

DARLON ORLAMÜNDER DE SOUZA

**ALGORITMOS GENÉTICOS APLICADOS AO PLANEJAMENTO  
DO TRANSPORTE PRINCIPAL DE MADEIRA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Anselmo Chaves Neto

Co-orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

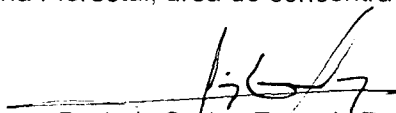
CURITIBA

2004

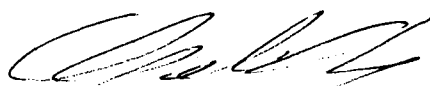
**PARECER**

Defesa nº. 558

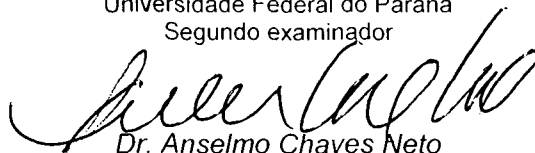
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) mestrando(a) *Darlon Orlamünder de Souza* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**Algoritmos genéticos aplicados ao planejamento do transporte principal de madeira**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em ECONOMIA E POLÍTICA FLORESTAL.



*Dr. Luiz Carlos Estraviz Rodriguez*  
Universidade de São Paulo - ESALQ  
Primeiro examinador




*Dr. Celso Carnieri*  
Universidade Federal do Paraná  
Segundo examinador



*Dr. Anselmo Chaves Neto*  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 26 de abril de 2004.



*Graciela Ines Bolzon de Muniz*  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
*Carlos Roberto Sanquetta*  
Vice-Coodenador do Curso

*A Deus, por estar presente em todos os dias da minha vida*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, Ademar e Hildegart, pelo carinho, estímulo e orientação nos momentos mais difíceis.

À minha querida noiva, Cynthia, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo apoio e estímulo oferecidos durante a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Anselmo Chaves Neto, pelos conhecimentos transmitidos e pelo apoio irrestrito oferecido ao longo do curso.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Julio Eduardo Arce, por me ensinar os primeiros passos no campo da Pesquisa Operacional, pela enorme didática e pelo estímulo para a realização deste trabalho.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Alceu Souza, Arinei Lindbeck da Silva, Celso Carnieri, Luzia Maria Vidal Zamboni e Maria Teresinha Arns Steiner, por me permitirem ampliar os conceitos da Programação Matemática.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Dartagnan Baggio Emerenciano, Ricardo Berger, Roberto Tuyoshi Hosokawa e Roberto Rochadelli, por me fornecerem uma perspectiva diferenciada do negócio florestal.

Aos secretários do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Sra. Eliane, Sr. Reinaldo e Sra. Eleonor, e do Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Sra. Maristela, pela disposição e pelos esclarecimentos proporcionados ao longo do curso.

Ao engenheiro florestal Hamilton Luiz Romanowski, por prestar o seu apoio crítico no desenvolvimento deste trabalho e, principalmente, por seus preciosos conselhos; a Klabin S.A, na pessoa do engenheiro florestal Carlos José Mendes, por viabilizar a realização deste trabalho; e a todos os meus amigos e colegas pelas sugestões e pelo apoio em todas as fases do curso.

À fundação de pesquisas florestais (FUPEF) pela confiança ofertada ao longo do curso.

*We are continually faced by great opportunities brilliantly disguised as insoluble problems.*

Lee Iacoc

## SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	v
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE QUADROS .....	ix
LISTA DE GRÁFICOS .....	xi
LISTA DE SIGLAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	2
1.2 OBJETIVOS .....	4
1.3 JUSTIFICATIVAS .....	5
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	5
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
2.1 PLANEJAMENTO FLORESTAL .....	6
2.2 PROGRAMAÇÃO LINEAR.....	9
2.3 ALGORITMOS GENÉTICOS .....	11
2.3.1 Definições .....	12
2.3.2 Codificação .....	12
2.3.3 Avaliação da População .....	13
2.3.4 Operador de Seleção .....	14
2.3.4.1 Seleção por torneio ( <i>tournament selection</i> ) .....	14
2.3.4.2 Seleção por truncamento ( <i>truncation selection</i> ) .....	14
2.3.4.3 Seleção por ordenação ( <i>ranking selection</i> ) .....	15
2.3.4.4 Seleção proporcional ( <i>proportional selection</i> ) .....	15
2.3.4.5 Seleção de Boltzmann ( <i>Boltzmann selection</i> ).....	16
2.3.5 Operador de <i>Crossover</i> .....	16
2.3.5.1 Operador <i>Order crossover #1</i> .....	17
2.3.5.2 Operador <i>Order crossover #2</i> .....	18
2.3.5.3 Operador <i>Partially mapped crossover</i> .....	19
2.3.5.4 Operador <i>Cycle crossover</i> .....	20
2.3.5.5 Operador <i>Position based crossover</i> .....	21
2.3.6 Operador de Mutação.....	22
2.3.7 Estrutura .....	24
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	26
3.2 PROGRAMAÇÃO LINEAR.....	27

3.2.1	Função Objetivo .....	27
3.2.1.1	Colheita de madeira .....	27
3.2.1.2	Transporte de madeira.....	28
3.2.1.3	Estoque excedente de madeira .....	28
3.2.1.4	Movimentação das equipes de corte .....	28
3.2.1.5	Síntese da função objetivo .....	29
3.2.2	Restrições .....	29
3.3	ALGORITMOS GENÉTICOS .....	31
3.3.1	Codificação e Decodificação .....	31
3.3.2	Avaliação da População.....	36
3.3.2.1	Colheita de madeira .....	36
3.3.2.2	Transporte de madeira.....	36
3.3.2.2.1	Modelo de transporte .....	37
3.3.2.2.2	Aplicação do modelo de transporte ao algoritmo genético .....	38
3.3.2.3	Estoque excedente de madeira .....	39
3.3.2.4	Movimentação das equipes de corte .....	39
3.3.2.5	Função de penalidade exterior .....	40
3.3.3	Operador de Seleção .....	40
3.3.4	Operador de <i>Crossover</i> .....	41
3.3.5	Operador de Mutação.....	41
3.3.6	Tamanho da População .....	41
3.3.7	Critério de Parada.....	42
3.3.8	Estrutura .....	42
3.3.9	Variedades de Algoritmos Genéticos.....	43
3.4	IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL .....	47
3.5	DADOS UTILIZADOS .....	48
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>53</b>
4.1	PROGRAMAÇÃO LINEAR.....	53
4.2	ALGORITMOS GENÉTICOS .....	56
4.2.1	Comparação entre as Variedades de Algoritmos Genéticos .....	56
4.2.2	Melhores Soluções das Variedades de Algoritmos Genéticos.....	59
4.2.2.1	AG000 .....	60
4.2.2.2	AG001 .....	62
4.2.2.3	AG010 .....	64
4.2.2.4	AG011 .....	65
4.2.2.5	AG100 .....	67
4.2.2.6	AG101 .....	68
4.2.2.7	AG110.....	70

4.2.2.8	AG111 .....	71
4.3	COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS EXATO E HEURÍSTICO .....	73
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>77</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>79</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>
	APÊNDICE 1 – DESCRIÇÃO DO ALGORITMO DE TRANSPORTE .....	83
	APÊNDICE 2 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA, FLUXO DA MADEIRA PARA PROCESSO E PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR.....	97
	APÊNDICE 3 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS MELHORES SOLUÇÕES DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DAS OITO VARIEDADES DE ALGORITMOS GENÉTICOS.....	110
	APÊNDICE 4 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA, FLUXO DA MADEIRA PARA PROCESSO E PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DAS MELHORES SOLUÇÕES DAS OITO VARIEDADES DE ALGORITMOS GENÉTICOS .....	119
	APÊNDICE 5 – NÚMERO DE ITERAÇÕES E TEMPO DE PROCESSAMENTO DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DAS OITO VARIEDADES DE ALGORITMOS GENÉTICOS .....	168



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – EXEMPLO DE CROMOSSOMO .....	12
FIGURA 2 – EXEMPLO DE <i>CROSSOVER</i> DE UM PONTO .....	17
FIGURA 3 – EXEMPLO DO <i>ORDER CROSSOVER #1</i> .....	18
FIGURA 4 – EXEMPLO DO <i>ORDER CROSSOVER #2</i> .....	19
FIGURA 5 – EXEMPLO DO <i>PARTIALLY MAPPED CROSSOVER</i> .....	20
FIGURA 6 – EXEMPLO DE <i>CYCLE CROSSOVER</i> .....	21
FIGURA 7 – EXEMPLO DE <i>POSITION BASED CROSSOVER</i> .....	22
FIGURA 8 – EXEMPLO DE MUTAÇÃO.....	22
FIGURA 9 – EXEMPLO DE MUTAÇÃO <i>SWAP</i> .....	23
FIGURA 10 – EXEMPLO DE MUTAÇÃO <i>SHIFT</i> .....	23
FIGURA 11 – EXEMPLO DE CROMOSSO PARA PERMUTAÇÃO .....	32
FIGURA 12 – FLUXOGRAMA DO ALGORITMO DE DECODIFICAÇÃO DO CROMOSSOMO (ADC).....	33
FIGURA 13 – FLUXOGRAMA PARA APLICAÇÃO DO MODELO DE TRANSPORTE.....	38
FIGURA 14 – FLUXOGRAMA DO ADC IMPLEMENTADO COM A ESTRATÉGIA 3 DE MELHORIA DA SOLUÇÃO.....	46

