 | 10 |
| GCUT11 | M | A | T | 78.1734 | 8.74043e-05 | 10 |
| GCUT11 | M | A | F | 51.201 | 0.000129747 | 16.6667 |
| GCUT11 | M | P | T | 78.1734 | 8.40187e-05 | 10 |
| GCUT11 | M | P | F | 51.201 | 0.000139189 | 16.6667 |
| GCUT11 | M | H | T | 59.2969 | 6.39915e-05 | 6.66667 |
| GCUT11 | M | H | F | 56.1136 | 0.000112915 | 13.3333 |
| GCUT11 | M | W | T | 81.7617 | 0.000108767 | 13.3333 |
| GCUT11 | M | W | F | 58.7358 | 0.000133801 | 16.6667 |
| GCUT11 | M | I | T | 79.2448 | 0.000134325 | 16.6667 |
| GCUT11 | M | I | F | 71.8717 | 0.000107908 | 13.3333 |
| GCUT11 | N | A | T | 78.1734 | 0.0001513 | 10 |
| GCUT11 | N | A | F | 65.997 | 0.0018229 | 20 |
| GCUT11 | N | P | T | 78.1734 | 0.00014205 | 10 |
| GCUT11 | N | P | F | 66.5978 | 0.00189857 | 20 |
| GCUT11 | N | H | T | 59.2969 | 0.00010004 | 6.66667 |
| GCUT11 | N | H | F | 68.2558 | 0.00161762 | 16.6667 |
| GCUT11 | N | W | T | 82.6283 | 0.000265694 | 10 |
| GCUT11 | N | W | F | 58.7358 | 0.00125918 | 16.6667 |
| GCUT11 | N | I | T | 64.4488 | 0.000669289 | 13.3333 |
| GCUT11 | N | I | F | 71.8717 | 0.000209665 | 13.3333 |

Fonte: autor

Tabela 35 – Resultados da instância GCUT12.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT12 | V | A | T | 86.2188 | 5.84602e-05 | 6 |
| GCUT12 | V | A | F | 75.9497 | 0.000109577 | 12 |
| GCUT12 | V | P | T | 86.2188 | 5.80311e-05 | 6 |
| GCUT12 | V | P | F | 77.3433 | 0.000107861 | 12 |
| GCUT12 | V | H | T | 86.2188 | 5.87463e-05 | 6 |
| GCUT12 | V | H | F | 62.7312 | 9.53674e-05 | 10 |
| GCUT12 | V | W | T | 87.9958 | 6.59466e-05 | 6 |
| GCUT12 | V | W | F | 42.5142 | 6.17981e-05 | 6 |
| GCUT12 | V | I | T | 84.8231 | 9.54151e-05 | 10 |
| GCUT12 | V | I | F | 69.2716 | 6.44207e-05 | 6 |
| GCUT12 | H | A | T | 86.2188 | 5.98431e-05 | 6 |
| GCUT12 | H | A | F | 45.9083 | 9.41277e-05 | 8 |
| GCUT12 | H | P | T | 86.2188 | 6.03676e-05 | 6 |
| GCUT12 | H | P | F | 46.0824 | 9.90868e-05 | 8 |
| GCUT12 | H | H | T | 86.2188 | 6.10828e-05 | 6 |
| GCUT12 | H | H | F | 46.6858 | 7.38144e-05 | 6 |
| GCUT12 | H | W | T | 80.0304 | 6.07014e-05 | 6 |
| GCUT12 | H | W | F | 67.3601 | 0.00010519 | 10 |
| GCUT12 | H | I | T | 75.9252 | 8.74996e-05 | 8 |
| GCUT12 | H | I | F | 81.7816 | 9.00745e-05 | 8 |
| GCUT12 | M | A | T | 86.2188 | 9.41753e-05 | 6 |
| GCUT12 | M | A | F | 88.4597 | 0.000227261 | 14 |
| GCUT12 | M | P | T | 86.2188 | 9.5892e-05 | 6 |
| GCUT12 | M | P | F | 88.4597 | 0.000198746 | 14 |
| GCUT12 | M | H | T | 86.2188 | 9.44614e-05 | 6 |
| GCUT12 | M | H | F | 62.4328 | 0.000129747 | 8 |
| GCUT12 | M | W | T | 80.0304 | 9.66072e-05 | 6 |
| GCUT12 | M | W | F | 56.874 | 0.000134134 | 8 |
| GCUT12 | M | I | T | 75.9252 | 0.000136709 | 8 |
| GCUT12 | M | I | F | 81.6102 | 0.000129271 | 8 |
| GCUT12 | N | A | T | 86.2188 | 0.000171995 | 6 |
| GCUT12 | N | A | F | 72.7781 | 0.00243087 | 12 |
| GCUT12 | N | P | T | 86.2188 | 0.000167131 | 6 |
| GCUT12 | N | P | F | 58.4183 | 0.00269961 | 10 |
| GCUT12 | N | H | T | 86.2188 | 0.000162601 | 6 |
| GCUT12 | N | H | F | 62.4328 | 0.00143991 | 8 |
| GCUT12 | N | W | T | 80.0304 | 0.000239086 | 6 |
| GCUT12 | N | W | F | 70.6035 | 0.00101504 | 10 |
| GCUT12 | N | I | T | 75.9252 | 0.000395203 | 8 |
| GCUT12 | N | I | F | 81.6102 | 0.000507116 | 8 |

Fonte: autor

Tabela 36 – Resultados da instância GCUT13.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| GCUT13 | V | A | T | 91.2187 | 0.000153828 | 34.375 |
| GCUT13 | V | A | F | 22.6051 | 0.000190544 | 37.5 |
| GCUT13 | V | P | T | 91.2187 | 0.000158548 | 34.375 |
| GCUT13 | V | P | F | 34.3835 | 0.000219536 | 46.875 |
| GCUT13 | V | H | T | 91.4087 | 0.000181437 | 40.625 |
| GCUT13 | V | H | F | 30.7244 | 0.000216961 | 43.75 |
| GCUT13 | V | W | T | 81.8049 | 0.000237751 | 53.125 |
| GCUT13 | V | W | F | 10.1909 | 0.000105858 | 21.875 |
| GCUT13 | V | I | T | 81.9018 | 0.000184488 | 40.625 |
| GCUT13 | V | I | F | 10.1909 | 0.00010376 | 21.875 |
| GCUT13 | H | A | T | 84.1311 | 0.000230312 | 46.875 |
| GCUT13 | H | A | F | 34 | 0.000250435 | 46.875 |
| GCUT13 | H | P | T | 84.7578 | 0.000255823 | 50 |
| GCUT13 | H | P | F | 34.0502 | 0.000253391 | 46.875 |
| GCUT13 | H | H | T | 83.4785 | 0.000253153 | 50 |
| GCUT13 | H | H | F | 16.3304 | 0.000169277 | 31.25 |
| GCUT13 | H | W | T | 47.0389 | 0.000270033 | 56.25 |
| GCUT13 | H | W | F | 37.3764 | 0.000271225 | 50 |
| GCUT13 | H | I | T | 47.0389 | 0.00026679 | 56.25 |
| GCUT13 | H | I | F | 37.3764 | 0.000272942 | 50 |
| GCUT13 | M | A | T | 91.2187 | 0.000276184 | 34.375 |
| GCUT13 | M | A | F | 40.5105 | 0.000465775 | 53.125 |
| GCUT13 | M | P | T | 91.2187 | 0.00026989 | 34.375 |
| GCUT13 | M | P | F | 40.5105 | 0.000464296 | 53.125 |
| GCUT13 | M | H | T | 91.4087 | 0.000315237 | 40.625 |
| GCUT13 | M | H | F | 32.934 | 0.000377607 | 43.75 |
| GCUT13 | M | W | T | 73.4412 | 0.000514221 | 62.5 |
| GCUT13 | M | W | F | 40.0229 | 0.000399065 | 46.875 |
| GCUT13 | M | I | T | 75.5894 | 0.000491953 | 59.375 |
| GCUT13 | M | I | F | 40.0229 | 0.000404119 | 46.875 |
| GCUT13 | N | A | T | 91.2187 | 0.0125647 | 34.375 |
| GCUT13 | N | A | F | 58.9385 | 0.05015 | 65.625 |
| GCUT13 | N | P | T | 91.2187 | 0.0125752 | 34.375 |
| GCUT13 | N | P | F | 54.0947 | 0.0459689 | 62.5 |
| GCUT13 | N | H | T | 91.2187 | 0.0126344 | 34.375 |
| GCUT13 | N | H | F | 58.9385 | 0.0497567 | 65.625 |
| GCUT13 | N | W | T | 72.3215 | 0.0262862 | 65.625 |
| GCUT13 | N | W | F | 47.4392 | 0.0240194 | 46.875 |
| GCUT13 | N | I | T | 77.8546 | 0.0251795 | 62.5 |
| GCUT13 | N | I | F | 47.4392 | 0.0241768 | 46.875 |

