

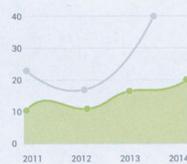
Ernane Rosa Martins  
(Organizador)

### Morris Charts

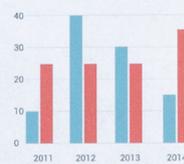
Line Chart



Area Chart



Bar Chart



Donut Chart

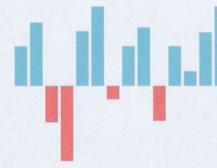


### Sparkline Charts

Line Chart



Bar Chart



Pie Chart



### Easy Pie Charts



# Pesquisa Operacional e sua Atuação Multidisciplinar

**Ernane Rosa Martins**

(Organizador)

# **Pesquisa Operacional e sua Atuação Multidisciplinar**

**Atena Editora  
2019**

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Karine de Lima  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
P474	Pesquisa operacional e sua atuação multidisciplinar [recurso eletrônico] / Organizador Ernane Rosa Martins. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-478-8 DOI 10.22533/at.ed.788191107  1. Pesquisa operacional. I. Martins, Ernane Rosa.  CDD 658.51
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

Atena  
Editora

Ano 2019

## APRESENTAÇÃO

A Pesquisa Operacional (PO) utiliza a matemática, a estatística e a computação para auxiliar na solução de problemas reais, com foco na tomada das melhores decisões nas mais diversas áreas científicas e de atuação humana, buscando otimizar e melhorar suas performances. Através do uso de técnicas de modelagem matemática e eficientes algoritmos computacionais, a PO vem cada vez mais atuando na análise dos mais variados aspectos e situações de problemas complexos em demandas de inúmeras áreas, principalmente por conta de sua flexibilidade de aplicação e interação multidisciplinar, permitindo a tomada de decisões efetivas e a construção de sistemas mais produtivos.

Esta obra reúne importantes trabalhos que envolvem o uso de PO, realizados em diversas instituições de ensino do Brasil, abordando assuntos atuais e relevantes, tais como: modelos matemáticos; otimização multiobjectivo; heurísticas; algoritmos; otimização geométrica; metodologia SODA; soft systems methodology; strategic choice approach; procedimentos metodológicos de análise estatística; jogos cooperativos; algoritmos genéticos; método VIKOR; regressão linear múltipla; algoritmos de aprendizado de máquina; análise de decisão multicritério e composição probabilística de preferências.

A importância desta coletânea está na excelência dos trabalhos apresentados e na contribuição dos seus autores em temas de experiências e vivências. A socialização destes estudos no meio acadêmico, permite ampla análise e inúmeras discussões sobre diversos assuntos pertinentes referentes a atuação multidisciplinar da PO. Por fim, agradeço a todos que contribuíram na construção desta belíssima obra e desejo a todos os leitores, boas reflexões sobre os assuntos abordados.

Ernane Rosa Martins

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
UMA ABORDAGEM MULTIOBJETIVO EM UM PROBLEMA DE PRODUÇÃO COM ESTOQUE INTERMEDIÁRIO E TESTE DE FUNCIONALIDADE	
Sander Joner Neida Maria Patias Volpi Joyce Rodrigues da Silva Tulipa Gabriela Guilhermina Juvenal da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7881911071</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>16</b>
SOLUÇÕES INTEIRAS PARA O PROBLEMA DE CORTE DE ESTOQUE UNIDIMENSIONAL	
Gonçalo Renildo Lima Cerqueira Sérgio da Silva Aguiar Marlos Marques	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7881911072</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>28</b>
OTIMIZAÇÃO GEOMÉTRICA DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS CARGUEIRAS VIA ECOLOCALIZAÇÃO	
Guilherme Aparecido Barbosa Pereira Ivo Chaves da Silva Júnior Luiz Rogério Andrade de Oliveira Carlos Henrique Sant'Ana da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7881911073</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
O CASO DA INDÚSTRIA CRIATIVA DO CARNAVAL SOB O ENFOQUE DO SODA	
Ailson Renan Santos Picanço Adjame Alexandre Oliveira Mischel C.N. Belderrain Nissia Carvalho Rosa Bergiante	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7881911074</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>55</b>
MODELO DE NEGÓCIO EM UMA COMUNIDADE AGRÍCOLA: APLICAÇÃO DE <i>SOFT SYSTEMS METHODOLOGY</i> E <i>STRATEGIC CHOICE APPROACH</i>	
Michelle Carvalho Galvão Silva Pinto Bandeira Raquel Issa Mattos Mischel Carmen Neyra Belderrain Anderson Ribeiro Correia John Bernhard Kleba	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7881911075</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>72</b>
MODELAGEM MATEMÁTICA PARA GERAÇÃO DE ESCALAS DE TURNO	
Laiz de Carvalho Nogueira Tiago Araújo Neves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7881911076</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>87</b>
METODOLOGIA ADOTADA PELA ARCELORMITTAL BRASIL PARA CERTIFICAÇÃO DE PADRÕES SECUNDÁRIOS PARA ANÁLISES QUÍMICAS EM AMOSTRAS DE MINÉRIO DE FERRO DA MINA DE SERRA AZUL EM MINAS GERAIS	
Antonio Fernando Pêgo e Silva Juliana Cecília C R Vieira Luiz Paulo de Carvalho Serrano	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7881911077</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>100</b>
JOGOS COOPERATIVOS NA ALOCAÇÃO DE CUSTOS DE ESTOQUES DE PEÇAS COMPARTILHADOS	
Bernardo Santos Aflalo Natália Nogueira Ferreira Souza Takashi Yoneyama	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7881911078</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>112</b>
BIASED RANDOM-KEY GENETIC ALGORITHM ACCORDING TO LEVY DISTRIBUTION FOR GLOBAL OPTIMIZATION	
Mariana Alves Moura Ricardo Martins de Abreu Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7881911079</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>126</b>
AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DA QUALIDADE DA INFORMAÇÃO CONTÁBIL	
Alini da Silva Nelson Hein Adriana Kroenke	
<b>DOI 10.22533/at.ed.78819110710</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>142</b>
AVALIAÇÃO DE MODELOS COMPUTACIONAIS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA PARA DETECÇÃO REATIVA E PREVENTIVA DE BOTNETS	
Vinicius Oliveira de Souza Sidney Cunha de Lucena	
<b>DOI 10.22533/at.ed.78819110711</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>158</b>
AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS ESTATÍSTICOS NA DETECÇÃO DE ATAQUES DDOS BASEADA EM APRENDIZADO DE MÁQUINA	
Eduardo da Costa da Silva Sidney Cunha de Lucena	
<b>DOI 10.22533/at.ed.78819110712</b>	