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CUSTO DE TRANSPORTE E VOLUME DE MADEIRA OFERTADO .....	2
QUADRO 2 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA PARA O CASO “A” .....	3
QUADRO 3 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA PARA O CASO “B” .....	3
QUADRO 4 – FLUXO DE MADEIRA PARA O CASO “A” .....	3
QUADRO 5 – FLUXO DE MADEIRA PARA O CASO “B” .....	4
QUADRO 6 – VOLUME (m <sup>3</sup> ) DO PRIMEIRO PRODUTO FLORESTAL QUE PODE SER CORTADO POR EQUIPE DE CORTE, PONTO DE PRODUÇÃO E PERÍODO .....	34
QUADRO 7 – EXEMPLO DE PROGRAMAÇÃO DOS PONTOS DE PRODUÇÃO .....	35
QUADRO 8 – NOMENCLATURA DOS ALGORITMOS GENÉTICOS UTILIZADOS .....	43
QUADRO 9 – CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS FLORESTAIS .....	48
QUADRO 10 – OFERTA DE MADEIRA E PROPORÇÃO DOS PRODUTOS FLORESTAIS NOS PONTOS DE PRODUÇÃO .....	49
QUADRO 11 – PRODUÇÃO SEMANAL .....	50
QUADRO 12 – CUSTO DE TRANSPORTE (R\$.tvec <sup>-1</sup> ), ENTRE OS PONTOS DE PRODUÇÃO E AS FÁBRICAS, PARA A MADEIRA DE PROCESSO .....	51
QUADRO 13 – NÍVEIS DE ESTOQUE MÍNIMO E MÁXIMO .....	51
QUADRO 14 – ALOCAÇÃO INICIAL E CUSTO MÉDIO DE MOVIMENTAÇÃO DAS EQUIPES DE CORTE .....	52
QUADRO 15 – CUSTOS TOTAIS DE COLHEITA, TRANSPORTE E ESTOQUE EXCEDENTE DE MADEIRA .....	55
QUADRO 16 – RESULTADOS DO TESTE DE NORMALIDADE DE SHAPIRO-WILKS W .....	56
QUADRO 17 – MÉDIA, MEDIANA, PERCENTIL 25 E 75, E VALORES MÍNIMO E MÁXIMO, DO CUSTO DE AVALIAÇÃO PADRONIZADO DAS OITO VARIEDADES DE ALGORITMOS GENÉTICOS .....	57
QUADRO 18 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG000 .....	60
QUADRO 19 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG001 .....	62
QUADRO 20 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG010 .....	64

QUADRO 21 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG011 .....	66
QUADRO 22 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG100 .....	67
QUADRO 23 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG101 .....	69
QUADRO 24 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG110 .....	70
QUADRO 25 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG111 .....	72
QUADRO 26 – CUSTOS (R\$) DE COMPARAÇÃO.....	73

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR .....	55
GRÁFICO 2 – COMPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES DOS ALGORITMOS GENÉTICOS .....	58
GRÁFICO 3 – COMPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES DOS ALGORITMOS GENÉTICOS (AMPLIADO).....	59
GRÁFICO 4 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG000.....	62
GRÁFICO 5 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG000.....	63
GRÁFICO 6 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG010.....	65
GRÁFICO 7 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG011.....	66
GRÁFICO 8 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG100.....	68
GRÁFICO 9 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG101.....	69
GRÁFICO 10 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG110.....	71
GRÁFICO 11 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG111.....	72
GRÁFICO 12 – DIFERENÇA (%) ENTRE OS CUSTOS DE COLHEITA DOS MÉTODOS EXATO E HEURÍSTICO .....	74
GRÁFICO 13 – DIFERENÇA (%) ENTRE OS CUSTOS DE TRANSPORTE DOS MÉTODOS EXATO E HEURÍSTICO .....	74
GRÁFICO 14 – DIFERENÇA (%) ENTRE OS CUSTOS DE COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS EXATO E HEURÍSTICO .....	75

## LISTA DE SIGLAS

ADC - Algoritmo de Decodificação do Cromossomo

AG - Algoritmo Genético

PCV - Problema do Caixeiro Viajante

PMX - *Partially Mapped Crossover*

PL - Programação Linear

PLI - Programação Linear Inteira

PLIM - Programação Linear Inteira Mista

## RESUMO

Nas empresas florestais em que a madeira pode ser destinada para mais do que uma fábrica, o planejamento da colheita pode influenciar significativamente no fluxo de madeira e, conseqüentemente, nos custos de transporte. O planejamento da colheita envolve as decisões de quais pontos de produção cortar, quando cortar e quais equipes atuam em cada ponto de produção. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo de algoritmo genético (método heurístico), que permita aos tomadores de decisões determinar o período de intervenção das equipes de corte nos pontos de produção, para minimizar os custos com as atividades relacionadas à colheita e ao transporte principal de madeira. Os dados para testar o modelo foram fornecidos pela Klabin S.A. – empresa com atividades na produção de celulose e papel, nos municípios de Otacílio Costa e Correia Pinto, no estado de Santa Catarina. Com a finalidade de aproximar as soluções do método heurístico das condições de trabalho da empresa foram adotadas três estratégias independentes de melhoria das soluções, totalizando oito variedades de algoritmos genéticos. As duas primeiras estratégias visam conduzir o algoritmo para iniciar o planejamento com os pontos de produção que estavam em corte no ano anterior e a terceira permite que até duas equipes de corte realizem a colheita no mesmo ponto de produção. Esta última estratégia apresentou os maiores ganhos para a empresa, pois possibilitou uma redução considerável nos custos de transporte. Os resultados também indicaram que a capacidade produtiva disponível das equipes de corte é maior do que o consumo de madeira previsto para o ano de 2004. As melhores soluções dos algoritmos genéticos foram comparadas com a solução do modelo de programação linear com as condições de variáveis inteiras relaxadas. As soluções dos algoritmos genéticos apresentaram custos de colheita, transporte e estoque excedente de madeira entre 2,0% e 5,2% superiores aos do modelo de programação linear.

**Palavras-chave:** Planejamento da Produção; Programação Matemática; Problema de Transporte de Hitchcock-Koopmans.

## ABSTRACT

In the forest companies where wood can be distributed to more than one mill, the annual harvesting planning may influence the wood flow and consequently the transportation costs. Harvest planning includes decisions such as which forest areas to harvest, when to harvest and which harvest crew to use for each area. The main objective of this research was to develop a Genetic Algorithm Model (Heuristic Method) to minimize the costs associated with harvesting and transportation. Klabin S.A. – a pulp and paper company, located in Otacílio Costa and Correia Pinto, state of Santa Catarina, Brazil – supplied the data set used to test the present model. To approximate the solutions of the Heuristic Method to the company initial working conditions three independent strategies were applied to improve solutions, resulting in eight Genetic Algorithms Varieties. The first two strategies deal with the initial allocation of the harvest crews and the third allows harvesting with up to two crews in the same forest area. The last strategy resulted in large gains to the company, since it reduced considerably the transportation costs. The results indicated that the production capacity of the harvest crews is above the predicted wood demand for the year 2004. The best Genetic Algorithms solutions were compared to the solution obtained with the Relaxed Linear Programming solution. The results of the Heuristic Method showed costs of harvesting, transportation and exceeding wood stock from 2,0% to 5,2% higher than the solution provided by the Linear Programming Model.

**Key words:** Production Planning; Mathematical Programming; Hitchcock-Koopmans Transportation Problem.

## 1 INTRODUÇÃO

O custo da madeira no pátio das fábricas é composto basicamente pelo valor da madeira em pé e pelos custos de construção de estradas, colheita e transporte de madeira. Para dois povoamentos com as mesmas características (idade, sítio, tratos culturais, topografia, entre outros), o valor médio da madeira em pé e os custos de construção de estradas e colheita de madeira são similares, contudo, o custo de transporte pode variar significativamente, pois depende da distância entre o povoamento e a fábrica.

Para uma mesma distância de transporte, quanto menor for o valor do produto florestal, maior será a importância do transporte no custo da madeira colocada no pátio das fábricas e, conseqüentemente, no custo do produto final. WILLIAMSON e NIEUWENHUIS (1993, p. 7) comentam que o transporte representa até 40% do custo total da madeira para as indústrias de celulose e até 25% para as indústrias de madeira serrada. MALINOVSKI e MALINOVSKI (1998, p. 1) afirmam que a colheita e o transporte de madeira representam, em média, de 60% a 70% dos custos da madeira colocada no pátio das fábricas. Segundo BURGER e JAMNICK (1995, p. 89), para uma indústria de celulose, o custo total da madeira constitui de 30% a 40% do custo do produto final.