Fonte: autor

Tabela 37 – Resultados da instância NGCUT01.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT01 | V | A | T | 78 | 5.21183e-05 | 40 |
| NGCUT01 | V | A | F | 70 | 4.16279e-05 | 40 |
| NGCUT01 | V | P | T | 62 | 3.19004e-05 | 30 |
| NGCUT01 | V | P | F | 60 | 3.32832e-05 | 30 |
| NGCUT01 | V | H | T | 78 | 4.97341e-05 | 40 |
| NGCUT01 | V | H | F | 70 | 4.3726e-05 | 40 |
| NGCUT01 | V | W | T | 72 | 3.67165e-05 | 40 |
| NGCUT01 | V | W | F | 78 | 4.673e-05 | 40 |
| NGCUT01 | V | I | T | 76 | 4.68731e-05 | 40 |
| NGCUT01 | V | I | F | 78 | 4.81129e-05 | 40 |
| NGCUT01 | H | A | T | 62 | 3.26157e-05 | 30 |
| NGCUT01 | H | A | F | 92 | 4.51088e-05 | 50 |
| NGCUT01 | H | P | T | 62 | 2.93732e-05 | 30 |
| NGCUT01 | H | P | F | 76 | 3.91483e-05 | 40 |
| NGCUT01 | H | H | T | 78 | 4.1008e-05 | 40 |
| NGCUT01 | H | H | F | 92 | 4.32491e-05 | 50 |
| NGCUT01 | H | W | T | 92 | 4.3726e-05 | 50 |
| NGCUT01 | H | W | F | 78 | 4.52042e-05 | 40 |
| NGCUT01 | H | I | T | 76 | 4.75407e-05 | 40 |
| NGCUT01 | H | I | F | 58 | 3.47614e-05 | 30 |
| NGCUT01 | M | A | T | 78 | 9.84669e-05 | 40 |
| NGCUT01 | M | A | F | 92 | 9.62257e-05 | 50 |
| NGCUT01 | M | P | T | 62 | 6.814e-05 | 30 |
| NGCUT01 | M | P | F | 60 | 6.28948e-05 | 30 |
| NGCUT01 | M | H | T | 78 | 9.48429e-05 | 40 |
| NGCUT01 | M | H | F | 92 | 9.26971e-05 | 50 |
| NGCUT01 | M | W | T | 92 | 8.92162e-05 | 50 |
| NGCUT01 | M | W | F | 78 | 9.40323e-05 | 40 |
| NGCUT01 | M | I | T | 76 | 9.84192e-05 | 40 |
| NGCUT01 | M | I | F | 78 | 9.42707e-05 | 40 |
| NGCUT01 | N | A | T | 62 | 0.000230789 | 30 |
| NGCUT01 | N | A | F | 70 | 0.000353765 | 40 |
| NGCUT01 | N | P | T | 62 | 0.000114679 | 30 |
| NGCUT01 | N | P | F | 76 | 0.000197554 | 40 |
| NGCUT01 | N | H | T | 78 | 0.000192642 | 40 |
| NGCUT01 | N | H | F | 92 | 0.000408888 | 50 |
| NGCUT01 | N | W | T | 92 | 0.000286436 | 50 |
| NGCUT01 | N | W | F | 78 | 0.000196457 | 40 |
| NGCUT01 | N | I | T | 76 | 0.000201559 | 40 |
| NGCUT01 | N | I | F | 58 | 0.000216818 | 30 |

Fonte: autor

Tabela 38 – Resultados da instância NGCUT02.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT02 | V | A | T | 97 | 6.49452e-05 | 29.4118 |
| NGCUT02 | V | A | F | 76 | 6.93798e-05 | 41.1765 |
| NGCUT02 | V | P | T | 97 | 4.26769e-05 | 29.4118 |
| NGCUT02 | V | P | F | 76 | 7.16209e-05 | 41.1765 |
| NGCUT02 | V | H | T | 78 | 4.81606e-05 | 29.4118 |
| NGCUT02 | V | H | F | 56 | 6.38962e-05 | 35.2941 |
| NGCUT02 | V | W | T | 97 | 4.52042e-05 | 29.4118 |
| NGCUT02 | V | W | F | 78 | 4.64916e-05 | 29.4118 |
| NGCUT02 | V | I | T | 70 | 5.08785e-05 | 23.5294 |
| NGCUT02 | V | I | F | 64 | 5.16415e-05 | 35.2941 |
| NGCUT02 | H | A | T | 91 | 5.71728e-05 | 29.4118 |
| NGCUT02 | H | A | F | 52 | 7.76768e-05 | 35.2941 |
| NGCUT02 | H | P | T | 91 | 5.73158e-05 | 29.4118 |
| NGCUT02 | H | P | F | 52 | 7.76768e-05 | 35.2941 |
| NGCUT02 | H | H | T | 90 | 5.98431e-05 | 41.1765 |
| NGCUT02 | H | H | F | 52 | 7.82967e-05 | 35.2941 |
| NGCUT02 | H | W | T | 91 | 8.06808e-05 | 29.4118 |
| NGCUT02 | H | W | F | 88 | 6.13213e-05 | 41.1765 |
| NGCUT02 | H | I | T | 64 | 8.24928e-05 | 35.2941 |
| NGCUT02 | H | I | F | 82 | 8.45432e-05 | 52.9412 |
| NGCUT02 | M | A | T | 91 | 0.000106525 | 29.4118 |
| NGCUT02 | M | A | F | 52 | 0.000138283 | 35.2941 |
| NGCUT02 | M | P | T | 91 | 0.000110149 | 29.4118 |
| NGCUT02 | M | P | F | 52 | 0.000142813 | 35.2941 |
| NGCUT02 | M | H | T | 78 | 9.83715e-05 | 29.4118 |
| NGCUT02 | M | H | F | 52 | 0.000137663 | 35.2941 |
| NGCUT02 | M | W | T | 91 | 0.000102854 | 29.4118 |
| NGCUT02 | M | W | F | 78 | 0.000102091 | 29.4118 |
| NGCUT02 | M | I | T | 64 | 0.000137091 | 35.2941 |
| NGCUT02 | M | I | F | 82 | 0.000169992 | 52.9412 |
| NGCUT02 | N | A | T | 97 | 0.000383615 | 29.4118 |
| NGCUT02 | N | A | F | 76 | 0.00114837 | 41.1765 |
| NGCUT02 | N | P | T | 97 | 0.000376749 | 29.4118 |
| NGCUT02 | N | P | F | 76 | 0.00107827 | 41.1765 |
| NGCUT02 | N | H | T | 90 | 0.000703573 | 41.1765 |
| NGCUT02 | N | H | F | 86 | 0.00134726 | 47.0588 |
| NGCUT02 | N | W | T | 91 | 0.000589943 | 29.4118 |
| NGCUT02 | N | W | F | 88 | 0.000553226 | 41.1765 |
| NGCUT02 | N | I | T | 88 | 0.00075531 | 41.1765 |
| NGCUT02 | N | I | F | 82 | 0.000933886 | 52.9412 |

Fonte: autor

Tabela 39 – Resultados da instância NGCUT03.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT03 | V | A | T | 90 | 5.84602e-05 | 28.5714 |
| NGCUT03 | V | A | F | 66 | 8.54015e-05 | 38.0952 |
| NGCUT03 | V | P | T | 84 | 5.04494e-05 | 23.8095 |
| NGCUT03 | V | P | F | 57 | 7.47681e-05 | 33.3333 |
| NGCUT03 | V | H | T | 85 | 5.80311e-05 | 28.5714 |
| NGCUT03 | V | H | F | 66 | 8.50201e-05 | 38.0952 |
| NGCUT03 | V | W | T | 88 | 5.87463e-05 | 28.5714 |
| NGCUT03 | V | W | F | 64 | 5.24044e-05 | 23.8095 |
| NGCUT03 | V | I | T | 93 | 7.20024e-05 | 38.0952 |
| NGCUT03 | V | I | F | 70 | 7.57217e-05 | 38.0952 |
| NGCUT03 | H | A | T | 81 | 5.05924e-05 | 19.0476 |
| NGCUT03 | H | A | F | 72 | 9.57489e-05 | 42.8571 |
| NGCUT03 | H | P | T | 90 | 6.59466e-05 | 33.3333 |
| NGCUT03 | H | P | F | 72 | 9.64165e-05 | 42.8571 |
| NGCUT03 | H | H | T | 93 | 6.63757e-05 | 38.0952 |
| NGCUT03 | H | H | F | 80 | 9.48906e-05 | 42.8571 |
| NGCUT03 | H | W | T | 90 | 6.85215e-05 | 33.3333 |
| NGCUT03 | H | W | F | 78 | 8.61168e-05 | 38.0952 |
| NGCUT03 | H | I | T | 90 | 0.000159931 | 52.381 |
| NGCUT03 | H | I | F | 70 | 9.40323e-05 | 38.0952 |
| NGCUT03 | M | A | T | 80 | 9.90868e-05 | 23.8095 |
| NGCUT03 | M | A | F | 60 | 0.000185966 | 38.0952 |
| NGCUT03 | M | P | T | 90 | 0.000130463 | 33.3333 |
| NGCUT03 | M | P | F | 72 | 0.000187302 | 42.8571 |
| NGCUT03 | M | H | T | 85 | 0.000122499 | 28.5714 |
| NGCUT03 | M | H | F | 80 | 0.000188351 | 42.8571 |
| NGCUT03 | M | W | T | 90 | 0.000130367 | 33.3333 |
| NGCUT03 | M | W | F | 78 | 0.000167227 | 38.0952 |
| NGCUT03 | M | I | T | 90 | 0.00020771 | 52.381 |
| NGCUT03 | M | I | F | 70 | 0.000174761 | 38.0952 |
| NGCUT03 | N | A | T | 90 | 0.000606346 | 28.5714 |
| NGCUT03 | N | A | F | 86 | 0.00535707 | 42.8571 |
| NGCUT03 | N | P | T | 84 | 0.000549841 | 23.8095 |
| NGCUT03 | N | P | F | 72 | 0.00190721 | 42.8571 |
| NGCUT03 | N | H | T | 93 | 0.000912476 | 38.0952 |
| NGCUT03 | N | H | F | 88 | 0.00291681 | 47.619 |
| NGCUT03 | N | W | T | 90 | 0.000712872 | 33.3333 |
| NGCUT03 | N | W | F | 72 | 0.00305543 | 33.3333 |
| NGCUT03 | N | I | T | 93 | 0.00315442 | 38.0952 |
| NGCUT03 | N | I | F | 80 | 0.00251474 | 42.8571 |