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>173</b>
ABORDAGEM PROBABILÍSTICA À ESCOLHA DE PRODUTOS DE DEFESA: UMA APLICAÇÃO DA COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS NA AQUISIÇÃO DE BLINDADOS	
Luiz Octávio Gavião	
Annibal Parracho Sant'Anna	
Gilson Brito Alves Lima	
Pauli Adriano de Almada Garcia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.78819110713</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>189</b>
A STOCHASTIC DYNAMIC MODEL FOR SUPPORT OF THE MANAGEMENT OF NEW PRODUCT DEVELOPMENT PORTFOLIOS	
Samuel Martins Drei	
Thiago Augusto de Oliveira Silva	
Marco Antonio Bonelli Júnior	
Luciana Paula Reis	
Matheus Correia Teixeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.78819110714</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>205</b>
A RELAXED FLOW-BASED FORMULATION FOR THE OPEN CAPACITATED ARC ROUTING PROBLEM	
Rafael Kendy Arakaki	
Fábio Luiz Usberti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.78819110715</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>217</b>
A COMPOSIÇÃO PROBABILÍSTICA DE PREFERÊNCIAS COM MEDIDAS DE DESIGUALDADE: CORRELAÇÕES COM OS PONTOS DE VISTA PROGRESSISTA E CONSERVADOR	
Luiz Octávio Gavião	
Annibal Parracho Sant'Anna	
Gilson Brito Alves Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.78819110716</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>233</b>

## SOLUÇÕES INTEIRAS PARA O PROBLEMA DE CORTE DE ESTOQUE UNIDIMENSIONAL

### Gonçalo Renildo Lima Cerqueira

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB  
Vitória da Conquista- Bahia

### Sérgio da Silva Aguiar

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB  
Vitória da Conquista- Bahia

### Marlos Marques

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB  
Vitória da Conquista- Bahia

**RESUMO:** Abordamos neste trabalho heurísticas que geram soluções inteiras para o problema de corte unidimensional. Propomos uma nova abordagem que busca aprimorar alguns procedimentos clássicos da literatura. A ideia consiste em fazer modificações simples nestes algoritmos a fim de melhorá-los, segundo os objetivos propostos. Modificamos a heurística Gulosa e levamos em conta as duas possibilidades para o tamanho do objeto em estoque utilizado para produzir os itens menores: se o tamanho do objeto em estoque for par, a heurística Gulosa tenta inserir primeiro os itens de comprimento par, em ordem decrescente de tamanho, *Gulosa<sub>par</sub>*. Caso contrário, a prioridade é dada para os itens de comprimento ímpar, também em ordem decrescente de tamanho,

*Gulosa<sub>ímpar</sub>*. Os testes computacionais realizados mostraram que a modificação proposta tornou a heurística Gulosa mais eficiente e serão apresentados ao final deste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Problema de corte, Programação Inteira, Heurística.

**ABSTRACT:** In this paper we discuss one-dimensional cutting stock problem, and propose improvements over heuristics to the problem of generating integer solutions. The main idea is to modify Greedy Algorithm taking into account the object size in stock: if the object size is even then the new algorithm tries to grab even-sized small items first. This approach is called Even Greedy. Otherwise, the priority is for odd-sized items. It is called Odd Greedy. Computational experiments shown the odd-even greedy approach decreases the leftovers in the standard one-dimensional cutting stock problem. The results and analysis are reported.