Devido à importância da colheita e do transporte de madeira na composição do custo do produto final, torna-se necessário incrementar a eficiência destas atividades. Uma das formas de se conseguir isto é pela otimização do processo produtivo.

A utilização de técnicas de otimização adequadas à produção de madeira em povoamentos de pinus e eucalipto é cada vez maior nas empresas do setor de papel e celulose no Brasil, pois a complexidade dos problemas florestais pode conduzir o gestor destes recursos a tomar decisões questionáveis do ponto de vista técnico e econômico. Contudo, a evolução dos computadores e o desenvolvimento de novas metodologias (heurísticas) permitem a tomada de decisões com base na consideração simultânea de critérios ambientais, técnicos e econômicos.



## 1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A partir do momento que se tem dois ou mais centros consumidores (fábricas), a seqüência de intervenção nos pontos de produção ao longo do ano e a equipe de corte que realiza a colheita em cada ponto de produção podem influenciar significativamente no custo do transporte principal de madeira.

Para tornar o problema mais acessível são apresentadas duas programações da colheita de madeira, casos “A” e “B”, com o objetivo de abastecer duas fábricas, por cinco semanas, com consumos de 240 e 60 m<sup>3</sup> por semana. A colheita é executada por três equipes de corte, com produções semanais de 150, 100 e 50 m<sup>3</sup>. O custo de colheita é igual para todas as equipes de corte e a madeira está disponível em seis pontos de produção, cujos custos de transporte e volumes ofertados são apresentados no quadro 1.

QUADRO 1 – CUSTO DE TRANSPORTE E VOLUME DE MADEIRA OFERTADO

PONTO DE PRODUÇÃO	OFERTA DE MADEIRA (m <sup>3</sup> )	CUSTO DE TRANSPORTE (\$·m <sup>3</sup> )	
		Fábrica 1 (FB1)	Fábrica 2 (FB2)
PP1	450	2,00	2,00
PP2	400	7,00	5,00
PP3	300	8,00	4,00
PP4	200	9,00	5,00
PP5	100	6,00	6,00
PP6	50	2,00	2,00

NOTA: PP indica o ponto de produção e FB indica a fábrica

Nos quadros 2 e 3 são ilustradas as programações da colheita de madeira, para os casos “A” e “B”, respectivamente. No primeiro caso (quadro 2), a equipe de corte 1 realiza a colheita no ponto de produção 3 nas duas primeiras semanas e no ponto de produção 1 nas semanas remanescentes. A equipe de corte 2 trabalha por quatro semanas no ponto de produção 2 e finaliza a programação no ponto de produção 5. A equipe de corte 3 executa suas atividades no ponto de produção 4 nas quatro primeiras semanas e corta o ponto de produção 6 na última semana do planejamento.



QUADRO 5 – FLUXO DE MADEIRA PARA O CASO “B”

PONTO DE PRODUÇÃO	FLUXO DE MADEIRA (m <sup>3</sup> )									
	1.ª Semana		2.ª Semana		3.ª Semana		4.ª Semana		5.ª Semana	
	FB1	FB2	FB1	FB2	FB1	FB2	FB1	FB2	FB1	FB2
1	150	0	150	0	150	0	-	-	-	-
2	90	10	90	10	90	10	100	0	-	-
3	-	-	-	-	-	-	140	10	90	60
4	0	50	0	50	0	50	0	50	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	100	0
6	-	-	-	-	-	-	-	-	50	0

Os custos de transporte referentes aos fluxos de madeira para os casos “A” e “B” são \$ 7.680 e \$ 7.460, respectivamente. Desta forma, torna-se evidente a influência que a programação da colheita de madeira exerce sobre os custos totais de transporte, pois a simples inversão na seqüência de corte de uma das equipes proporcionou uma redução de 2,9% nos custos de transporte.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um modelo de algoritmo genético (método heurístico) que permita aos tomadores de decisões determinar: (a) o período de intervenção das equipes de corte nos pontos de produção e (b) o fluxo de madeira entre os pontos de produção e as fábricas, com a finalidade de minimizar os custos com as atividades relacionadas à colheita e ao transporte principal de madeira.

Os objetivos complementares são:

- a) testar oito variedades de algoritmos genéticos, implementados com três estratégias independentes de melhoria da solução, com a finalidade de adequar o modelo heurístico às condições iniciais de trabalho da empresa;
- b) comparar as soluções do método heurístico com uma solução de referência obtida por um método exato.

### 1.3 JUSTIFICATIVAS

Nas empresas florestais em que a madeira pode ser destinada para mais do que uma fábrica, o planejamento anual da colheita influencia diretamente nos custos de transporte, pois pode ocorrer o corte de fazendas próximas das fábricas em um momento e em outro o corte de fazendas distantes. Como as atividades relacionadas à colheita e ao transporte representam uma parcela significativa nos custos da madeira posto fábrica, faz-se necessário determinar os meios para reduzir estes desembolsos e aumentar a eficiência do processo produtivo.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é composto por seis capítulos. A introdução apresenta o problema proposto e define os objetivos do estudo. O segundo capítulo apresenta uma revisão da estrutura hierárquica dos modelos de planejamento da produção florestal, faz uma referência à programação linear e descreve as principais características dos algoritmos genéticos. No terceiro capítulo são descritos detalhadamente um modelo de programação linear inteira mista e um modelo de algoritmos genéticos, assim como as três estratégias independentes de melhoria das soluções. No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos com os métodos exato e heurístico, e no quinto capítulo são apresentadas as conclusões do estudo. O sexto capítulo trata das recomendações para os trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PLANEJAMENTO FLORESTAL

Segundo GUNN (1991, p. 56) e ROBAK (1996, p. 246), o planejamento da produção florestal pode ocorrer em três níveis hierárquicos: estratégico, tático e operacional.

O planejamento estratégico tem como objetivo principal verificar os recursos florestais que a empresa tem a sua disposição e definir a capacidade de produção dos vários segmentos da empresa (GUNN, 1991, p. 56). As decisões estratégicas envolvem grandes investimentos, como a aquisição de terras e a construção ou expansão de uma fábrica (WEINTRAUB et al., 1986, p. 152).

Segundo WEINTRAUB et al. (1994, p. 1010), as decisões táticas estão relacionadas a quando, onde e como realizar a colheita de madeira para satisfazer os objetivos da empresa. Estas decisões devem levar em consideração as funções sociais, ambientais e econômicas da floresta.

O planejamento tático pode ser dividido em pelo menos três tipos: tático de longo prazo, tático de médio prazo e tático de curto prazo. O planejamento tático de longo prazo visa garantir o abastecimento de madeira para a indústria, no longo prazo, e maximizar o valor presente líquido obtido com a floresta. Esse modelo é baseado em informações agregadas (estratos florestais) e incerteza de preços, mercado, crescimento e tecnologia. O objetivo do planejamento tático de médio prazo é desenvolver um plano de colheita de madeira, construção de estradas e tratamentos silviculturais, específico para cada talhão que compõe os estratos. O planejamento tático de curto prazo especifica quais talhões devem ser cortados e como a madeira deve ser distribuída, para as fábricas e/ou consumidores, para maximizar os lucros. Neste modelo são considerados os custos de colheita e transporte de madeira, sazonalidade do mercado e disponibilidade de equipamentos; contudo, sua principal

característica é o fato de não considerar o crescimento da floresta (GUNN, 1991, p. 56-59).

O planejamento operacional visa antecipar os problemas e estabelecer rotinas e alternativas operacionais para atingir as metas de produção pré-estabelecidas (MACHADO; LOPES, 2002, p. 185). A alocação de máquinas florestais, equipes de trabalho e caminhões são exemplos de decisões operacionais (GUNN, 1991, p. 57).

GUNN (1991, p. 59) apresenta uma estrutura hierárquica orientada para a implementação dos níveis tático e operacional. Por exemplo, a decisão tática de longo prazo é quanto cortar de cada estrato nos próximos 10 anos. A decisão tática de médio prazo envolve a colheita de madeira, a construção de estradas e os tratamentos silviculturais para cada talhão dos estratos nos próximos cinco anos. A decisão tática de curto prazo é quanto cortar de cada talhão no próximo ano e a decisão operacional inclui onde alocar as equipes de trabalho na próxima semana. Desta forma, tem-se que as decisões tomadas em um nível estratégico agem como restrições nas decisões do nível inferior.

O modelo de planejamento da colheita e do transporte principal de madeira desenvolvido nesta pesquisa pode ser classificado como tático de curto prazo. Segundo GUNN e RAI (1987, p. 1508), estes modelos são amplamente aplicados nas indústrias de produtos florestais, porém poucos são publicados.

WILLIAMSON e NIEUWENHUIS (1993) utilizaram um modelo de programação linear (PL) para minimizar a distância de transporte em um planejamento de vendas. Em 1991, o problema envolvia o suprimento de madeira para 20 fábricas de grande porte da Irlanda e 8 contratos de exportação. A oferta era proveniente de 2.674 pontos de venda, em 245 fazendas, com um total de 30 produtos florestais. Os resultados mostraram uma redução de 38% na distância média de transporte.