Fonte: autor

Tabela 40 – Resultados da instância NGCUT04.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT04 | V | A | T | 70 | 3.19004e-05 | 57.1429 |
| NGCUT04 | V | A | F | 20 | 2.45571e-05 | 28.5714 |
| NGCUT04 | V | P | T | 78 | 4.24862e-05 | 71.4286 |
| NGCUT04 | V | P | F | 30 | 2.25067e-05 | 28.5714 |
| NGCUT04 | V | H | T | 30 | 2.20776e-05 | 28.5714 |
| NGCUT04 | V | H | F | 20 | 2.56538e-05 | 28.5714 |
| NGCUT04 | V | W | T | 78 | 4.42982e-05 | 71.4286 |
| NGCUT04 | V | W | F | 30 | 2.31743e-05 | 28.5714 |
| NGCUT04 | V | I | T | 62 | 3.86238e-05 | 57.1429 |
| NGCUT04 | V | I | F | 70 | 3.33786e-05 | 57.1429 |
| NGCUT04 | H | A | T | 92 | 4.6587e-05 | 85.7143 |
| NGCUT04 | H | A | F | 52 | 4.64916e-05 | 57.1429 |
| NGCUT04 | H | P | T | 78 | 4.56333e-05 | 71.4286 |
| NGCUT04 | H | P | F | 52 | 4.53472e-05 | 57.1429 |
| NGCUT04 | H | H | T | 70 | 3.68118e-05 | 57.1429 |
| NGCUT04 | H | H | F | 78 | 4.70638e-05 | 71.4286 |
| NGCUT04 | H | W | T | 78 | 4.73022e-05 | 71.4286 |
| NGCUT04 | H | W | F | 52 | 4.54426e-05 | 57.1429 |
| NGCUT04 | H | I | T | 88 | 5.50747e-05 | 85.7143 |
| NGCUT04 | H | I | F | 92 | 4.67777e-05 | 85.7143 |
| NGCUT04 | M | A | T | 92 | 0.00010519 | 85.7143 |
| NGCUT04 | M | A | F | 52 | 8.85487e-05 | 57.1429 |
| NGCUT04 | M | P | T | 78 | 9.67979e-05 | 71.4286 |
| NGCUT04 | M | P | F | 52 | 8.82149e-05 | 57.1429 |
| NGCUT04 | M | H | T | 70 | 7.48634e-05 | 57.1429 |
| NGCUT04 | M | H | F | 78 | 0.000101376 | 71.4286 |
| NGCUT04 | M | W | T | 78 | 0.000138092 | 71.4286 |
| NGCUT04 | M | W | F | 52 | 0.000110435 | 57.1429 |
| NGCUT04 | M | I | T | 88 | 0.000107145 | 85.7143 |
| NGCUT04 | M | I | F | 70 | 7.61986e-05 | 57.1429 |
| NGCUT04 | N | A | T | 92 | 0.000423479 | 85.7143 |
| NGCUT04 | N | A | F | 52 | 0.000194979 | 57.1429 |
| NGCUT04 | N | P | T | 78 | 0.000292778 | 71.4286 |
| NGCUT04 | N | P | F | 52 | 0.000194883 | 57.1429 |
| NGCUT04 | N | H | T | 70 | 0.000187826 | 57.1429 |
| NGCUT04 | N | H | F | 78 | 0.000293541 | 71.4286 |
| NGCUT04 | N | W | T | 78 | 0.000294685 | 71.4286 |
| NGCUT04 | N | W | F | 52 | 0.000198174 | 57.1429 |
| NGCUT04 | N | I | T | 88 | 0.000424051 | 85.7143 |
| NGCUT04 | N | I | F | 92 | 0.000409985 | 85.7143 |

Fonte: autor

Tabela 41 – Resultados da instância NGCUT05.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT05 | V | A | T | 92.6667 | 4.72546e-05 | 35.7143 |
| NGCUT05 | V | A | F | 53.3333 | 4.89712e-05 | 35.7143 |
| NGCUT05 | V | P | T | 92.6667 | 4.58241e-05 | 35.7143 |
| NGCUT05 | V | P | F | 31.3333 | 2.61784e-05 | 14.2857 |
| NGCUT05 | V | H | T | 71.3333 | 4.1008e-05 | 28.5714 |
| NGCUT05 | V | H | F | 75.3333 | 5.71728e-05 | 42.8571 |
| NGCUT05 | V | W | T | 92.6667 | 5.32627e-05 | 42.8571 |
| NGCUT05 | V | W | F | 31.3333 | 2.35081e-05 | 14.2857 |
| NGCUT05 | V | I | T | 75.3333 | 5.42641e-05 | 42.8571 |
| NGCUT05 | V | I | F | 71.3333 | 4.673e-05 | 28.5714 |
| NGCUT05 | H | A | T | 79.3333 | 4.99725e-05 | 28.5714 |
| NGCUT05 | H | A | F | 70 | 7.41959e-05 | 42.8571 |
| NGCUT05 | H | P | T | 79.3333 | 4.80175e-05 | 28.5714 |
| NGCUT05 | H | P | F | 60 | 6.47068e-05 | 35.7143 |
| NGCUT05 | H | H | T | 78.6667 | 5.14507e-05 | 35.7143 |
| NGCUT05 | H | H | F | 70 | 7.41959e-05 | 42.8571 |
| NGCUT05 | H | W | T | 79.3333 | 6.11305e-05 | 35.7143 |
| NGCUT05 | H | W | F | 78.6667 | 5.04494e-05 | 35.7143 |
| NGCUT05 | H | I | T | 83.3333 | 6.70433e-05 | 42.8571 |
| NGCUT05 | H | I | F | 65.3333 | 5.20229e-05 | 28.5714 |
| NGCUT05 | M | A | T | 79.3333 | 9.62257e-05 | 28.5714 |
| NGCUT05 | M | A | F | 70 | 0.000136614 | 42.8571 |
| NGCUT05 | M | P | T | 79.3333 | 9.43661e-05 | 28.5714 |
| NGCUT05 | M | P | F | 60 | 0.000119925 | 35.7143 |
| NGCUT05 | M | H | T | 71.3333 | 8.71181e-05 | 28.5714 |
| NGCUT05 | M | H | F | 70 | 0.000136471 | 42.8571 |
| NGCUT05 | M | W | T | 79.3333 | 0.000109386 | 35.7143 |
| NGCUT05 | M | W | F | 78.6667 | 0.000105143 | 35.7143 |
| NGCUT05 | M | I | T | 83.3333 | 0.000129557 | 42.8571 |
| NGCUT05 | M | I | F | 58 | 7.30038e-05 | 21.4286 |
| NGCUT05 | N | A | T | 92.6667 | 0.000309277 | 35.7143 |
| NGCUT05 | N | A | F | 73.3333 | 0.000691748 | 42.8571 |
| NGCUT05 | N | P | T | 92.6667 | 0.000312424 | 35.7143 |
| NGCUT05 | N | P | F | 60 | 0.000341892 | 35.7143 |
| NGCUT05 | N | H | T | 78.6667 | 0.00029521 | 35.7143 |
| NGCUT05 | N | H | F | 70 | 0.000586367 | 42.8571 |
| NGCUT05 | N | W | T | 92.6667 | 0.000437689 | 42.8571 |
| NGCUT05 | N | W | F | 78.6667 | 0.000334167 | 35.7143 |
| NGCUT05 | N | I | T | 83.3333 | 0.000420189 | 42.8571 |
| NGCUT05 | N | I | F | 65.3333 | 0.000287056 | 28.5714 |

Fonte: autor

Tabela 42 – Resultados da instância NGCUT06.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT06 | V | A | T | 80 | 7.06196e-05 | 40 |
| NGCUT06 | V | A | F | 70.6667 | 8.53062e-05 | 46.6667 |
| NGCUT06 | V | P | T | 90.6667 | 6.66618e-05 | 46.6667 |
| NGCUT06 | V | P | F | 70.6667 | 8.77857e-05 | 46.6667 |
| NGCUT06 | V | H | T | 68 | 8.3065e-05 | 40 |
| NGCUT06 | V | H | F | 78.6667 | 7.37667e-05 | 46.6667 |
| NGCUT06 | V | W | T | 76 | 7.69138e-05 | 46.6667 |
| NGCUT06 | V | W | F | 70.6667 | 0.0001091 | 46.6667 |
| NGCUT06 | V | I | T | 72 | 6.88076e-05 | 40 |
| NGCUT06 | V | I | F | 70.6667 | 7.66277e-05 | 46.6667 |
| NGCUT06 | H | A | T | 74.6667 | 6.70433e-05 | 40 |
| NGCUT06 | H | A | F | 62.6667 | 7.51495e-05 | 40 |
| NGCUT06 | H | P | T | 64 | 7.09534e-05 | 33.3333 |
| NGCUT06 | H | P | F | 69.3333 | 6.61373e-05 | 40 |
| NGCUT06 | H | H | T | 70.6667 | 8.06332e-05 | 46.6667 |
| NGCUT06 | H | H | F | 57.3333 | 6.69956e-05 | 33.3333 |
| NGCUT06 | H | W | T | 57.3333 | 7.30991e-05 | 33.3333 |
| NGCUT06 | H | W | F | 65.3333 | 6.5279e-05 | 40 |
| NGCUT06 | H | I | T | 72 | 7.1764e-05 | 40 |
| NGCUT06 | H | I | F | 74.6667 | 7.48634e-05 | 40 |
| NGCUT06 | M | A | T | 60 | 0.000117302 | 33.3333 |
| NGCUT06 | M | A | F | 70.6667 | 0.000165844 | 46.6667 |
| NGCUT06 | M | P | T | 64 | 0.000118113 | 33.3333 |
| NGCUT06 | M | P | F | 70.6667 | 0.000168228 | 46.6667 |
| NGCUT06 | M | H | T | 70.6667 | 0.000170612 | 46.6667 |
| NGCUT06 | M | H | F | 57.3333 | 0.000119257 | 33.3333 |
| NGCUT06 | M | W | T | 57.3333 | 0.000121689 | 33.3333 |
| NGCUT06 | M | W | F | 70.6667 | 0.00016284 | 46.6667 |
| NGCUT06 | M | I | T | 72 | 0.000126123 | 40 |
| NGCUT06 | M | I | F | 80 | 0.00015645 | 46.6667 |
| NGCUT06 | N | A | T | 85.3333 | 0.000766373 | 46.6667 |
| NGCUT06 | N | A | F | 70.6667 | 0.00267515 | 46.6667 |
| NGCUT06 | N | P | T | 77.3333 | 0.000723839 | 40 |
| NGCUT06 | N | P | F | 88 | 0.00228376 | 53.3333 |
| NGCUT06 | N | H | T | 70.6667 | 0.00153131 | 46.6667 |
| NGCUT06 | N | H | F | 73.3333 | 0.00110459 | 46.6667 |
| NGCUT06 | N | W | T | 70.6667 | 0.0013248 | 40 |
| NGCUT06 | N | W | F | 84 | 0.00127835 | 53.3333 |
| NGCUT06 | N | I | T | 84 | 0.000895262 | 46.6667 |
| NGCUT06 | N | I | F | 70.6667 | 0.00160666 | 46.6667 |