**KEYWORDS:** Cutting stock problem, Integer Programming, Heuristics.

### 1 | INTRODUÇÃO

Problemas de corte podem surgir com alguma frequência em setores da indústria siderúrgica (corte de aço), indústria têxtil (corte de tecidos), indústria de papel (corte de

bobinas) etc. Também são comuns na produção de plásticos, vidros, móveis e outros. Encontramos alguns trabalhos da literatura nos quais os autores observaram linhas de produção que poderiam ser modeladas como um problema de corte, dentre os quais destacamos: Stadtler [1990], Farley [1990], Cui [2005], Johnson et al. [1997]. Esse problema envolve uma quantidade de itens com suas demandas, um objeto de tamanho padrão em estoque e consiste em obter os itens menores a partir destes objetos para satisfazer suas demandas e tentar reduzir o número de objetos cortados. Para determinar uma solução para o problema, são utilizados padrões de corte, gerados por meio das diferentes maneiras de obter os itens a partir do objeto maior e o número de vezes que estes serão utilizados (frequências dos padrões). Como a variedade no tamanho dos itens envolvidos e as suas demandas, podem gerar grande quantidade de padrões, acarretando assim custos adicionais de mão de obra e tempo para as empresas, alguns autores acrescentam a seus trabalhos o objetivo de redução de padrões da solução (Cerqueira e Yanasse [2009], Yanasse e Limeira [2006], Haessler [1975]. Em nosso trabalho serão consideradas as melhores soluções aquelas com menor taxa de desperdício, e embora a redução de padrões no problema de corte de estoque unidimensional não seja objeto de estudo deste artigo, incluiremos na apresentação dos testes computacionais a média do número de padrões na solução, devido à comparação que faremos com outros trabalhos da literatura que tratam do assunto e que consideraram os dois objetivos. Para a formulação do modelo matemático do problema (Arenales et al. [2004]), denotamos por  $m$  o número de diferentes itens solicitados;  $l_i$  o comprimento do item de demanda  $d_i$  para  $i=1,2,\dots,m$ ;  $n$  a quantidade de padrões na solução;  $L$  o tamanho do objeto em estoque, com custo de utilização  $c_j$  e  $J$  o conjunto de índices de todos os padrões viáveis. O objetivo é minimizar a quantidade de objetos cortados. Supõe-se, sem perda de generalidade, que  $c_j=1, \forall j \in J$ . Se  $a_{ij}$  for a variável de decisão que indica a quantidade de itens tipo  $i$  no padrão  $j$  e  $x_j$  representa a frequência do padrão de corte  $j$ , para  $i=1,\dots,m$  e  $j=1,\dots,n$ , então o problema pode ser formulado como o problema de programação linear inteira seguinte:

$$\text{minimize: } \sum_{j \in J} x_j \quad (1)$$

$$\text{sujeito a: } \sum_{j \in J} a_{ij} x_j = d_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} l_i \leq L, \quad \forall j \in J \quad (3)$$

$$x_j, a_{ij} \geq 0 \text{ e inteiros, } \forall j \in J, i = 1, \dots, m \quad (4)$$

Seja  $A = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_n]$  a matriz cujas colunas representam os  $n$ -possíveis padrões e

$d = (d_1, \dots, d_m)^T$  o vetor de demanda dos itens. Cada vetor coluna de  $A$ ,  $a_j = (a_{1j}, \dots, a_{mj})^T$ , representa um padrão de corte viável, devendo portanto,

satisfazer a seguinte restrição da mochila:

$$\begin{aligned} l_1 l_{1j} + l_2 l_{2j} + \dots + l_m l_{mj} &\leq L \\ 0 \leq a_{ij} &\leq d_i, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (5)$$

Este problema é NP-hard (McDiarmid [1999]) e o que torna-o difícil de ser resolvido são as condições de integralidade atribuídas às variáveis de decisão, associado ao fato de que o número de padrões a explicitar aumenta à medida que cresce o número de diferentes itens e suas demandas. Foi partindo deste princípio que Gilmore e Gomory [1961], Gilmore e Gomory [1963] apresentaram o método simplex geração de colunas, uma técnica de resolução em que a exigência de integralidade das variáveis de decisão é abandonada, considerando-se o modelo relaxado. Todo fundamento teórico para resolução do problema vem do método simplex (Bazaraa [1990]). As colunas são geradas na medida necessária e uma solução para o problema inteiro pode ser obtida aplicando-se alguma técnica de arredondamento na solução encontrada (Poldi e Arenales [2006]). O único algoritmo exato encontrado na literatura para resolvê-lo foi proposto por Vanderbeck [2000] e na grande maioria dos trabalhos encontrados, são propostas heurísticas para solução.

## 2 | SOLUÇÃO INTEIRA PARA O PROBLEMA DE CORTE

Algumas heurísticas de arredondamento de solução são propostas na literatura e podem ser utilizadas para se obter uma solução inteira para o problema (Wascher e Gau [1996], Stadtler [1990]). Poldi e Arenales [2006] propuseram a Heurística Residual Nova, onde a cada iteração resolve-se um problema de corte de estoque relaxado e ordena-se o vetor solução de forma decrescente, a fim de priorizar os padrões de corte que são mais utilizados. Segundo os autores, para cada posição deste vetor, nesta ordem, arredonda-se a frequência para o número inteiro acima do fracionário obtido e testa-se a factibilidade desta solução, para verificar que não houve excessos na produção de nenhum item. Caso não seja factível, ou seja, houve excesso de itens, a frequência é reduzida de uma unidade até que excessos sejam eliminados. Quando o último padrão de corte gerado for examinado, atualiza-se a demanda e o estoque. O problema residual é resolvido e o procedimento de arredondamento é repetido até que toda a demanda seja atendida. Outra maneira de se determinar uma solução inteira para o problema de corte unidimensional, consiste em construir um bom padrão de corte e utilizá-lo tantas vezes quanto possível, sem que haja superprodução de algum item. Estas são as chamadas heurísticas construtivas. A cada iteração deste procedimento, a demanda de cada item é atualizada e o processo repetido, até que toda ela tenha sido atendida, gerando ao final uma solução inteira para o problema. Apresentamos a seguir duas destas heurísticas.