BURGER e JAMNICK (1995) desenvolveram um modelo de PL com três opções de função objetivo, sendo que a principal visa minimizar os custos de compra, transporte e colheita de madeira. Considerando um único período, o sistema determina, para cada produto florestal, as áreas que devem ser cortadas, o método de colheita a

ser utilizado em cada área e o destino da madeira. O modelo também estabelece o volume de cavaco a ser transferido das serrarias para as fábricas de celulose. O planejamento para um mês foi testado com 7 métodos de colheita de madeira, 9 serrarias, uma fábrica de celulose e 41 estratos florestais. Os resultados indicaram uma redução de 5,1% nos custos de obtenção de madeira.

PALANDER (1995) desenvolveu um algoritmo de programação dinâmica para reduzir os custos de estoque, transporte e colheita de madeira. O problema hipotético tinha por objetivo alocar as áreas que seriam cortadas nas próximas oito semanas, para uma empresa com duas fábricas e dois distritos florestais. Os resultados indicaram que os custos de transporte são os que mais influenciam na alocação das áreas de corte.

WANG (1994) apresentou um modelo de otimização multi-objetivo visando determinar a melhor época do ano para realizar a colheita de madeira, baseado em informações sociais, ambientais e econômicas desta atividade. Para uma floresta localizada no nordeste da China, os resultados mostraram que o inverno é a melhor época para intervir na floresta, pois a eficiência dos equipamentos é alta, os custos são baixos e os danos ao ambiente são menores devido ao congelamento do terreno.

OBORN (1996) desenvolveu um modelo de programação linear inteira mista (PLIM) para o planejamento tático de operações florestais. O modelo planeja a compra e o fluxo de madeira entre as áreas de corte e as fábricas, aloca os sistemas de colheita de madeira nas áreas disponíveis para o corte e define a compra de equipamentos e a construção de estradas. Os parâmetros deste planejamento incluíram 650 áreas de corte, 5 sistemas de colheita, 7 espécies florestais, 2 sortimentos por espécie, 4 fábricas e um horizonte de planejamento de 3 anos, sendo que cada ano foi dividido em três estações.

## 2.2 PROGRAMAÇÃO LINEAR

A programação linear (PL) é uma das técnicas de otimização mais importantes e mais utilizadas da pesquisa operacional (ZIONTS, 1974, p. 1). Esta técnica pode resolver problemas gerenciais complexos, tais como os problemas encontrados pelas forças armadas, indústria e agricultura (DANTZIG, 1963, p. 1).

Um modelo de PL é um modelo matemático desenvolvido para determinar os valores de um conjunto de variáveis (contínuas), visando minimizar (ou maximizar) uma função linear (função objetivo) enquanto satisfaz um sistema de restrições lineares (SALKIN, 1975, p. 1).

O primeiro método prático para determinar a solução ótima dos modelos de programação linear, o algoritmo simplex, foi apresentado, em 1947, por George B. Dantzig. Outras variações do método simplex, como o método dual simplex, foram propostas para reduzir o número de iterações e o custo computacional na programação linear (DANTZIG, 1963, p. 241).

Alguns problemas de decisão trabalham com variáveis que devem possuir valores inteiros. Por exemplo, não é possível construir 1,37 escolas ou produzir 11,74 aeronaves. Desta forma, os modelos de PL onde todas as variáveis devem possuir valores inteiros são denominados modelos de programação linear inteira (PLI) e os modelos de programação linear com variáveis inteiras e variáveis contínuas são denominados modelos de programação linear inteira mista (PLIM). Os problemas de PLI que possuem as variáveis inteiras restritas aos valores 0 ou 1 são conhecidos por problemas de programação linear inteira 0-1 (SALKIN, 1975, p. 1).

Os métodos para resolver os problemas de programação linear inteira podem ser classificados em três categorias: algoritmos de corte, métodos enumerativos (*branch-and-bound* e enumeração implícita) e algoritmos construtivos (ZIONTS, 1974, p. 336).

O algoritmo *branch-and-bound*, inicialmente apresentado por LAND e



DOIG<sup>1</sup>, é atualmente a técnica mais utilizada para encontrar a solução ótima em problemas de PLI e PLIM (ARCE, 2000, p. 118).

Segundo ZIONTS (1974, p. 416), o algoritmo *branch-and-bound* pode ser apresentado da seguinte forma:

1. resolve-se o problema de programação linear inteira (mista) como se fosse um problema de programação linear, ou seja, ignora-se as condições de variáveis inteiras;
2. verifica-se se a solução encontrada satisfaz as condições de variáveis inteiras. Se satisfizer, parar, pois a solução encontrada é ótima. Caso contrario, continuar;
3. escolhe-se uma variável inteira  $x_k$  cujo valor da solução  $y_k$  não é inteiro;
4. resolve-se dois problemas, cada um com uma das seguintes restrições:
  - a variável deve ser menor ou igual ao valor inteiro inferior:  $x_k \leq \lfloor y_k \rfloor$
  - a variável deve ser maior ou igual ao valor inteiro superior:  $x_k \geq \lceil y_k \rceil + 1$
 Exclui-se das avaliações futuras as soluções infactíveis;
5. armazena-se em uma lista as novas soluções que forem melhores do que as soluções inteiras encontradas até o momento;
6. seleciona-se na lista a melhor solução. Se a lista estiver vazia, encerra-se o algoritmo, pois não há solução factível para o problema. Caso contrário, retorna-se ao passo 2.

O algoritmo *branch-and-bound* também pode ser utilizado para encontrar soluções próximas da ótima e, além disso, fornecer um limite máximo na diferença (valor de tolerância) entre o valor da função objetivo da melhor solução factível inteira e o valor da função objetivo da solução ótima. Com isto, o algoritmo pode ser programado para parar quando o valor de tolerância atingir algum nível aceitável, como 1% ou 2% (McDILL; BRAZE, 2001, p. 405).

---

<sup>1</sup> LAND, A. H.; DOIG, A. G. An automatic method of solving discrete programming problems. *Econometrica*, v. 28, p. 497-520, 1960.

## 2.3 ALGORITMOS GENÉTICOS

Os algoritmos genéticos (AGs) são algoritmos de busca, baseados em mecanismos de seleção natural e genética, desenvolvidos por John Holland, seus colegas e estudantes na Universidade de Michigan (GOLDBERG, 1989, p. 1).

O objetivo de Holland não era projetar algoritmos para resolver problemas específicos, mas desenvolver métodos para representar os mecanismos de adaptação natural nos sistemas de computador (MITCHELL, 1996, p. 2).

Ao representar o processo evolutivo partindo do modelo de cromossomos, Holland foi capaz de encontrar um caminho de grande e imediata aplicação prática na determinação de máximos e mínimos de funções matemáticas, facilitando a aceitação dos AGs no meio acadêmico (GOLDBARG; LUNA, 2000, p. 415).

A idéia básica dos AGs consiste, de forma similar à teoria biológica dos sistemas naturais, na sobrevivência dos melhores indivíduos (VIANA, 1998, p. 127). Os indivíduos mais adaptados ao seu ambiente sobrevivem e se reproduzem a taxas maiores do que os indivíduos menos adaptados. Depois de muitas gerações, os indivíduos da população adquirem características que lhe conferem uma maior adaptabilidade ao ambiente do que os indivíduos das gerações anteriores. Quando a diferença entre as gerações é visível e mensurável, diz-se que a população evoluiu (KOZA, 1992, p. 17).

A execução de um AG começa com um esforço para aprender algo sobre o ambiente, ou seja, testando um número de indivíduos (população inicial) selecionados aleatoriamente do espaço de busca. Durante o processo evolutivo, cada indivíduo da população é avaliado para determinar o seu valor de aptidão (*fitness*), que é a única informação utilizada pelo AG. Baseado nestes valores, uma população de indivíduos é transformada em uma nova população mediante os operadores de seleção, *crossover* (recombinação) e mutação. O critério de parada de um AG pode ser, por exemplo, em termos do número máximo de gerações (iterações) (KOZA, 1992, p. 20-26).

Segundo GOLDBERG (1989, p. 7), os AGs se diferenciam da maioria dos

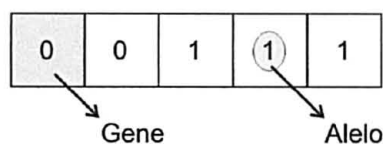
métodos de busca e otimização por quatro motivos:

- a) trabalham em um espaço de soluções codificadas e não diretamente no espaço de busca;
- b) trabalham com um conjunto de pontos (população) e não a partir de pontos isolados;
- c) não necessitam de derivadas ou outro conhecimento auxiliar, pois utilizam informações de custo ou recompensa (função objetivo);
- d) usam regras de transição probabilísticas.

### 2.3.1 Definições

O termo *indivíduo* é aplicado a cada membro da população. Cada indivíduo possui um *cromossomo* (figura 1), que contém uma representação de uma possível solução para o problema trabalhado (BÄCK e FOGEL, 2000). Os cromossomos são compostos por *genes*, que podem possuir diferentes valores denominados de *alelos*. A posição que o gene ocupa no cromossomo é denominada *locus* (GOLDBARG; LUNA, 2000, p. 416).