Fonte: autor

Tabela 43 – Resultados da instância NGCUT07.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT07 | V | A | T | 33.75 | 7.6437e-05 | 87.5 |
| NGCUT07 | V | A | F | 20.25 | 5.63145e-05 | 75 |
| NGCUT07 | V | P | T | 100 | 8.23021e-05 | 100 |
| NGCUT07 | V | P | F | 20.25 | 5.79834e-05 | 75 |
| NGCUT07 | V | H | T | 20.25 | 6.49452e-05 | 75 |
| NGCUT07 | V | H | F | 20.25 | 6.66618e-05 | 75 |
| NGCUT07 | V | W | T | 100 | 7.8249e-05 | 100 |
| NGCUT07 | V | W | F | 8.25 | 5.27382e-05 | 62.5 |
| NGCUT07 | V | I | T | 20.25 | 8.70228e-05 | 75 |
| NGCUT07 | V | I | F | 20.25 | 6.66618e-05 | 75 |
| NGCUT07 | H | A | T | 100 | 7.48634e-05 | 100 |
| NGCUT07 | H | A | F | 33.75 | 6.94752e-05 | 87.5 |
| NGCUT07 | H | P | T | 100 | 7.30038e-05 | 100 |
| NGCUT07 | H | P | F | 33.75 | 6.81877e-05 | 87.5 |
| NGCUT07 | H | H | T | 100 | 7.57217e-05 | 100 |
| NGCUT07 | H | H | F | 100 | 7.83443e-05 | 100 |
| NGCUT07 | H | W | T | 100 | 7.34329e-05 | 100 |
| NGCUT07 | H | W | F | 33.75 | 7.24316e-05 | 87.5 |
| NGCUT07 | H | I | T | 100 | 7.77721e-05 | 100 |
| NGCUT07 | H | I | F | 100 | 7.61032e-05 | 100 |
| NGCUT07 | M | A | T | 100 | 0.000176001 | 100 |
| NGCUT07 | M | A | F | 33.75 | 0.000213671 | 87.5 |
| NGCUT07 | M | P | T | 100 | 0.000166702 | 100 |
| NGCUT07 | M | P | F | 33.75 | 0.000136805 | 87.5 |
| NGCUT07 | M | H | T | 33.75 | 0.00014863 | 87.5 |
| NGCUT07 | M | H | F | 100 | 0.000166416 | 100 |
| NGCUT07 | M | W | T | 100 | 0.000165224 | 100 |
| NGCUT07 | M | W | F | 33.75 | 0.000151968 | 87.5 |
| NGCUT07 | M | I | T | 100 | 0.000172472 | 100 |
| NGCUT07 | M | I | F | 33.75 | 0.0001472 | 87.5 |
| NGCUT07 | N | A | T | 100 | 0.00074873 | 100 |
| NGCUT07 | N | A | F | 33.75 | 0.00057478 | 87.5 |
| NGCUT07 | N | P | T | 100 | 0.000746536 | 100 |
| NGCUT07 | N | P | F | 33.75 | 0.000566196 | 87.5 |
| NGCUT07 | N | H | T | 100 | 0.000736761 | 100 |
| NGCUT07 | N | H | F | 100 | 0.000749397 | 100 |
| NGCUT07 | N | W | T | 100 | 0.000742579 | 100 |
| NGCUT07 | N | W | F | 33.75 | 0.000569916 | 87.5 |
| NGCUT07 | N | I | T | 100 | 0.000740957 | 100 |
| NGCUT07 | N | I | F | 100 | 0.00074439 | 100 |

Fonte: autor

Tabela 44 – Resultados da instância NGCUT08.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT08 | V | A | T | 79.5 | 4.19617e-05 | 30.7692 |
| NGCUT08 | V | A | F | 39.5 | 6.59466e-05 | 46.1538 |
| NGCUT08 | V | P | T | 85.25 | 5.57899e-05 | 46.1538 |
| NGCUT08 | V | P | F | 33 | 4.70161e-05 | 30.7692 |
| NGCUT08 | V | H | T | 55 | 5.02586e-05 | 38.4615 |
| NGCUT08 | V | H | F | 39.5 | 6.53744e-05 | 46.1538 |
| NGCUT08 | V | W | T | 85.25 | 5.53131e-05 | 46.1538 |
| NGCUT08 | V | W | F | 61 | 5.70774e-05 | 46.1538 |
| NGCUT08 | V | I | T | 73 | 6.78539e-05 | 53.8462 |
| NGCUT08 | V | I | F | 38.25 | 4.9448e-05 | 30.7692 |
| NGCUT08 | H | A | T | 88.75 | 6.54697e-05 | 46.1538 |
| NGCUT08 | H | A | F | 62.75 | 8.84056e-05 | 61.5385 |
| NGCUT08 | H | P | T | 85.25 | 7.04288e-05 | 46.1538 |
| NGCUT08 | H | P | F | 62.75 | 8.62598e-05 | 61.5385 |
| NGCUT08 | H | H | T | 73 | 6.73294e-05 | 53.8462 |
| NGCUT08 | H | H | F | 58.25 | 7.1907e-05 | 46.1538 |
| NGCUT08 | H | W | T | 85.25 | 6.83308e-05 | 46.1538 |
| NGCUT08 | H | W | F | 51.5 | 8.22544e-05 | 53.8462 |
| NGCUT08 | H | I | T | 69.5 | 7.4482e-05 | 46.1538 |
| NGCUT08 | H | I | F | 62.75 | 9.0456e-05 | 61.5385 |
| NGCUT08 | M | A | T | 85.5 | 0.000113297 | 38.4615 |
| NGCUT08 | M | A | F | 51.5 | 0.000157166 | 53.8462 |
| NGCUT08 | M | P | T | 85.25 | 0.000132084 | 46.1538 |
| NGCUT08 | M | P | F | 53.5 | 0.000156355 | 53.8462 |
| NGCUT08 | M | H | T | 73 | 0.000156927 | 53.8462 |
| NGCUT08 | M | H | F | 58.25 | 0.000135422 | 46.1538 |
| NGCUT08 | M | W | T | 85.25 | 0.000146723 | 46.1538 |
| NGCUT08 | M | W | F | 67.5 | 0.000177622 | 61.5385 |
| NGCUT08 | M | I | T | 69.5 | 0.000134754 | 46.1538 |
| NGCUT08 | M | I | F | 64.75 | 0.000175095 | 61.5385 |
| NGCUT08 | N | A | T | 88.75 | 0.000445175 | 46.1538 |
| NGCUT08 | N | A | F | 62.75 | 0.00132923 | 61.5385 |
| NGCUT08 | N | P | T | 85.25 | 0.000444031 | 46.1538 |
| NGCUT08 | N | P | F | 64.75 | 0.00150189 | 61.5385 |
| NGCUT08 | N | H | T | 73 | 0.000669289 | 53.8462 |
| NGCUT08 | N | H | F | 58.25 | 0.00193605 | 46.1538 |
| NGCUT08 | N | W | T | 85.25 | 0.000430965 | 46.1538 |
| NGCUT08 | N | W | F | 67.5 | 0.00122709 | 61.5385 |
| NGCUT08 | N | I | T | 69.5 | 0.000908756 | 46.1538 |
| NGCUT08 | N | I | F | 64.75 | 0.00125551 | 61.5385 |