## 2.1 Heurística FFD

A Heurística FFD consiste em colocar o maior item no padrão o máximo de vezes possível, sem que haja excesso na demanda. Se o item selecionado não couber mais no padrão, o segundo maior item é selecionado e, assim por diante. O algoritmo completo é apresentado a seguir:

### INÍCIO

**P.1.** Ordene os itens em ordem decrescente de tamanho.

Suponha sem perda de generalidade que:  $l_1 \geq l_2 \geq \dots \geq l_m$

**P.2.** Seja  $dr_i$  a demanda residual do item  $i \in I$ .

$I = \{1, \dots, m\}$ . {conjunto de índices dos itens}

Inicialmente:  $dr_i = d_i, \forall i \in I$ .

Faça  $k = 1$  {Primeiro padrão de corte }

PARE=Falso {variável lógica que indica demanda não-nula}

Enquanto PARE=Falso)

**P.3.** Faça:  $dem_i = dr_i$ ,  $Sobra = L$  e  $a_{ik} = 0, \forall i \in I$

Seja  $i = 1$  {comece colocando o primeiro item no padrão }

Enquanto ( $i \leq m$  e  $Sobra \geq l_i$ ) faça:

$$a_{ik} = \left\{ \min \left[ \frac{Sobra}{l_i}, dr_i \right] \right\}$$

( $a_{ik}$  é a quantidade de itens tipo  $i$  no padrão  $k$ )

Faça:  $Sobra = Sobra - (a_{ik} l_i)$

$dr_i = dr_i - a_{ik}$

$i = i + 1$

Fim do Enquanto

**P.4.** Determine a frequência do padrão  $k$ :

$$x_k = \left\{ \min \left[ \frac{dem_i}{a_{ik}} \right] \right\} \forall i \in I; a_{ik} > 0$$

**P.5.** (Critério de Parada)

Se  $dr_i = 0 \forall i \in I$  então

PARE=Verdade.

Senão Faça  $k = k + 1$  e volte para P.3

Fim do Enquanto.

FIM

## 2.2 Heurística Gulosa

A Heurística Gulosa difere da Heurística FFD somente na maneira de como o padrão de corte é gerado (passo P.3. do algoritmo anterior). Ao invés de construí-lo com prioridade para os itens maiores, a geração do padrão consiste na resolução de um problema da mochila restrito conforme (6). O padrão gerado neste caso, tem a menor perda possível e deve ser utilizado com frequência máxima, sem que haja excesso na produção dos itens.

$$\begin{aligned} & \text{maximize: } l_1 l_{1j} + l_2 l_{2j} + \dots + l_m l_{mj} \leq L \\ & \text{sujeito a: } \sum_{i=1}^m l_i a_{ij} \leq L, 0 \leq a_{ij} \leq d_i \quad (6) \\ & \quad \quad \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

## 2.3 Heurística Gulosa Modificada Ímpar

Encontramos na literatura alguns trabalhos que modificam as heurísticas construtivas clássicas a fim de utilizá-las para gerar uma solução inteira para o problema de corte de estoque ou para resolver o problema residual gerado. Em Cherri e Arenales [2005], a heurística FFD foi modificada com a finalidade de resolver o problema de corte de estoque com reaproveitamento de sobras. Basicamente a heurística consiste em aplicar a heurística FFD para obter padrões de corte e, após gerado cada padrão, a perda/sobra é analisada. Se estiver dentro dos limitantes aceitáveis de perda (definidos previamente), o próximo padrão de corte é considerado, caso contrário, um item do padrão (o maior) é retirado. Sendo então aplicado o problema da mochila para a sobra gerada com a retirada do item. A capacidade da mochila é dada pela perda no padrão somada ao tamanho do item retirado. Depois de resolvida a mochila, a perda gerada é analisada e, se ainda não estiver dentro de limitantes aceitáveis, outro item do padrão (o segundo maior) é retirado. Novamente para a sobra gerada é resolvido o problema da mochila. Este procedimento é repetido até que a perda/sobra esteja dentro dos limitantes definidos como aceitáveis ou a demanda seja totalmente atendida. Ongkunaruk [2005] apresenta uma modificação na heurística FFD a fim de resolver o Bin Packing Problem - BPP (Martello e Toth [1990]). O método consiste em a cada iteração remover o maior item da lista e aplicar a heurística FFD aos itens restantes. Ao final da iteração, tenta-se colocar o item inicialmente removido, podendo inclusive abrir um outro bin. Cerqueira e Marques [2015] propuseram uma modificação na heurística Gulosa que coloca no padrão primeiro os itens de tamanho par em ordem decrescente de tamanho, seguidos dos ímpares também em ordem decrescente de tamanho, se o objeto em estoque é de comprimento par, isto é,  $L=2.W$ ,  $W \in \mathbb{N}$  e a prioridade é para os itens pares, ou seja,  $l_i=2.w_i$ ,  $i \in P$ ,  $w_i$  pertence  $\mathbb{N}$ . Em que  $P$  é um conjunto de índices  $i$  tal que  $l_i$  é par, para  $i=1,2,\dots,m$  e  $\mathbb{N}$  é o conjunto dos números naturais. Neste caso denominamos o procedimento de Gulosa<sub>par</sub>. Analogamente, se o objeto