FIGURA 1 – EXEMPLO DE CROMOSSOMO



### 2.3.2 Codificação

Segundo BANZHAF et al. (1998, p. 95), o sucesso da execução de um AG depende da codificação adequada do problema. De acordo com GOLDBERG (1989, p. 7), os cromossomos dos AGs devem ser codificados como uma seqüência finita em algum alfabeto finito.

KOZA (1992, p. 19-31) comenta que geralmente esta codificação é realizada com um alfabeto binário {0, 1}. O espaço de busca para a codificação binária

apresenta  $2^K$  possibilidades (pontos), sendo  $K$  o comprimento (número de genes) do cromossomo.

O valor de aptidão  $f$  deveria depender apenas do valor do alelo  $v$ ,  $f = f(v)$ . Contudo, em muitos problemas o valor de aptidão pode depender de alguma combinação entre o valor do alelo e a ordem  $o$  dos genes,  $f = f(v,o)$ . Em um outro extremo aparecem os problemas de permutação, onde o valor de aptidão depende somente da ordem dos genes,  $f = f(o)$  (GOLDBERG, 1989, p. 171). Normalmente estes problemas exigem que cada número apareça apenas uma vez (DEB, 2000, p. 9). O espaço de busca para os problemas representados por permutação possuem  $K!$  possibilidades, sendo  $K$  o número de genes a serem ordenados (GOLDBERG, 1989, p. 315).

Problemas de programação (*scheduling*) e problemas clássicos de otimização combinatória, como o problema do caixeiro viajante (PCV)<sup>2</sup>, são frequentemente codificados como problemas de permutação (WHITLEY; YOO, 1995, p. 163).

### 2.3.3 Avaliação da População

Uma das tarefas mais difíceis na modelagem dos AGs é o desenvolvimento apropriado da função de aptidão, que é responsável pela avaliação da qualidade de cada indivíduo da população (KNOSALA; WAL, 2001, p. 91). BÄCK e FOGEL (2000) definem aptidão (*fitness*) como a propensão de um indivíduo a sobreviver e se reproduzir em um ambiente.

Segundo FALCÃO e BORGES (2001, p. 162), nos problemas de otimização sem restrições, o valor de aptidão de um indivíduo pode corresponder ao valor da função objetivo. Nos problemas de otimização com restrições, a abordagem mais comum é a utilização da função de aptidão associada a uma função de penalidade.

---

<sup>2</sup> No PCV, um vendedor hipotético deve visitar um determinado número de cidades procurando minimizar a distância total percorrida.

SMITH e COIT (2000, p. 41-42) definem as funções de penalidade que atuam nas soluções inviáveis como funções de penalidade exterior e as funções de penalidade que atuam nas soluções viáveis como funções de penalidade interior. A idéia básica das funções de penalidade interior é que a solução ótima está no limite da região factível.

#### 2.3.4 Operador de Seleção

O operador de seleção é usado para direcionar o processo na direção das melhores regiões do espaço de busca (BÄCK; FOGEL, 2000). Esse operador seleciona indivíduos da população para a reprodução, dando preferência aos indivíduos mais adaptados ao ambiente (MITCHELL, 1996, p. 10). Os principais esquemas de seleção são:

##### 2.3.4.1 Seleção por torneio (*tournament selection*)

A seleção por torneio não é baseada na competição entre todos os indivíduos da população, mas em um subconjunto dela (BANZHAF et al., 1998, p. 132). A idéia básica da seleção por torneio consiste em escolher aleatoriamente um número  $t$  de indivíduos da população, copiar o melhor indivíduo deste grupo para a população intermediária e repetir este procedimento  $N$  vezes. Frequentemente os torneios são realizados apenas entre dois indivíduos ( $t = 2$ ) (BLICKLE; THIELE, 1995, p. 14).

##### 2.3.4.2 Seleção por truncamento (*truncation selection*)

Na seleção por truncamento ou  $(\mu, \lambda)$ , uma população de pais com  $\mu$  indivíduos gera  $\lambda > \mu$  filhos, dos quais os  $\mu$  melhores são selecionados como pais para a próxima geração (BÄCK; FOGEL, 2000). Esta seleção não é dependente do valor de aptidão dos indivíduos da população, ou seja, os  $\mu$  melhores indivíduos sempre serão escolhidos (BANZHAF et al., 1998, p. 132).

### 2.3.4.3 Seleção por ordenação (*ranking selection*)

Segundo BLICKLE e THIELE (1995, p. 27), na seleção por ordenação, os indivíduos são ordenados de acordo com o seu valor de aptidão. A posição  $N$  é atribuída para o melhor indivíduo e a posição 1 para o pior indivíduo.

Na seleção por ordenação linear, a probabilidade de seleção ( $p_i$ ) é linearmente distribuída aos indivíduos da população em função de suas posições:

$$p_i = \frac{1}{N} \left[ \eta^- + (\eta^+ - \eta^-) \left( \frac{i-1}{N-1} \right) \right] \quad i \in \{1, \dots, N\}$$

A probabilidade do pior indivíduo ser selecionado é  $\eta^-/N$  e a probabilidade do melhor indivíduo ser selecionado é  $\eta^+/N$ . Como o tamanho da população  $N$  é constante, as condições  $\eta^+ + \eta^- = 2$  e  $\eta^- \geq 0$  devem ser satisfeitas.

Na seleção por ordenação exponencial, a probabilidade de seleção é ajustada exponencialmente. A base do expoente é o parâmetro  $0 < c < 1$  e a probabilidade de cada indivíduo ser selecionado é dada por:

$$p_i = \frac{c-1}{c^N - 1} c^{N-i} \quad i \in \{1, \dots, N\}$$

### 2.3.4.4 Seleção proporcional (*proportional selection*)

A seleção proporcional é o método de seleção proposto por Holland em seu algoritmo genético (MITCHELL, 1996, p. 166). Este método atribui probabilidades de seleção proporcionais ao valor de aptidão do indivíduo (BÄCK; FOGEL, 2000).

Segundo BANZHAF et al. (1998, p. 131), para os problemas de maximização, a probabilidade de um indivíduo ser selecionado é:

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^N f_j} \quad i \in \{1, \dots, N\} \text{ e } j \in \{1, \dots, N\}$$

onde  $f_i$  é o valor de aptidão do indivíduo  $i$ .

#### 2.3.4.5 Seleção de Boltzmann (*Boltzmann selection*)

Segundo MITCHELL (1996, p. 168), no começo da execução do AG é interessante que todos os indivíduos se reproduzam na mesma proporção, mantendo a variabilidade da população. Ao longo da execução, faz-se necessário direcionar o processo no sentido da melhor região do espaço de busca, então se eleva gradualmente a pressão de seleção.

De acordo com ROGERS e PRÜGEL-BENNETT (1999, p. 57), para os problemas de maximização, a probabilidade de um indivíduo ser selecionado é:

$$p_i = \frac{e^{\beta \cdot f_i}}{\sum_{j=1}^N e^{\beta \cdot f_j}} \quad i \in \{1, \dots, N\} \text{ e } j \in \{1, \dots, N\}$$

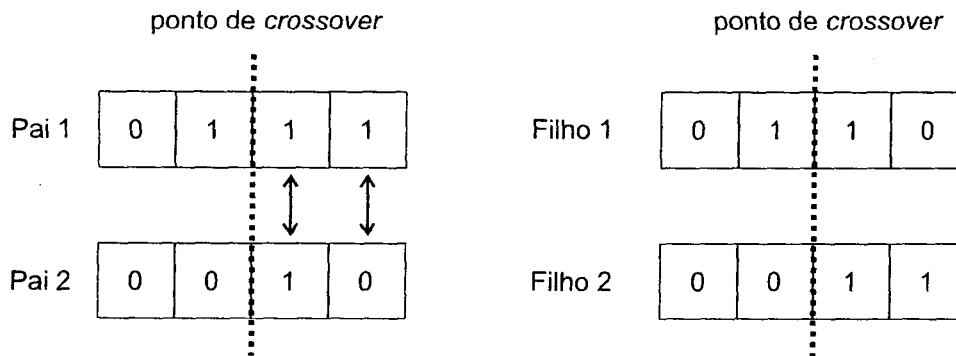
onde  $\beta$  é o parâmetro que define a pressão de seleção. Quanto maior for o valor de  $\beta$ , maior será a pressão de seleção.

#### 2.3.5 Operador de *Crossover*

O operador de *crossover* ou operador de recombinação permite a obtenção de indivíduos filhos mediante a combinação dos cromossomos dos pais (GOLDBARG; LUNA, 2000).

Para a codificação binária, a forma mais simples é o operador de *crossover* simples ou de um ponto (figura 2), que consiste em escolher aleatoriamente uma posição do cromossomo (ponto de *crossover*) e a partir dele trocar os genes dos pais para formar os filhos. (MITCHELL, 1996, p. 171-172).