Fonte: autor

Tabela 45 – Resultados da instância NGCUT09.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT09 | V | A | T | 55.5 | 7.19547e-05 | 33.3333 |
| NGCUT09 | V | A | F | 56.25 | 0.000114584 | 50 |
| NGCUT09 | V | P | T | 84.25 | 7.55787e-05 | 44.4444 |
| NGCUT09 | V | P | F | 49.25 | 8.4734e-05 | 44.4444 |
| NGCUT09 | V | H | T | 55.5 | 7.84397e-05 | 33.3333 |
| NGCUT09 | V | H | F | 57 | 9.59873e-05 | 50 |
| NGCUT09 | V | W | T | 83.75 | 8.3828e-05 | 50 |
| NGCUT09 | V | W | F | 46.75 | 7.07626e-05 | 33.3333 |
| NGCUT09 | V | I | T | 55.5 | 7.46727e-05 | 33.3333 |
| NGCUT09 | V | I | F | 62.5 | 9.50813e-05 | 50 |
| NGCUT09 | H | A | T | 76.75 | 7.77245e-05 | 38.8889 |
| NGCUT09 | H | A | F | 57 | 0.00011282 | 50 |
| NGCUT09 | H | P | T | 79 | 5.56946e-05 | 27.7778 |
| NGCUT09 | H | P | F | 57 | 0.000114059 | 50 |
| NGCUT09 | H | H | T | 72 | 6.99043e-05 | 38.8889 |
| NGCUT09 | H | H | F | 74 | 7.16686e-05 | 33.3333 |
| NGCUT09 | H | W | T | 78.5 | 6.40869e-05 | 33.3333 |
| NGCUT09 | H | W | F | 55.5 | 0.000100613 | 44.4444 |
| NGCUT09 | H | I | T | 60.75 | 8.83102e-05 | 38.8889 |
| NGCUT09 | H | I | F | 66.25 | 7.0858e-05 | 33.3333 |
| NGCUT09 | M | A | T | 55.5 | 0.000146484 | 33.3333 |
| NGCUT09 | M | A | F | 72.75 | 0.000214577 | 55.5556 |
| NGCUT09 | M | P | T | 84.25 | 0.000226307 | 44.4444 |
| NGCUT09 | M | P | F | 72.75 | 0.000216436 | 55.5556 |
| NGCUT09 | M | H | T | 55.5 | 0.000143385 | 33.3333 |
| NGCUT09 | M | H | F | 74 | 0.00013566 | 33.3333 |
| NGCUT09 | M | W | T | 78.5 | 0.000160646 | 33.3333 |
| NGCUT09 | M | W | F | 46.75 | 0.00013752 | 33.3333 |
| NGCUT09 | M | I | T | 55.5 | 0.000139713 | 33.3333 |
| NGCUT09 | M | I | F | 76.5 | 0.000207663 | 50 |
| NGCUT09 | N | A | T | 76.75 | 0.00100493 | 38.8889 |
| NGCUT09 | N | A | F | 72.75 | 0.00315299 | 55.5556 |
| NGCUT09 | N | P | T | 84.25 | 0.000754452 | 44.4444 |
| NGCUT09 | N | P | F | 72.75 | 0.0039856 | 55.5556 |
| NGCUT09 | N | H | T | 72 | 0.00123024 | 38.8889 |
| NGCUT09 | N | H | F | 80.5 | 0.00324054 | 55.5556 |
| NGCUT09 | N | W | T | 83.75 | 0.000930691 | 50 |
| NGCUT09 | N | W | F | 69.75 | 0.00388875 | 44.4444 |
| NGCUT09 | N | I | T | 76.75 | 0.00246787 | 38.8889 |
| NGCUT09 | N | I | F | 71.5 | 0.00210328 | 50 |

Fonte: autor

Tabela 46 – Resultados da instância NGCUT10.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT10 | V | A | T | 91 | 7.08103e-05 | 46.1538 |
| NGCUT10 | V | A | F | 29.4444 | 3.46184e-05 | 30.7692 |
| NGCUT10 | V | P | T | 91 | 5.14507e-05 | 46.1538 |
| NGCUT10 | V | P | F | 29.4444 | 3.29971e-05 | 30.7692 |
| NGCUT10 | V | H | T | 91 | 4.15325e-05 | 46.1538 |
| NGCUT10 | V | H | F | 39.4444 | 3.51906e-05 | 30.7692 |
| NGCUT10 | V | W | T | 74 | 4.17233e-05 | 38.4615 |
| NGCUT10 | V | W | F | 29.4444 | 3.37601e-05 | 30.7692 |
| NGCUT10 | V | I | T | 90.1111 | 6.86646e-05 | 53.8462 |
| NGCUT10 | V | I | F | 29.4444 | 3.39031e-05 | 30.7692 |
| NGCUT10 | H | A | T | 87.6667 | 5.0211e-05 | 30.7692 |
| NGCUT10 | H | A | F | 90.1111 | 6.19411e-05 | 53.8462 |
| NGCUT10 | H | P | T | 87.6667 | 5.04971e-05 | 30.7692 |
| NGCUT10 | H | P | F | 90.1111 | 6.34193e-05 | 53.8462 |
| NGCUT10 | H | H | T | 91 | 4.03881e-05 | 46.1538 |
| NGCUT10 | H | H | F | 79.8889 | 5.3978e-05 | 46.1538 |
| NGCUT10 | H | W | T | 74 | 4.67777e-05 | 38.4615 |
| NGCUT10 | H | W | F | 90.1111 | 6.5136e-05 | 53.8462 |
| NGCUT10 | H | I | T | 80.6667 | 6.39439e-05 | 46.1538 |
| NGCUT10 | H | I | F | 83.4444 | 4.9305e-05 | 46.1538 |
| NGCUT10 | M | A | T | 87.6667 | 9.34601e-05 | 30.7692 |
| NGCUT10 | M | A | F | 90.1111 | 0.000129843 | 53.8462 |
| NGCUT10 | M | P | T | 87.6667 | 9.12189e-05 | 30.7692 |
| NGCUT10 | M | P | F | 90.1111 | 0.000138569 | 53.8462 |
| NGCUT10 | M | H | T | 91 | 9.6941e-05 | 46.1538 |
| NGCUT10 | M | H | F | 79.8889 | 0.000114059 | 46.1538 |
| NGCUT10 | M | W | T | 74 | 9.68456e-05 | 38.4615 |
| NGCUT10 | M | W | F | 90.1111 | 0.000138569 | 53.8462 |
| NGCUT10 | M | I | T | 80.6667 | 0.000123978 | 46.1538 |
| NGCUT10 | M | I | F | 83.4444 | 0.000103998 | 46.1538 |
| NGCUT10 | N | A | T | 87.6667 | 0.000439978 | 30.7692 |
| NGCUT10 | N | A | F | 90.1111 | 0.000567341 | 53.8462 |
| NGCUT10 | N | P | T | 87.6667 | 0.000444937 | 30.7692 |
| NGCUT10 | N | P | F | 90.1111 | 0.000564098 | 53.8462 |
| NGCUT10 | N | H | T | 91 | 0.000398493 | 46.1538 |
| NGCUT10 | N | H | F | 79.8889 | 0.000414515 | 46.1538 |
| NGCUT10 | N | W | T | 74 | 0.000288916 | 38.4615 |
| NGCUT10 | N | W | F | 90.1111 | 0.000548363 | 53.8462 |
| NGCUT10 | N | I | T | 80.6667 | 0.000660706 | 46.1538 |
| NGCUT10 | N | I | F | 83.4444 | 0.000408363 | 46.1538 |

Fonte: autor

Tabela 47 – Resultados da instância NGCUT11.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT11 | V | A | T | 75.4444 | 7.47681e-05 | 40 |
| NGCUT11 | V | A | F | 45.8889 | 8.94547e-05 | 53.3333 |
| NGCUT11 | V | P | T | 79.7778 | 8.6832e-05 | 46.6667 |
| NGCUT11 | V | P | F | 46 | 7.17163e-05 | 40 |
| NGCUT11 | V | H | T | 75.4444 | 7.72953e-05 | 40 |
| NGCUT11 | V | H | F | 45.8889 | 8.49724e-05 | 53.3333 |
| NGCUT11 | V | W | T | 78.4444 | 7.03812e-05 | 53.3333 |
| NGCUT11 | V | W | F | 31.8889 | 6.38962e-05 | 33.3333 |
| NGCUT11 | V | I | T | 50.5556 | 6.77109e-05 | 40 |
| NGCUT11 | V | I | F | 78.5556 | 8.75473e-05 | 53.3333 |
| NGCUT11 | H | A | T | 69.1111 | 5.68867e-05 | 33.3333 |
| NGCUT11 | H | A | F | 44.6667 | 8.42571e-05 | 46.6667 |
| NGCUT11 | H | P | T | 78.4444 | 9.00745e-05 | 53.3333 |
| NGCUT11 | H | P | F | 44.6667 | 8.36372e-05 | 46.6667 |
| NGCUT11 | H | H | T | 86.3333 | 7.10964e-05 | 46.6667 |
| NGCUT11 | H | H | F | 60.7778 | 9.63688e-05 | 53.3333 |
| NGCUT11 | H | W | T | 78.4444 | 8.88348e-05 | 53.3333 |
| NGCUT11 | H | W | F | 67.6667 | 9.68456e-05 | 66.6667 |
| NGCUT11 | H | I | T | 63.3333 | 9.59873e-05 | 53.3333 |
| NGCUT11 | H | I | F | 84.7778 | 8.26836e-05 | 60 |
| NGCUT11 | M | A | T | 61.3333 | 0.000118303 | 33.3333 |
| NGCUT11 | M | A | F | 44.6667 | 0.000148392 | 46.6667 |
| NGCUT11 | M | P | T | 64.4444 | 0.000116825 | 33.3333 |
| NGCUT11 | M | P | F | 44.6667 | 0.000165796 | 46.6667 |
| NGCUT11 | M | H | T | 83.2222 | 0.000133038 | 40 |
| NGCUT11 | M | H | F | 60.7778 | 0.000178909 | 53.3333 |
| NGCUT11 | M | W | T | 78.4444 | 0.000176525 | 53.3333 |
| NGCUT11 | M | W | F | 67.6667 | 0.000212526 | 66.6667 |
| NGCUT11 | M | I | T | 58.6667 | 0.0001616 | 46.6667 |
| NGCUT11 | M | I | F | 78.5556 | 0.000177002 | 53.3333 |
| NGCUT11 | N | A | T | 69.1111 | 0.000474453 | 33.3333 |
| NGCUT11 | N | A | F | 63.3333 | 0.00140924 | 53.3333 |
| NGCUT11 | N | P | T | 92.5556 | 0.00124326 | 60 |
| NGCUT11 | N | P | F | 63.3333 | 0.00142422 | 53.3333 |
| NGCUT11 | N | H | T | 87.6667 | 0.00318589 | 46.6667 |
| NGCUT11 | N | H | F | 60.7778 | 0.00260434 | 53.3333 |
| NGCUT11 | N | W | T | 78.4444 | 0.00165014 | 53.3333 |
| NGCUT11 | N | W | F | 67.6667 | 0.00269532 | 66.6667 |
| NGCUT11 | N | I | T | 63.3333 | 0.00161729 | 53.3333 |
| NGCUT11 | N | I | F | 84.7778 | 0.0023355 | 60 |