em estoque é de comprimento ímpar ( $L=2.W+1$ ,  $W \in \mathbb{N}$ ), denomina-se a heurística de Gulosa<sub>ímpar</sub>, neste caso os itens  $l_i$  tal que  $l_i=2.w_i+1$ ,  $i \in I$ ,  $w_i \in \mathbb{N}$ , são alocados primeiro no padrão seguido dos pares também em ordem decrescente de tamanho. Em que  $I$  é um conjunto de índices  $i$  tal que  $l_i$  é ímpar, para  $i=1,2,\dots,m$ . Cerqueira e Marques [2015] relatam que neste caso, o padrão só será aceito na solução se a soma das quantidades dos itens tipo  $i$ ,  $i \in I$ ,  $i=1,2,\dots,m$  de comprimento ímpar produzidos pelo padrão for ímpar. Se isto não ocorrer, a lista de prioridade dos itens de comprimento ímpar é alterada, modificando o valor de utilidade do item no problema da mochila restrito (6) passando para o próximo item ímpar, até que um padrão viável com tais características seja gerado. Eles explicam que esta mudança se faz necessária a fim de garantir que a porção do objeto a ser cortada seja de comprimento ímpar, visto que a soma de dois números naturais ímpares é um número par. Eles concluem informando que se após passar por todos os itens ímpares, o padrão gerado não for aceito, os itens são colocados em ordem decrescente de ímpares e pares e segue-se a mesma metodologia adotada no caso da heurística Gulosa<sub>par</sub>. A heurística proposta aposta que cada padrão construído tenha a menor perda possível, pois cortar uma porção ímpar de objeto de comprimento par (Gulosa<sub>par</sub>) ou cortar uma porção par de objeto de comprimento ímpar (Gulosa<sub>ímpar</sub>) sempre acarreta em perda.

A seguir apresenta-se um exemplo do problema de corte em que são aplicadas as heurísticas Gulosa e Gulosa<sub>par</sub>. São considerados 10 tipos de itens ( $m=10$ ) e tamanho do objeto em estoque  $L=1000$ . Os tamanhos e as demandas dos itens são mostrados na Tabela 1.

Item	Comprimento	Demanda
1	784	15
2	736	12
3	653	14
4	626	7
5	538	10
6	516	13
7	382	10
8	254	14
9	235	1
10	35	4

Tabela 1: Exemplo 1: dados de um problema de corte

A solução do problema obtida com a heurística Gulosa fornece 73 objetos e 10 padrões distintos e é mostrada na Tabela 2. Já a heurística Gulosa par fornece uma solução com 09 padrões distintos e 71 objetos, 01 padrão e 02 objetos a menos que a solução fornecida pela heurística Gulosa como mostra a Tabela 3.

Frequência	Padrão									
1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3
12	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Tabela 2: Solução da Heurística Gulosa

Frequência	Padrão									
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
12	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
14	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 3: Solução da Heurística Gulosa<sub>par</sub>

Como Cerqueira e Marques [2015] não apresentaram os resultados computacionais para a heurística *Gulosa<sub>ímpar</sub>*, iremos apresentá-los neste trabalho, mas não implementamos a proposta de usar níveis de aspiração para aceitar determinado padrão à solução, sugerida pelos autores. A implementação seguiu a mesma idéia que eles utilizaram para a heurística (*Gulosa<sub>par</sub>*). O algoritmo completo é mostrado a seguir.

## INÍCIO

**P.1.** Seja  $I_1, I_2, \dots, I_m$  conjunto dos diferentes itens demandados. Subdivida este conjunto em dois subconjuntos: o 1º formado por  $r$ -itens de comprimento ímpar, e os  $m - r$  restantes constituem o subconjunto dos itens de comprimento par.