FIGURA 2 – EXEMPLO DE CROSSOVER DE UM PONTO



Para problemas de programação e otimização combinatória, GOLDBERG (1989), STARKWEATHER et al. (1991) e WHITLEY e YOO (1995) descrevem vários tipos de operadores de *crossover*, sendo que os principais são:

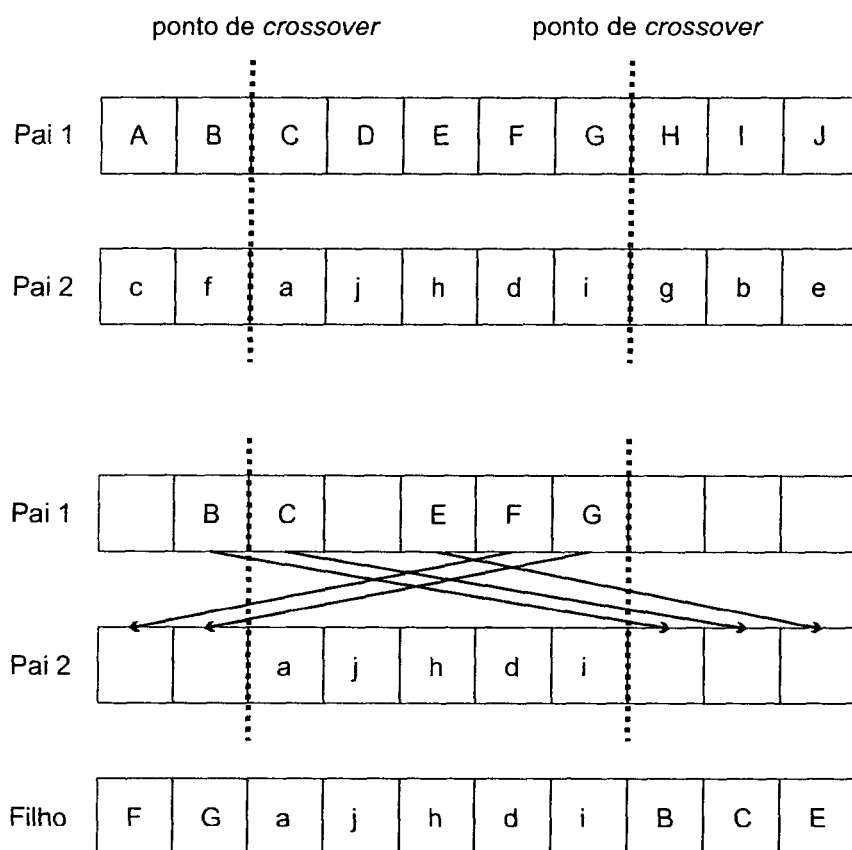
#### 2.3.5.1 Operador *Order crossover #1*

No operador *order crossover #1*, o filho herda de um dos pais os genes entre os dois pontos de *crossover* na mesma ordem e posição. Os genes remanescentes são herdados do outro pai, também na ordem que aparecem, porém em outras posições. A alocação desses genes começa na primeira posição depois do segundo ponto de *crossover* até o final do cromossomo e continua a partir da primeira posição do cromossomo até o primeiro ponto de *crossover* (STARKWEATHER et al., 1991, p. 71).

No exemplo da figura 3, os genes *a, j, h, d* e *i* são herdados do segundo pai na mesma ordem e posição. Os genes do primeiro pai, que não foram selecionados no segundo pai, na ordem que aparecem, são *B, C, E, F* e *G*. No filho, as posições depois do segundo ponto de *crossover* até o final do cromossomo são ocupadas pelos genes *B, C* e *E*. As posições iniciais do cromossomo são ocupadas pelos genes *F* e *G*.



FIGURA 3 – EXEMPLO DO ORDER CROSSOVER #1



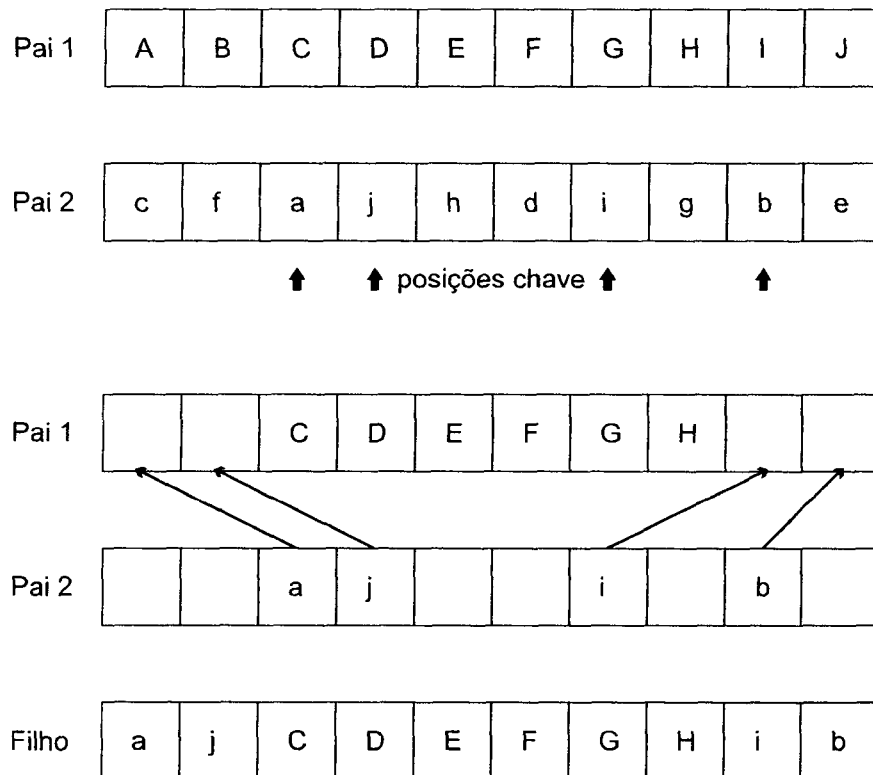
### 2.3.5.2 Operador *Order crossover* #2

O operador *order crossover* #2 começa pela seleção aleatória de  $P$  posições no segundo pai. Os genes correspondentes a essas posições do segundo pai são localizados no primeiro pai e reordenados para aparecerem, no filho, na mesma ordem que ocorrem no segundo pai. Os genes do primeiro pai, que não foram selecionados no segundo pai, são herdados na mesma posição que ocorrem (WHITLEY e YOO, 1995, p. 175).

Um exemplo é apresentado na figura 4. As posições 3, 4, 7 e 9 foram selecionadas como posições chave. A ordem dos genes destas posições no segundo pai é imposta no primeiro pai. Os genes do segundo pai, na ordem que aparecem, são  $a, j, i$  e  $b$ . No primeiro pai, os genes  $A, B, I$  e  $J$  aparecem nas posições 1, 2, 9 e 10,

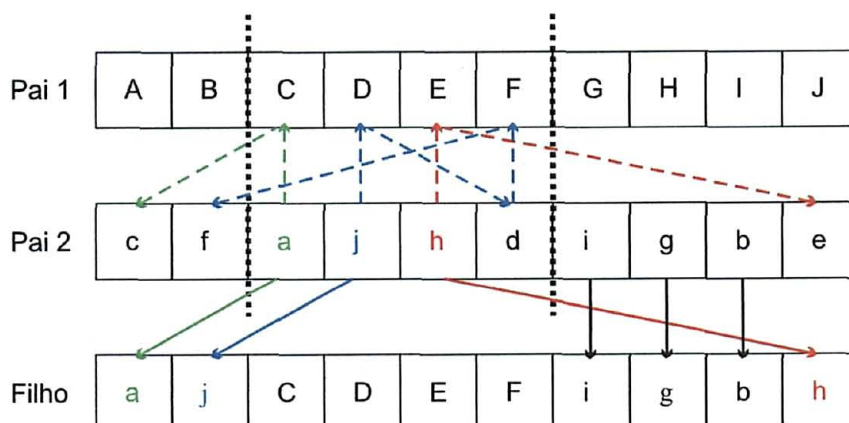
respectivamente. No filho, estas posições serão ocupadas pelos genes na ordem que ocorrem no segundo pai (i.e.,  $a, j, i$  e  $b$ ) e os outros genes serão herdados do primeiro pai na mesma ordem e posição.

FIGURA 4 – EXEMPLO DO ORDER CROSSOVER #2



### 2.3.5.3 Operador *Partially mapped crossover*

No operador *partially mapped crossover* (PMX), dois pontos de *crossover* são selecionados aleatoriamente. Os genes do primeiro pai entre essas posições são herdados pelo filho. O PMX visa combinar os genes, entre os pontos de *crossover*, do segundo pai da seguinte forma. Se o gene  $k$  (índice dentro da região de *crossover*) do segundo pai já foi herdado pelo filho, nenhuma ação é tomada. Caso contrário, deve-se encontrar o gene  $k$  no primeiro pai e verificar a posição  $l$  (índice dentro do cromossomo) desse gene no segundo pai. Se a posição  $l$  estiver livre no filho, então ela será ocupada pelo gene  $k$  do segundo pai (WHITLEY e YOO, 1995, p. 173-174).