Fonte: autor

Tabela 48 – Resultados da instância NGCUT12.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| NGCUT12 | V | A | T | 74.8889 | 8.01086e-05 | 31.8182 |
| NGCUT12 | V | A | F | 48.6667 | 0.000100374 | 40.9091 |
| NGCUT12 | V | P | T | 95 | 9.67503e-05 | 40.9091 |
| NGCUT12 | V | P | F | 52 | 8.28743e-05 | 31.8182 |
| NGCUT12 | V | H | T | 84.3333 | 8.41141e-05 | 40.9091 |
| NGCUT12 | V | H | F | 48.6667 | 9.60827e-05 | 40.9091 |
| NGCUT12 | V | W | T | 82.5556 | 9.75609e-05 | 45.4545 |
| NGCUT12 | V | W | F | 65.6667 | 7.26223e-05 | 36.3636 |
| NGCUT12 | V | I | T | 71.1111 | 9.0456e-05 | 36.3636 |
| NGCUT12 | V | I | F | 97.2222 | 9.84669e-05 | 40.9091 |
| NGCUT12 | H | A | T | 68.4444 | 8.7738e-05 | 36.3636 |
| NGCUT12 | H | A | F | 53.3333 | 0.000135231 | 45.4545 |
| NGCUT12 | H | P | T | 97.6667 | 9.408e-05 | 45.4545 |
| NGCUT12 | H | P | F | 53.3333 | 0.000137234 | 45.4545 |
| NGCUT12 | H | H | T | 84.3333 | 7.47204e-05 | 40.9091 |
| NGCUT12 | H | H | F | 53.3333 | 0.000135565 | 45.4545 |
| NGCUT12 | H | W | T | 54.4444 | 0.000120687 | 40.9091 |
| NGCUT12 | H | W | F | 83.4444 | 9.75132e-05 | 40.9091 |
| NGCUT12 | H | I | T | 65.7778 | 0.000121212 | 45.4545 |
| NGCUT12 | H | I | F | 53.3333 | 0.000130987 | 45.4545 |
| NGCUT12 | M | A | T | 57.7778 | 0.000163317 | 31.8182 |
| NGCUT12 | M | A | F | 53.3333 | 0.000246143 | 45.4545 |
| NGCUT12 | M | P | T | 95 | 0.000192642 | 40.9091 |
| NGCUT12 | M | P | F | 53.3333 | 0.000226068 | 45.4545 |
| NGCUT12 | M | H | T | 84.3333 | 0.000176334 | 40.9091 |
| NGCUT12 | M | H | F | 53.3333 | 0.000241232 | 45.4545 |
| NGCUT12 | M | W | T | 54.4444 | 0.000209951 | 40.9091 |
| NGCUT12 | M | W | F | 83.4444 | 0.000195646 | 40.9091 |
| NGCUT12 | M | I | T | 57.7778 | 0.00017643 | 31.8182 |
| NGCUT12 | M | I | F | 53.3333 | 0.000235033 | 45.4545 |
| NGCUT12 | N | A | T | 85.5556 | 0.000835943 | 36.3636 |
| NGCUT12 | N | A | F | 53.3333 | 0.00555758 | 45.4545 |
| NGCUT12 | N | P | T | 95 | 0.00142913 | 40.9091 |
| NGCUT12 | N | P | F | 53.3333 | 0.00465908 | 45.4545 |
| NGCUT12 | N | H | T | 84.3333 | 0.000932407 | 40.9091 |
| NGCUT12 | N | H | F | 53.3333 | 0.008707 | 45.4545 |
| NGCUT12 | N | W | T | 65.4444 | 0.00359254 | 45.4545 |
| NGCUT12 | N | W | F | 65.6667 | 0.00548348 | 36.3636 |
| NGCUT12 | N | I | T | 71.1111 | 0.00125933 | 36.3636 |
| NGCUT12 | N | I | F | 53.3333 | 0.00314965 | 45.4545 |

Fonte: autor

Tabela 49 – Resultados da instância OF1.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| OF1 | V | A | T | 71 | 8.69751e-05 | 26.087 |
| OF1 | V | A | F | 56.6071 | 8.91685e-05 | 34.7826 |
| OF1 | V | P | T | 84.8571 | 9.25064e-05 | 30.4348 |
| OF1 | V | P | F | 56.6071 | 9.00745e-05 | 34.7826 |
| OF1 | V | H | T | 95 | 0.000108004 | 34.7826 |
| OF1 | V | H | F | 74.75 | 8.81195e-05 | 39.1304 |
| OF1 | V | W | T | 75.5714 | 0.00010376 | 34.7826 |
| OF1 | V | W | F | 85.8571 | 0.000110388 | 34.7826 |
| OF1 | V | I | T | 74.5714 | 0.000113153 | 39.1304 |
| OF1 | V | I | F | 78.75 | 0.000104761 | 34.7826 |
| OF1 | H | A | T | 80.8929 | 7.71046e-05 | 30.4348 |
| OF1 | H | A | F | 56.2143 | 9.57012e-05 | 30.4348 |
| OF1 | H | P | T | 77.7857 | 6.67572e-05 | 21.7391 |
| OF1 | H | P | F | 70.7143 | 0.000101662 | 34.7826 |
| OF1 | H | H | T | 90.4286 | 8.51154e-05 | 34.7826 |
| OF1 | H | H | F | 58.1429 | 8.58784e-05 | 26.087 |
| OF1 | H | W | T | 60.25 | 8.81672e-05 | 26.087 |
| OF1 | H | W | F | 85.8571 | 9.25541e-05 | 34.7826 |
| OF1 | H | I | T | 69.1071 | 9.54628e-05 | 34.7826 |
| OF1 | H | I | F | 60.25 | 8.06332e-05 | 26.087 |
| OF1 | M | A | T | 75.7143 | 0.000147247 | 26.087 |
| OF1 | M | A | F | 56.6071 | 0.000204086 | 34.7826 |
| OF1 | M | P | T | 83.1786 | 0.000163364 | 30.4348 |
| OF1 | M | P | F | 56.6071 | 0.000185156 | 34.7826 |
| OF1 | M | H | T | 95 | 0.000195026 | 34.7826 |
| OF1 | M | H | F | 64.4286 | 0.00017972 | 30.4348 |
| OF1 | M | W | T | 74.75 | 0.000170326 | 30.4348 |
| OF1 | M | W | F | 85.8571 | 0.000205135 | 34.7826 |
| OF1 | M | I | T | 51.4286 | 0.000172853 | 30.4348 |
| OF1 | M | I | F | 69.1786 | 0.000281477 | 34.7826 |
| OF1 | N | A | T | 80.8929 | 0.00123076 | 30.4348 |
| OF1 | N | A | F | 56.6071 | 0.00387659 | 34.7826 |
| OF1 | N | P | T | 84.8571 | 0.00121098 | 30.4348 |
| OF1 | N | P | F | 56.6071 | 0.00546713 | 34.7826 |
| OF1 | N | H | T | 95 | 0.00144744 | 34.7826 |
| OF1 | N | H | F | 64.4286 | 0.00351505 | 30.4348 |
| OF1 | N | W | T | 81.0357 | 0.00174747 | 34.7826 |
| OF1 | N | W | F | 89 | 0.00117393 | 39.1304 |
| OF1 | N | I | T | 74.5714 | 0.00252275 | 39.1304 |
| OF1 | N | I | F | 78.75 | 0.00174804 | 34.7826 |