**P.2.** Ordene os dois subconjuntos em ordem decrescente de tamanho.

Suponha sem perda de generalidade que  $I_1 > I_2 > \dots > I_r$  e  $I_{r+1} > I_{r+2} > \dots > I_m$

**P.3.** Seja  $dr_i$  a demanda residual do item  $i$ , inicialmente  $dr_i = d_i$  para  $i = 1, 2, \dots, m$

Faça  $k = 1$  {Primeiro padrão de corte }

PARE=Falso {variável lógica que indica demanda não-nula}

**Enquanto** PARE=Falso)

Comece alocando os itens de comprimento ímpar

**P.4.** Faça:  $dem_i = dr_i$ ,  $Sobra = L$  e  $a_{ik} = 0$ , para  $i = 1, 2, \dots, r$

Seja  $i = 1$  {comece colocando o primeiro item ímpar no padrão}

**Enquanto** ( $i \leq r$  e  $Sobra \geq l_i$ ) faça:

( $a_k$  é a quantidade de itens tipo  $i$  no padrão  $k$ )

Faça:  $Sobra = Sobra - (a_{ik} \cdot l_i)$

$dr_i = dr_i - a_{ik}$

$i = i + 1$

**Fim do Enquanto**

Se possível, continue alocando agora os itens de comprimento par ao padrão de corte  $k$

**P.5.** Faça  $dem_i = dr_i$ , e  $a_{ik} = 0$ , para  $i = r + 1, r + 2, \dots, m$

Seja  $i = r + 1$  {comece colocando o primeiro item par no padrão}

**Se** ( $r + 1 \leq i \leq m$  e  $Sobra \geq l_i$ ) **então**

Faça:  $Sobra = Sobra - (a_{ik} \cdot l_i)$

$dr_i = dr_i - a_{ik}$

$i = i + 1$

**Senão** siga para **P.6**

**P.6.** Determine a frequência do padrão  $k$ :

**P.7.** (Critério de Parada)

**Se**  $dr_i = 0$  para  $i = 1, 2, \dots, m$  **então**

PARE=Verdade.

**Senão** Faça  $k = k + 1$  e volte para **P.4**

Fim do **Enquanto**.

**FIM**

### 3 | EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS

Para os experimentos computacionais os problemas testes foram obtidos pelo Cutgen1, um gerador aleatório de problemas de corte de estoque unidimensional desenvolvido por Gau e Wascher [1995]. Consideramos 18 classes de problemas cada uma com 100 instâncias e adotamos no Cutgen1 a semente 1994. As classes estão divididas conforme a quantidade de itens  $m$ , a média  $d_M$  das demandas dos itens  $d_i$  para  $i = 1, \dots, m$  e combinações diferentes de valores  $v_1$  e  $v_2$  para a determinação do comprimento dos itens que são gerados no intervalo  $[v_1 L, v_2 L]$ , como mostrado na Tabela 4. Nos experimentos computacionais realizados, o tamanho considerado do objeto em estoque foi  $L = 1000$  para a heurística Gulosa par e  $L = 1001$  para a *Gulosa<sub>ímpar</sub>*. As heurísticas FFD, Gulosa, *Gulosa<sub>par</sub>* e *Gulosa<sub>ímpar</sub>* foram implementadas em C++ e todos os testes computacionais para este trabalho foram realizados em um computador Intel Core i5-2450M com 4GB de memória (Ram).

Classe	$m$	$v_1$	$v_2$	$d_M$
1	10	0,01	0,2	10
2	10	0,01	0,2	100
3	20	0,01	0,2	10
4	20	0,01	0,2	100
5	40	0,01	0,2	10
6	40	0,01	0,2	100
7	10	0,01	0,8	10
8	10	0,01	0,8	100
9	20	0,01	0,8	10
10	20	0,01	0,8	100
11	40	0,01	0,8	10
12	40	0,01	0,8	100
13	10	0,2	0,8	10
14	10	0,2	0,8	100
15	20	0,2	0,8	10
16	20	0,2	0,8	100
17	40	0,2	0,8	10
18	40	0,2	0,8	100

Tabela 4: Problemas Testes Utilizados

#### 4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na Tabela 5 são apresentados os resultados dos testes computacionais realizados com as quatro heurísticas: FFD, Gulosa,  $Gulosa_{par}$  e  $Gulosa_{impar}$ . Na coluna onde são apresentados os resultados obtidos por cada heurística, mostramos duas outras colunas que fornecem a média do número de objetos (objs) e a média do número de padrões (pads) para cada uma das 18 classes de problemas testes utilizados. Os valores em negrito na Tabela 5 indicam que a heurística correspondente apresentou soluções não dominadas para a referida classe de problemas testados, isto é, em pelo menos uma das médias de objetos (objs) ou de padrões (pads), a heurística não é superada pelas correspondentes soluções das outras três. Os experimentos mostraram que tendo como referência a heurística FFD, as heurísticas  $Gulosa_{par}$  e  $Gulosa_{impar}$  obtiveram desempenho muito próximos, em coerência com a modificação proposta, uma vez que cortar itens de comprimento par (ímpar) a partir de um objeto em estoque de tamanho par (ímpar), favorece a diminuição de desperdício. Em somente 05 das 18 classes: 08, 10, 12, 14 e 18, a heurística Gulosa apresentou melhores soluções para o número médio de objetos cortados. O que mostra que a proposta de modificação da heurística apresentada neste trabalho tornou-a mais eficiente. É possível perceber também que em algumas classes como 04 e 12, a heurística  $Gulosa_{impar}$  superou a  $Gulosa_{par}$  apresentada por Cerqueira e Marques [2015] e em outras foi superada por esta, como no caso da classe 16. Possivelmente devido a variação de itens de comprimento par ou ímpar nos problemas testes da classe. A Tabela 6 apresenta o desempenho da heurística  $Gulosa_{impar}$  em relação à Gulosa e  $Gulosa_{par}$  tendo como referência as soluções da heurística FFD. Para cada classe de problemas testes

é mostrado o percentual de objetos (coluna objs) e de padrões (coluna pads) que cada heurística conseguiu reduzir quando comparados os resultados com aqueles gerados pela heurística FFD. Se considerarmos a classe 4, percebe-se que enquanto a heurística Gulosa reduz a média de objetos cortados em 22, 61% a *Gulosa<sub>impar</sub>* reduz 34, 40%, tendo praticamente todas elas reduzido a média de padrões em 41%. Não citamos a *Gulosa<sub>par</sub>*, pois como explicado anteriormente, seu desempenho é muito próximo do desempenho obtido pela *Gulosa<sub>impar</sub>*.