FIGURA 5 – EXEMPLO DO *PARTIALLY MAPPED CROSSOVER*

Na figura 5, os genes *C*, *D*, *E* e *F*, que estão nas posições 3, 4, 5 e 6, respectivamente, são herdados do primeiro pai. O gene *a* do segundo pai está na mesma posição que o gene *C* do primeiro pai. Com isto, deve-se encontrar o gene *c* no segundo pai e ocupar essa posição com o gene *a* no filho. Ao se repetir este procedimento para o gene *j* do segundo pai, verifica-se que a posição 6 do filho já está ocupada. No primeiro pai, essa posição pertence ao gene *F*, então se deve localizar o gene *f* no segundo pai e ocupar a referida posição pelo gene *j*. O processo é repetido para todos os genes dentro da região de *crossover* e os elementos que restarem são herdados do segundo pai nas mesmas posições.

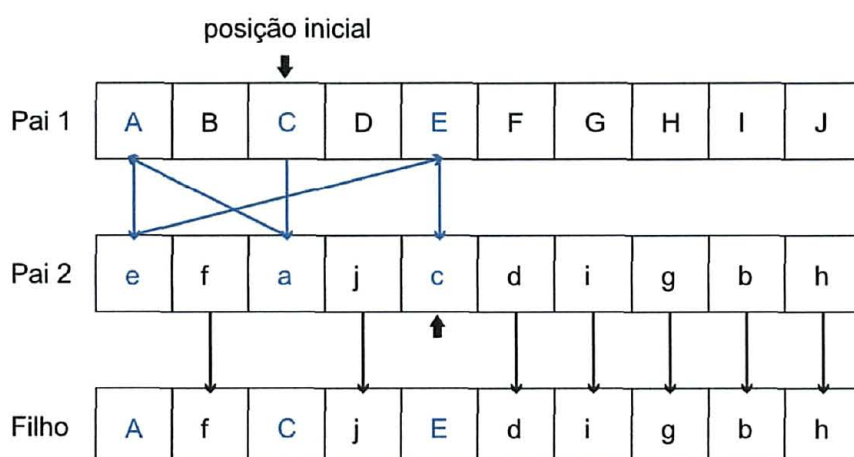
#### 2.3.5.4 Operador *Cycle crossover*

No operador *cycle crossover*, as posições absolutas dos genes dos pais são preservadas. Uma posição é selecionada aleatoriamente para iniciar o ciclo. O gene do primeiro pai nesta posição é herdado para o filho. O gene da mesma posição do segundo pai não pode ser alocado nesta posição no filho, então este gene do segundo pai é localizado no primeiro pai e herdado para a posição equivalente no filho. Este processo continua até que o gene inicial seja encontrado no segundo pai. Os genes remanescentes são herdados do segundo pai (STARKWEATHER et al., 1991, p. 72).

No exemplo da figura 6, a posição 3 do primeiro pai foi selecionada como

ponto de partida para o ciclo, logo o gene *C* é herdado pelo filho nessa posição. O gene *a*, da posição 3, do segundo pai é encontrado na posição 1 do primeiro pai, então o gene *A* é herdado na referida posição. O gene *e* da primeira posição do segundo pai é encontrado na posição 5 do primeiro pai, logo o gene *E* é herdado pelo filho na quinta posição. Isto completa o ciclo, pois o gene *c* do segundo pai já foi alcançado. As posições que não estão ocupadas no filho são herdadas do segundo pai na mesma posição.

FIGURA 6 – EXEMPLO DE CYCLE CROSSOVER

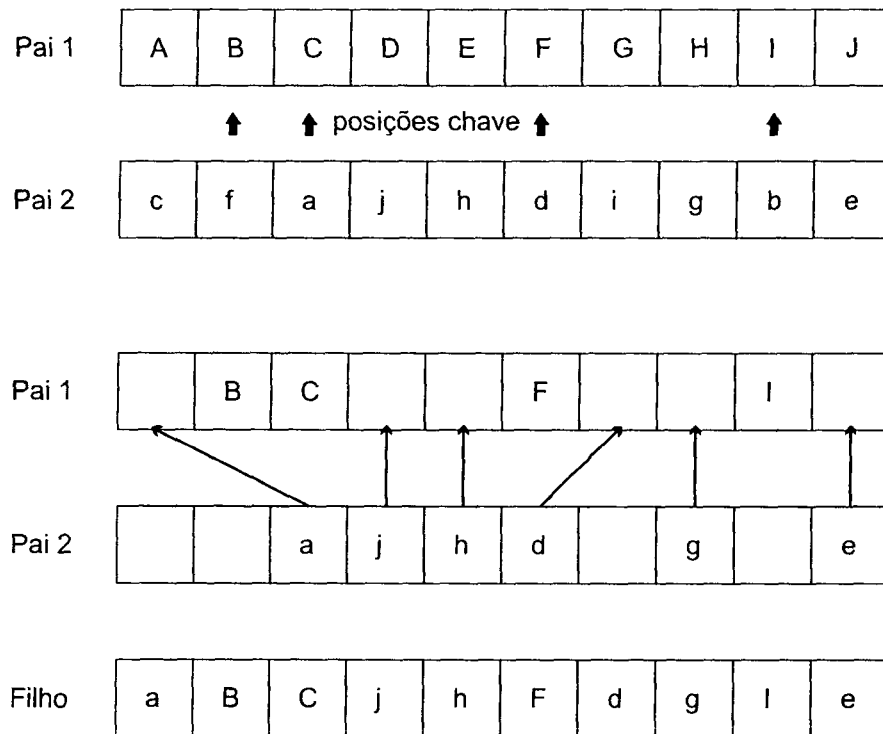


### 2.3.5.5 Operador *Position based crossover*

O operador *position based crossover* visa preservar a posição das informações durante o processo de recombinação. Diversas posições são selecionadas aleatoriamente no cromossomo de um dos pais e os genes dessas posições são herdados desse pai para o filho. Os genes remanescentes são herdados pelo filho na ordem que aparecem no outro pai (STARKWEATHER et al., 1991, p. 72).

Na figura 7, os genes *B*, *C*, *F* e *I* são herdados do primeiro pai nas mesmas posições. Os genes remanescentes são herdados do segundo pai na ordem que aparecem, ou seja, os genes *a*, *j*, *h*, *d*, *g* e *e* são herdados nas posições 1, 4, 5, 7, 8 e 10, respectivamente.

FIGURA 7 – EXEMPLO DE POSITION BASED CROSSOVER

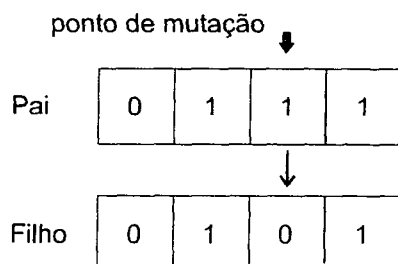


### 2.3.6 Operador de Mutação

Nos AGs, o operador de mutação executa um papel secundário, porém necessário, pois possibilita restaurar a diversidade genética eventualmente perdida durante o processo evolutivo (GOLDBERG, 1989, p. 14).

De acordo com MITCHELL (1996, p. 10), nas codificações binárias, a mutação consiste na simples troca de um valor pelo outro (figura 8).

FIGURA 8 – EXEMPLO DE MUTAÇÃO



Nas codificações por permutação, a mutação é baseada na troca de posições dos genes e pode ocorrer de duas formas: a primeira, denominada mutação *swap* (figura 9), consiste na troca aleatória de posições entre dois genes; e a segunda, conhecida por mutação *shift* (figura 10), consiste em escolher dois genes aleatoriamente, retirar o primeiro gene escolhido, deslocar todos os genes intermediários e o segundo gene escolhido em direção à posição vazia, para depois colocar o gene retirado na posição inicial do segundo gene escolhido (TUSON, 1995, p. 23).

REEVES (1995, p. 8) obteve em seus experimentos um desempenho melhor do operador de mutação *shift* do que do operador *swap*.