Fonte: autor

Tabela 50 – Resultados da instância OF2.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| OF2 | V | A | T | 81.2857 | 6.49929e-05 | 25 |
| OF2 | V | A | F | 62.8214 | 9.15051e-05 | 33.3333 |
| OF2 | V | P | T | 75.8214 | 7.31945e-05 | 25 |
| OF2 | V | P | F | 76.0714 | 0.000100279 | 37.5 |
| OF2 | V | H | T | 63.3929 | 7.16209e-05 | 20.8333 |
| OF2 | V | H | F | 78.5714 | 0.000110722 | 37.5 |
| OF2 | V | W | T | 81.8214 | 7.79629e-05 | 25 |
| OF2 | V | W | F | 54.75 | 8.39233e-05 | 25 |
| OF2 | V | I | T | 84.0714 | 8.16345e-05 | 29.1667 |
| OF2 | V | I | F | 82.4643 | 9.01699e-05 | 29.1667 |
| OF2 | H | A | T | 89.1429 | 7.92027e-05 | 33.3333 |
| OF2 | H | A | F | 50.2857 | 9.69887e-05 | 29.1667 |
| OF2 | H | P | T | 77.1071 | 9.06467e-05 | 29.1667 |
| OF2 | H | P | F | 50.2857 | 9.68933e-05 | 29.1667 |
| OF2 | H | H | T | 81.3571 | 7.82013e-05 | 29.1667 |
| OF2 | H | H | F | 35.4286 | 8.13961e-05 | 20.8333 |
| OF2 | H | W | T | 77.1071 | 9.35555e-05 | 29.1667 |
| OF2 | H | W | F | 79.6071 | 0.000101852 | 37.5 |
| OF2 | H | I | T | 58.2857 | 6.46114e-05 | 20.8333 |
| OF2 | H | I | F | 82.7143 | 8.18253e-05 | 29.1667 |
| OF2 | M | A | T | 83.0714 | 0.000162077 | 29.1667 |
| OF2 | M | A | F | 50.2857 | 0.000174618 | 29.1667 |
| OF2 | M | P | T | 69.3214 | 0.000147104 | 25 |
| OF2 | M | P | F | 50.2857 | 0.000174189 | 29.1667 |
| OF2 | M | H | T | 63.3929 | 0.000132465 | 20.8333 |
| OF2 | M | H | F | 49.7143 | 0.000156784 | 25 |
| OF2 | M | W | T | 77.1071 | 0.000174332 | 29.1667 |
| OF2 | M | W | F | 54.75 | 0.000154829 | 25 |
| OF2 | M | I | T | 71.1786 | 0.000151157 | 25 |
| OF2 | M | I | F | 82.4643 | 0.000161219 | 29.1667 |
| OF2 | N | A | T | 81.2857 | 0.00149522 | 25 |
| OF2 | N | A | F | 75.3571 | 0.00522213 | 37.5 |
| OF2 | N | P | T | 81.8214 | 0.00189652 | 25 |
| OF2 | N | P | F | 63.1786 | 0.0049437 | 33.3333 |
| OF2 | N | H | T | 73.9643 | 0.00198612 | 29.1667 |
| OF2 | N | H | F | 64.5714 | 0.00526438 | 33.3333 |
| OF2 | N | W | T | 77.1071 | 0.00296488 | 29.1667 |
| OF2 | N | W | F | 71.3214 | 0.00245285 | 33.3333 |
| OF2 | N | I | T | 92.3571 | 0.00144391 | 33.3333 |
| OF2 | N | I | F | 82.4643 | 0.00188279 | 29.1667 |

Fonte: autor

Tabela 51 – Resultados da instância OKP1.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| OKP1 | V | A | T | 77.56 | 0.000144005 | 16 |
| OKP1 | V | A | F | 65.74 | 0.000409698 | 48 |
| OKP1 | V | P | T | 91.16 | 0.000158834 | 34 |
| OKP1 | V | P | F | 59.86 | 0.000396442 | 46 |
| OKP1 | V | H | T | 79.7 | 0.000364923 | 38 |
| OKP1 | V | H | F | 91.38 | 0.000209093 | 42 |
| OKP1 | V | W | T | 91.62 | 0.000151587 | 32 |
| OKP1 | V | W | F | 65.74 | 0.000423241 | 48 |
| OKP1 | V | I | T | 86.04 | 0.000181913 | 28 |
| OKP1 | V | I | F | 82.12 | 0.000408983 | 46 |
| OKP1 | H | A | T | 93.1 | 0.000139904 | 22 |
| OKP1 | H | A | F | 58.66 | 0.000250721 | 42 |
| OKP1 | H | P | T | 83.78 | 0.000107336 | 26 |
| OKP1 | H | P | F | 57.92 | 0.000238132 | 38 |
| OKP1 | H | H | T | 83.7 | 0.000261593 | 46 |
| OKP1 | H | H | F | 69.32 | 0.000118637 | 26 |
| OKP1 | H | W | T | 83.78 | 0.000118256 | 26 |
| OKP1 | H | W | F | 61.06 | 0.000283718 | 48 |
| OKP1 | H | I | T | 81.52 | 0.00017333 | 26 |
| OKP1 | H | I | F | 68.56 | 0.000196552 | 34 |
| OKP1 | M | A | T | 77.56 | 0.000231123 | 16 |
| OKP1 | M | A | F | 67.06 | 0.000705147 | 50 |
| OKP1 | M | P | T | 88.4 | 0.000253916 | 28 |
| OKP1 | M | P | F | 67.16 | 0.000505877 | 34 |
| OKP1 | M | H | T | 79.7 | 0.000563192 | 38 |
| OKP1 | M | H | F | 78.56 | 0.000295877 | 30 |
| OKP1 | M | W | T | 88.4 | 0.000371981 | 28 |
| OKP1 | M | W | F | 65.74 | 0.000680542 | 48 |
| OKP1 | M | I | T | 77.52 | 0.000251436 | 18 |
| OKP1 | M | I | F | 62.66 | 0.000575829 | 40 |
| OKP1 | N | A | T | 97.22 | 0.00178461 | 18 |
| OKP1 | N | A | F | 67.06 | 0.021143 | 50 |
| OKP1 | N | P | T | 91.16 | 0.00405669 | 34 |
| OKP1 | N | P | F | 65.92 | 0.0223252 | 50 |
| OKP1 | N | H | T | 88.54 | 0.00844831 | 42 |
| OKP1 | N | H | F | 91.38 | 0.00668344 | 42 |
| OKP1 | N | W | T | 91.62 | 0.00297956 | 32 |
| OKP1 | N | W | F | 65.74 | 0.0228897 | 48 |
| OKP1 | N | I | T | 90.04 | 0.00944791 | 36 |
| OKP1 | N | I | F | 92.12 | 0.0185555 | 50 |

Fonte: autor

Tabela 52 – Resultados da instância OKP2.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| OKP2 | V | A | T | 84.62 | 0.000164795 | 20 |
| OKP2 | V | A | F | 57.02 | 0.000196171 | 40 |
| OKP2 | V | P | T | 86.82 | 0.000120544 | 33.3333 |
| OKP2 | V | P | F | 67.76 | 0.000207376 | 43.3333 |
| OKP2 | V | H | T | 86.82 | 0.000135422 | 30 |
| OKP2 | V | H | F | 77.02 | 0.000178432 | 40 |
| OKP2 | V | W | T | 87.69 | 0.000121403 | 33.3333 |
| OKP2 | V | W | F | 68.24 | 0.000195789 | 40 |
| OKP2 | V | I | T | 83.61 | 0.000150585 | 33.3333 |
| OKP2 | V | I | F | 70.42 | 0.000163507 | 36.6667 |
| OKP2 | H | A | T | 84.58 | 0.000107956 | 26.6667 |
| OKP2 | H | A | F | 51.7 | 0.000173235 | 33.3333 |
| OKP2 | H | P | T | 84.59 | 0.000100565 | 30 |
| OKP2 | H | P | F | 41.18 | 0.000108767 | 23.3333 |
| OKP2 | H | H | T | 86.82 | 0.000138235 | 30 |
| OKP2 | H | H | F | 55.62 | 9.59396e-05 | 23.3333 |
| OKP2 | H | W | T | 84.95 | 0.000108004 | 30 |
| OKP2 | H | W | F | 51.7 | 0.000155258 | 33.3333 |
| OKP2 | H | I | T | 68.09 | 0.000129509 | 26.6667 |
| OKP2 | H | I | F | 63.04 | 0.000105572 | 23.3333 |
| OKP2 | M | A | T | 83.61 | 0.000180912 | 23.3333 |
| OKP2 | M | A | F | 61.28 | 0.000326443 | 40 |
| OKP2 | M | P | T | 90.05 | 0.000192976 | 30 |
| OKP2 | M | P | F | 60.48 | 0.00026722 | 33.3333 |
| OKP2 | M | H | T | 86.82 | 0.000233316 | 30 |
| OKP2 | M | H | F | 54.62 | 0.000211 | 26.6667 |
| OKP2 | M | W | T | 84.95 | 0.000200367 | 30 |
| OKP2 | M | W | F | 68.24 | 0.000324345 | 40 |
| OKP2 | M | I | T | 83.61 | 0.000252247 | 33.3333 |
| OKP2 | M | I | F | 74.71 | 0.00028038 | 36.6667 |
| OKP2 | N | A | T | 84.62 | 0.00124054 | 20 |
| OKP2 | N | A | F | 57.13 | 0.00413117 | 33.3333 |
| OKP2 | N | P | T | 90.05 | 0.00143237 | 30 |
| OKP2 | N | P | F | 61.32 | 0.0054472 | 33.3333 |
| OKP2 | N | H | T | 94.8 | 0.00120964 | 33.3333 |
| OKP2 | N | H | F | 66.18 | 0.00417547 | 30 |
| OKP2 | N | W | T | 84.95 | 0.00169311 | 30 |
| OKP2 | N | W | F | 69.89 | 0.00589476 | 46.6667 |
| OKP2 | N | I | T | 78.31 | 0.0028646 | 26.6667 |
| OKP2 | N | I | F | 78.94 | 0.00289049 | 43.3333 |