Classe	FFD		Gulosa		GulosaPar		GulImpar	
	objs	pads	objs	pads	objs	pads	objs	pads
1	11,61	9,50	<b>11,41</b>	<b>8,98</b>	<b>11,40</b>	<b>9,47</b>	11,42	9,47
2	111,68	16,80	<b>89,86</b>	<b>10,07</b>	<b>76,23</b>	<b>10,32</b>	77,68	10,41
3	22,07	18,32	<b>21,83</b>	<b>17,86</b>	<b>20,05</b>	<b>17,98</b>	<b>20,13</b>	<b>17,83</b>
4	217,70	32,36	<b>168,47</b>	<b>18,85</b>	<b>147,44</b>	<b>18,99</b>	<b>142,84</b>	<b>19,07</b>
5	43,13	34,50	<b>42,78</b>	<b>33,61</b>	42,80	33,82	42,85	34,00
6	426,53	62,05	<b>327,32</b>	<b>34,66</b>	<b>276,06</b>	<b>35,29</b>	<b>278,87</b>	<b>35,26</b>
7	50,35	10,89	50,57	10,51	<b>48,97</b>	<b>10,54</b>	<b>49,94</b>	<b>10,45</b>
8	501,15	12,12	<b>187,79</b>	<b>7,03</b>	<b>197,99</b>	<b>6,64</b>	<b>197,23</b>	<b>6,67</b>
9	94,06	20,94	<b>94,55</b>	<b>20,21</b>	<b>92,25</b>	<b>20,23</b>	<b>91,80</b>	<b>20,38</b>
10	936,30	23,50	<b>364,36</b>	<b>12,78</b>	<b>380,39</b>	<b>12,23</b>	<b>381,47</b>	<b>12,22</b>
11	177,56	39,84	<b>183,6</b>	<b>39,05</b>	<b>176,86</b>	<b>39,35</b>	177,28	39,45
12	1770,26	44,65	<b>731,69</b>	<b>23,63</b>	<b>750,17</b>	<b>22,78</b>	<b>756,26</b>	<b>22,50</b>
13	63,59	10,55	<b>64,38</b>	<b>10,28</b>	<b>63,49</b>	<b>10,39</b>	<b>63,98</b>	<b>10,39</b>
14	633,70	11,05	<b>226,74</b>	<b>5,35</b>	<b>232,60</b>	<b>5,17</b>	<b>234,36</b>	<b>5,08</b>
15	119,93	20,64	<b>122,66</b>	<b>20,06</b>	<b>119,82</b>	<b>20,22</b>	<b>120,01</b>	<b>20,21</b>
16	1195,29	21,72	<b>441,65</b>	<b>9,73</b>	<b>437,77</b>	<b>9,79</b>	<b>446,29</b>	<b>9,28</b>
17	225,30	39,36	<b>238,47</b>	<b>38,65</b>	<b>227,16</b>	<b>38,88</b>	<b>226,48</b>	<b>38,88</b>
18	2247,42	41,58	<b>832,70</b>	<b>18,69</b>	<b>850,21</b>	<b>17,72</b>	<b>856,94</b>	<b>17,48</b>

Tabela 5: Testes Computacionais

Classe	Gulosa		GulosaPar		GulImpar	
	objs	pads	objs	pads	objs	pads
1	1,72%	5,47%	1,81%	0,31%	1,64%	0,31%
2	19,54%	40,00%	31,74%	38,57%	30,44%	38,03%
3	1,09%	2,51%	9,15%	1,86%	2,01%	8,93%
4	22,61%	41,74%	32,27%	41,32%	34,40%	41,01%
5	0,81%	2,58%	0,76%	1,97%	0,65%	1,45%
6	23,26%	44,14%	32,28%	43,12%	34,62%	43,17%
7	0,00%	3,45%	2,74%	3,21%	0,81%	4,04%
8	62,52%	42,00%	60,49%	45,21%	60,64%	44,97%
9	0,00%	3,49%	1,92%	3,39%	2,40%	2,67%
10	61,08%	45,61%	59,37%	47,96%	59,26%	48,00%
11	0,00%	1,98%	0,39%	1,23%	0,16%	0,98%
12	58,67%	47,08%	57,62%	48,98%	57,28%	49,61%
13	0,00%	2,56%	0,16%	1,52%	0,61%	1,57%
14	64,22%	51,58%	63,29%	53,21%	63,02%	54,01%
15	0,00%	2,81%	0,10%	2,03%	-0,07%	2,08%
16	63,06%	55,20%	63,38%	54,92%	62,66%	57,27%
17	0,00%	1,80%	0,00%	1,22%	0,52%	1,22%
18	62,95%	51,34%	62,17%	57,38%	61,87%	57,98%