Fonte: autor

Tabela 53 – Resultados da instância OKP3.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| OKP3 | V | A | T | 93.64 | 8.40187e-05 | 20 |
| OKP3 | V | A | F | 73.21 | 0.00018239 | 40 |
| OKP3 | V | P | T | 92.62 | 0.000125074 | 26.6667 |
| OKP3 | V | P | F | 59.01 | 0.00015645 | 33.3333 |
| OKP3 | V | H | T | 87.84 | 0.000144911 | 30 |
| OKP3 | V | H | F | 80.64 | 0.000160789 | 40 |
| OKP3 | V | W | T | 78.78 | 0.000105 | 26.6667 |
| OKP3 | V | W | F | 58.59 | 0.000157166 | 33.3333 |
| OKP3 | V | I | T | 87.04 | 0.000163174 | 36.6667 |
| OKP3 | V | I | F | 68.13 | 0.000125265 | 26.6667 |
| OKP3 | H | A | T | 87.71 | 0.000104046 | 23.3333 |
| OKP3 | H | A | F | 40.82 | 9.43184e-05 | 23.3333 |
| OKP3 | H | P | T | 82.12 | 8.88824e-05 | 20 |
| OKP3 | H | P | F | 40.32 | 0.000108242 | 23.3333 |
| OKP3 | H | H | T | 89.4 | 0.000177002 | 33.3333 |
| OKP3 | H | H | F | 40.82 | 9.30309e-05 | 23.3333 |
| OKP3 | H | W | T | 84.12 | 9.06944e-05 | 23.3333 |
| OKP3 | H | W | F | 41.86 | 0.000135183 | 26.6667 |
| OKP3 | H | I | T | 55.74 | 0.000103426 | 20 |
| OKP3 | H | I | F | 47 | 0.000111532 | 23.3333 |
| OKP3 | M | A | T | 91.85 | 0.000166702 | 20 |
| OKP3 | M | A | F | 49.96 | 0.00020771 | 26.6667 |
| OKP3 | M | P | T | 92.62 | 0.000212288 | 26.6667 |
| OKP3 | M | P | F | 51.9 | 0.000187588 | 23.3333 |
| OKP3 | M | H | T | 89.4 | 0.000273132 | 33.3333 |
| OKP3 | M | H | F | 56.46 | 0.000249624 | 30 |
| OKP3 | M | W | T | 85.68 | 0.000181341 | 26.6667 |
| OKP3 | M | W | F | 70.75 | 0.000296021 | 36.6667 |
| OKP3 | M | I | T | 68.48 | 0.00018425 | 23.3333 |
| OKP3 | M | I | F | 75.88 | 0.000209808 | 26.6667 |
| OKP3 | N | A | T | 93.64 | 0.00094986 | 20 |
| OKP3 | N | A | F | 40.32 | 0.00439701 | 23.3333 |
| OKP3 | N | P | T | 92.62 | 0.000914907 | 26.6667 |
| OKP3 | N | P | F | 51.9 | 0.00365572 | 23.3333 |
| OKP3 | N | H | T | 89.4 | 0.00152011 | 33.3333 |
| OKP3 | N | H | F | 71.51 | 0.00701923 | 30 |
| OKP3 | N | W | T | 85.68 | 0.00186644 | 26.6667 |
| OKP3 | N | W | F | 73.97 | 0.00324073 | 40 |
| OKP3 | N | I | T | 87.04 | 0.00278034 | 36.6667 |
| OKP3 | N | I | F | 67 | 0.00256896 | 30 |

Fonte: autor

Tabela 54 – Resultados da instância OKP4.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| OKP4 | V | A | T | 93.89 | 0.000109434 | 13.1148 |
| OKP4 | V | A | F | 73.77 | 0.000409603 | 37.7049 |
| OKP4 | V | P | T | 90.99 | 0.00020833 | 19.6721 |
| OKP4 | V | P | F | 71.06 | 0.000383568 | 34.4262 |
| OKP4 | V | H | T | 94.72 | 0.000278854 | 24.5902 |
| OKP4 | V | H | F | 77.99 | 0.000213194 | 26.2295 |
| OKP4 | V | W | T | 86.95 | 0.000206375 | 27.8689 |
| OKP4 | V | W | F | 76.85 | 0.000437069 | 37.7049 |
| OKP4 | V | I | T | 91.86 | 0.000250769 | 22.9508 |
| OKP4 | V | I | F | 77.85 | 0.000292015 | 26.2295 |
| OKP4 | H | A | T | 66.14 | 9.94682e-05 | 9.83607 |
| OKP4 | H | A | F | 67.5 | 0.000247526 | 26.2295 |
| OKP4 | H | P | T | 89.54 | 0.000117683 | 13.1148 |
| OKP4 | H | P | F | 69.52 | 0.000233459 | 24.5902 |
| OKP4 | H | H | T | 93.46 | 0.000181484 | 19.6721 |
| OKP4 | H | H | F | 68.35 | 0.0002285 | 22.9508 |
| OKP4 | H | W | T | 82.15 | 0.000230789 | 24.5902 |
| OKP4 | H | W | F | 49.89 | 0.000225115 | 26.2295 |
| OKP4 | H | I | T | 71.56 | 0.000186729 | 21.3115 |
| OKP4 | H | I | F | 82.37 | 0.000161505 | 21.3115 |
| OKP4 | M | A | T | 66.14 | 0.00015831 | 9.83607 |
| OKP4 | M | A | F | 73.77 | 0.000670385 | 37.7049 |
| OKP4 | M | P | T | 90.99 | 0.000341845 | 19.6721 |
| OKP4 | M | P | F | 68.15 | 0.000517893 | 29.5082 |
| OKP4 | M | H | T | 94.72 | 0.00044775 | 24.5902 |
| OKP4 | M | H | F | 70.55 | 0.00036664 | 24.5902 |
| OKP4 | M | W | T | 82.15 | 0.000354719 | 24.5902 |
| OKP4 | M | W | F | 76.85 | 0.000737238 | 37.7049 |
| OKP4 | M | I | T | 88.61 | 0.000365782 | 19.6721 |
| OKP4 | M | I | F | 78.41 | 0.000320768 | 19.6721 |
| OKP4 | N | A | T | 93.89 | 0.00167918 | 13.1148 |
| OKP4 | N | A | F | 73.77 | 0.0260915 | 37.7049 |
| OKP4 | N | P | T | 90.99 | 0.00208235 | 19.6721 |
| OKP4 | N | P | F | 70.57 | 0.0238347 | 29.5082 |
| OKP4 | N | H | T | 94.72 | 0.00276513 | 24.5902 |
| OKP4 | N | H | F | 82.15 | 0.0191098 | 24.5902 |
| OKP4 | N | W | T | 88.31 | 0.00450363 | 26.2295 |
| OKP4 | N | W | F | 78.85 | 0.0120415 | 39.3443 |
| OKP4 | N | I | T | 91.86 | 0.00380301 | 22.9508 |
| OKP4 | N | I | F | 77.85 | 0.00503736 | 26.2295 |

Fonte: autor

Tabela 55 – Resultados da instância OKP5.

| Instance | Split | Order | Descending | Quality % | Time (s) | Items % |
|----------|-------|-------|------------|-----------|-------------|---------|
| OKP5 | V | A | T | 84.86 | 0.000170279 | 10.3093 |
| OKP5 | V | A | F | 58.74 | 0.000478125 | 22.6804 |
| OKP5 | V | P | T | 96.27 | 0.000140762 | 12.3711 |
| OKP5 | V | P | F | 64.23 | 0.000298357 | 18.5567 |
| OKP5 | V | H | T | 92.46 | 0.000273609 | 12.3711 |
| OKP5 | V | H | F | 83.79 | 0.000238085 | 19.5876 |
| OKP5 | V | W | T | 98.17 | 0.000152016 | 17.5258 |
| OKP5 | V | W | F | 74.86 | 0.000524998 | 24.7423 |
| OKP5 | V | I | T | 82.92 | 0.000376892 | 19.5876 |
| OKP5 | V | I | F | 76.46 | 0.000355959 | 18.5567 |
| OKP5 | H | A | T | 87.79 | 0.000333214 | 13.4021 |
| OKP5 | H | A | F | 62.2 | 0.000425053 | 21.6495 |
| OKP5 | H | P | T | 96.27 | 0.000154543 | 12.3711 |
| OKP5 | H | P | F | 75.96 | 0.000391293 | 21.6495 |
| OKP5 | H | H | T | 92.46 | 0.000174999 | 12.3711 |
| OKP5 | H | H | F | 58.19 | 0.000386477 | 15.4639 |
| OKP5 | H | W | T | 98.17 | 0.000229216 | 17.5258 |
| OKP5 | H | W | F | 70.21 | 0.00038805 | 22.6804 |
| OKP5 | H | I | T | 71.31 | 0.000295877 | 16.4948 |
| OKP5 | H | I | F | 80.3 | 0.00025239 | 17.5258 |
| OKP5 | M | A | T | 86.82 | 0.000329733 | 11.3402 |
| OKP5 | M | A | F | 58.74 | 0.000707722 | 22.6804 |
| OKP5 | M | P | T | 96.27 | 0.000255251 | 12.3711 |
| OKP5 | M | P | F | 69.06 | 0.000460052 | 17.5258 |
| OKP5 | M | H | T | 92.46 | 0.000409222 | 12.3711 |
| OKP5 | M | H | F | 79.11 | 0.000539827 | 18.5567 |
| OKP5 | M | W | T | 98.17 | 0.000410271 | 17.5258 |
| OKP5 | M | W | F | 74.86 | 0.0008008 | 24.7423 |
| OKP5 | M | I | T | 77.06 | 0.00061326 | 20.6186 |
| OKP5 | M | I | F | 66.86 | 0.000523663 | 16.4948 |
| OKP5 | N | A | T | 84.86 | 0.00472121 | 10.3093 |
| OKP5 | N | A | F | 83.74 | 0.101231 | 27.8351 |
| OKP5 | N | P | T | 96.27 | 0.00186729 | 12.3711 |
| OKP5 | N | P | F | 72.24 | 0.0847682 | 19.5876 |
| OKP5 | N | H | T | 92.46 | 0.00197048 | 12.3711 |
| OKP5 | N | H | F | 74.15 | 0.0703918 | 17.5258 |
| OKP5 | N | W | T | 98.17 | 0.00453982 | 17.5258 |
| OKP5 | N | W | F | 74.86 | 0.0895785 | 24.7423 |
| OKP5 | N | I | T | 82.92 | 0.0148974 | 19.5876 |
| OKP5 | N | I | F | 89.9 | 0.0277001 | 19.5876 |

Fonte: autor