Tabela 6: Desempenho em relação a FFD (%)

## 5 | CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Apresentamos neste trabalho uma proposta de modificação na heurística Gulosa que gera uma solução inteira para o problema de corte de estoque unidimensional. Esta é uma extensão da proposta apresentada em Cerqueira e Marques [2015], que testaram o desempenho da heurística modificada  $Gulosa_{par}$ . Incluímos neste trabalho a heurística modificada  $Gulosa_{impar}$ . Os resultados dos testes computacionais realizados mostraram-se promissores e validaram a essência da idéia nela contida que é realizar modificações simples com teorias matemáticas fáceis de serem implementadas, mas que cumprem o seu objetivo de melhorar o desempenho de algumas heurísticas da literatura para o problema em estudo. Para trabalhos futuros, pretendemos implementar heurísticas da literatura que utilizam a abordagem residual na determinação de uma solução inteira para o problema de corte de estoque unidimensional, comparar com a abordagem construtiva que apresentamos neste trabalho e reunir todos os dados num único artigo.

## 6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fapesb, Capes e CNPq e pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- Arenales, M. N., Morabito, R., e Yanasse, H. H. (2004). *Problemas de corte e empacotamento*. Anais Sobrapo, São João Del Rei-Rio de Janeiro.
- Bazaraa, M. (1990). *Linear programming and network flows*. Virginia Polytechnic Institute and State University, United States of America.
- Cerqueira, G. R. L. e Marques, M. (2015). Heurísticas para o problema de corte de estoque unidimensional inteiro: novas contribuições. *In Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics*.
- Cerqueira, G. R. L. e Yanasse, H. H. (2009). A pattern reduction procedure in a one-dimensional cutting stock problem by grouping items according to their demands. *Journal of Computational Interdisciplinary Sciences*, 2:159–164.
- Cherri, A. C. e Arenales, M. N. (2005). O Problema de corte de estoque com reaproveitamento das sobras de material - Heurística FFD Modificada. XXXVII SBPO, Gramado-RS
- Cui, Y. (2005). Cutting stock problem and its solution in the manufacturing industry of large electric generators. *Computers and Operations Research*, 32:1709–1721.
- Farley, A. A. (1990). The cutting stock problem in the canvas industry. *European Journal of Operational Research*, 44:247–255.
- Gau, T. e Wascher, G. (1995). Cutgen1: a problem generator for one-dimensional cutting stock problem. *European Journal of Operational Research*, 84:572–579.
- Gilmore, P. e Gomory, R. (1961). A linear programming approach to the cutting stock problem. *Operations Research*, 9.

- Gilmore, P. e Gomory, R. (1963). A linear programming approach to the cutting stock problem-partii. *Operations Research*, 6:863–888.
- Haessler, R. W. (1975). Controlling cutting pattern changes in one-dimensional trim problems. *Operations Research*, 23:483–493.
- Johnson, M. P., Rennick, C., e Zak, E. (1997). Skiving addition to the cutting stock problem in the paper industry. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 39:472–483.
- Martello, S. e Toth, P. (1990). Lower bounds and reduction procedures for the bin packing problem. *Discrete Applied Mathematics*, 28:59–70.
- Mcdiarmid, C. (1999). Pattern minimisation in cutting stock problems. *Discrete Applied Mathematics*, 98:121–130.
- Ongkunaruk, P. (2005). Asymptotic Worst-Case Analyses for the Open Bin Packing Problem. *Virginia Polytechnic Institute*, Blacksburg, Virginia.
- Poldi, K. C. e Arenales, M. N. (2006). Heurísticas para o problema de corte de estoque unidimensional inteiro. *Pesquisa Operacional*, 26.
- Stadtler, H. (1990). A one-dimensional cutting stock problem in the aluminium industry and its solution. ***European Journal of Operational Research***, 44:209–223.
- Vanderbeck, F. (2000). Exact algorithm for minimising the number of setups in the one-dimensional cutting stock problem. *Operations Research*, 48:915–926.
- Wascher, G. e Gau, T. (1996). Heuristics for the integer one-dimensional cutting stock problem: a computational study. *OR Spektrum*, 18:131–144.
- Yanasse, H. H. e Limeira, M. S. (2006). A hybrid heuristic to reduce the number of different patterns in cutting stock problems. *Computers & Operations Research*, 33.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Ernane Rosa Martins** - Doutorado em andamento em Ciência da Informação com ênfase em Sistemas, Tecnologias e Gestão da Informação, na Universidade Fernando Pessoa, em Porto/Portugal. Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, possui Pós-Graduação em Tecnologia em Gestão da Informação, Graduação em Ciência da Computação e Graduação em Sistemas de Informação. Professor de Informática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG (Câmpus Luziânia), ministrando disciplinas nas áreas de Engenharia de Software, Desenvolvimento de Sistemas, Linguagens de Programação, Banco de Dados e Gestão em Tecnologia da Informação. Pesquisador do Núcleo de Inovação, Tecnologia e Educação (NITE), certificado pelo IFG no CNPq.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-478-8