FIGURA 9 – EXEMPLO DE MUTAÇÃO SWAP

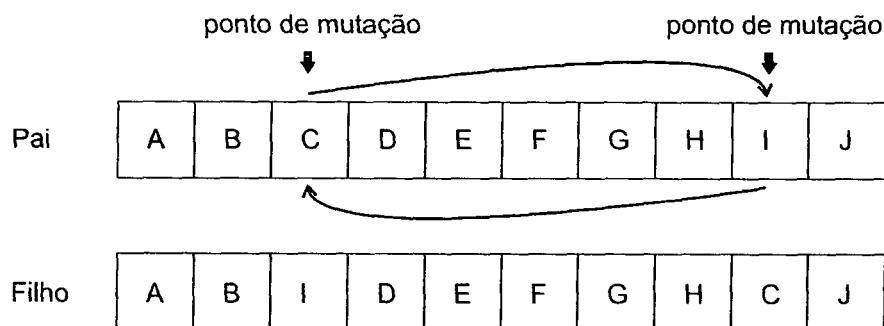
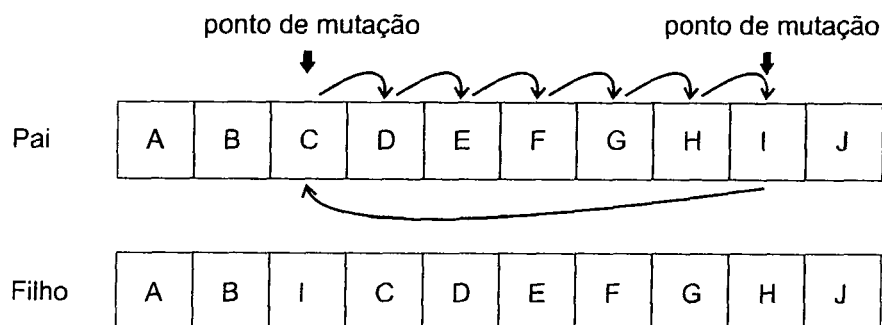


FIGURA 10 – EXEMPLO DE MUTAÇÃO SHIFT



### 2.3.7 Estrutura

Desde a popularização dos AGs, dois tipos são aplicados com frequência em função da estratégia de reprodução dos indivíduos: o AG geracional (*generational*) e o AG *steady-state* (ROGERS; PRÜGEL-BENNETT, 1999, p. 57).

No AG geracional, a cada geração, toda a população é substituída por uma nova população, criada pela aplicação dos operadores genéticos (VAVAK; FOGARTY, 1996, p. 193).

Segundo MITCHELL (1996, p. 10-11), um algoritmo genético geracional funciona da seguinte forma:

2. gera-se aleatoriamente uma população de  $N$  cromossomos com  $K$  genes;
3. calcula-se o valor de aptidão  $f$  de cada cromossomo da população;
4. repetem-se os seguintes procedimentos para criar  $N$  filhos (reprodução):
  - seleciona-se um par de cromossomos da população com o operador de seleção. A seleção é feita com reposição, ou seja, o mesmo cromossomo pode ser selecionado mais de uma vez;
  - com uma probabilidade  $p_c$  (probabilidade ou taxa de *crossover*), aplica-se o operador de *crossover* no par de cromossomos selecionados (pais) para gerar dois novos cromossomos (filhos). Se o operador de *crossover* não for aplicado, os dois filhos serão cópias idênticas dos respectivos pais;
  - aplica-se o operador de mutação, em cada posição (*locus*) do cromossomo dos filhos, com uma probabilidade  $p_m$  (probabilidade ou taxa de mutação), e coloca-se o cromossomo resultante na nova população;
5. substitui-se a população atual pela nova população;
6. Se o critério de parada não for satisfeito, retorna-se ao passo 2.

CASTRO (2001, p. 42) observa que como toda a população é substituída no algoritmo genético geracional, pode ocorrer a perda de bons indivíduos no processo.

Por esse motivo, freqüentemente é empregado um procedimento auxiliar denominado de *elitismo*, que consiste em preservar para a próxima população os melhores indivíduos.

No AG *steady-state*, as populações se sobrepõem, ou seja, apenas um ou dois indivíduos se reproduzem a cada geração (ROGERS; PRÜGEL-BENNETT, 1999, p. 57). Normalmente os indivíduos menos adaptados (piores valores de aptidão) da população são substituídos pelos filhos resultantes das operações de *crossover* e mutação executadas nos pais (MITCHELL, 1996, p. 171).



### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Os métodos para resolução dos problemas de programação linear inteira possuem um alto custo computacional e, dependendo da grandeza do problema, podem ser insolúveis (SCHRIJVER, 1998, p. 227).

GUNN e RAI (1987, p. 1512) afirmam que devido à incerteza proveniente dos dados, nos problemas de gestão florestal, pode ser mais adequado utilizar métodos que apresentem soluções próximas da ótima (heurísticas), mas com um esforço computacional menor, do que métodos exatos.

Como os métodos heurísticos não garantem a otimalidade da solução, faz-se necessário avaliar a qualidade das soluções obtidas. Segundo BOSTON e BETTINGER (2002, p. 37), quatro métodos podem ser utilizados para avaliar a qualidade destas soluções. O melhor método é comparar as soluções da heurística com a solução ótima obtida pelo método exato. O segundo é comparar com a solução ótima do problema de PLI com as condições de variáveis inteiras relaxadas. O terceiro método é comparar com as soluções de outra heurística e o quarto é comparar com uma solução ótima estimada.

Na presente pesquisa procurou-se utilizar o melhor método de avaliação, que seria comparar as soluções dos algoritmos genéticos (método heurístico) com a solução do modelo de programação linear inteira mista (PLIM).

Para o método heurístico, foi desenvolvido um modelo padrão de algoritmo genético, que gerou mais sete variedades, totalizando oito modelos de algoritmos genéticos.

## 3.2 PROGRAMAÇÃO LINEAR

No modelo de programação linear inteira mista, os índices das variáveis são representados pelas letras minúsculas:  $i$  para pontos de produção,  $j$  para fábricas,  $k$  para equipes de corte,  $m$  para tipos de produtos florestais e  $t$  para períodos. As letras maiúsculas utilizadas correspondem ao valor máximo dos índices.

### 3.2.1 Função Objetivo

Para facilitar o entendimento, a função objetivo foi separada em quatro expressões. As três primeiras são referentes, respectivamente, aos custos de colheita, transporte e estoque excedente de madeira, e a última trata dos custos de movimentação das equipes de corte.

#### 3.2.1.1 Colheita de madeira

A expressão (1) envolve o custo total da colheita de madeira, em reais, para o horizonte de planejamento:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T (ch_{ik} \cdot v_{ikmt} \cdot Y_{ikt}) \quad (1)$$

onde  $ch_{ik}$  é o custo unitário de colheita de madeira (R\$.m<sup>-3</sup>), da equipe de corte  $k$ , no ponto de produção  $i$ ; e  $v_{ikmt}$  é o volume (m<sup>3</sup>) do produto florestal  $m$ , cortado pela equipe de corte  $k$ , no ponto de produção  $i$ , no período  $t$ . A formulação do problema permite que as variáveis de decisão  $Y_{ikt}$  assumam dois estados: 1, se o ponto de produção  $i$  é cortado pela equipe de corte  $k$ , no período  $t$ ; e 0, caso contrário.

A variável de decisão binária  $Y_{ikt}$  não permite que um tipo de produto florestal seja retirado isoladamente, pois a redução diamétrica que ocorre da base ao topo da árvore possibilita a ocorrência de vários produtos florestais.

### 3.2.1.2 Transporte de madeira

A expressão (2) trata do custo total do transporte de madeira, em reais, para o horizonte de planejamento:

$$Z_2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T (ct_{ijm} \cdot X_{ijmt}) \quad (2)$$

onde  $ct_{ijm}$  é o custo unitário de transporte (R\$.m<sup>-3</sup>), entre o ponto de produção  $i$  e a fábrica  $j$ , do produto florestal  $m$ . A variável de decisão  $X_{ijmt}$  representa o volume (m<sup>3</sup>) do produto florestal  $m$ , transportado do ponto de produção  $i$ , à fábrica  $j$ , no período  $t$ .

### 3.2.1.3 Estoque excedente de madeira

Na formulação da função objetivo, a expressão (3) se refere ao custo total do estoque excedente de madeira para o horizonte de planejamento e visa aproximar o estoque no pátio das fábricas do nível desejado.

$$Z_3 = \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T [ce_m \cdot (E_{jmt} - sm_{jmt})] \quad (3)$$

onde  $ce_m$  é um custo artificial (R\$.m<sup>-3</sup>) para o estoque excedente do produto florestal  $m$ , ou seja, representa apenas uma penalidade sobre a função objetivo; e  $sm_{jmt}$  é o estoque desejado (m<sup>3</sup>) do produto florestal  $m$ , na fábrica  $j$ , no período  $t$ . A variável de decisão  $E_{jmt}$  representa o volume (m<sup>3</sup>) estocado do produto florestal  $m$ , na fábrica  $j$ , no período  $t$ .

### 3.2.1.4 Movimentação das equipes de corte

A expressão (4) trata do custo total de movimentação das equipes de corte para o horizonte de planejamento:

$$Z_4 = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T (cm_k \cdot W_{ikt}) \quad (4)$$

onde  $cm_k$  é um custo artificial médio, em reais, para a equipe de corte  $k$  trocar de ponto de produção. A variável de decisão  $W_{ikt}$  pode assumir dois estados: 1, se a equipe de corte  $k$  começar a cortar um ponto de produção no período  $t$  diferente do ponto de produção do período anterior ( $t-1$ ); e 0, caso contrário.

Assim como o custo total do estoque excedente de madeira, a expressão (4) visa apenas penalizar a função objetivo.

### 3.2.1.5 Síntese da função objetivo

A função objetivo (5), utilizada tanto no modelo de PLIM quanto nos algoritmos genéticos, visa minimizar o somatório das expressões (1), (2), (3) e (4).

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T (ch_{ik} \cdot v_{ikmt} \cdot Y_{ikt}) + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T (ct_{ijm} \cdot X_{ijmt}) + \\ & \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T [ce_m \cdot (E_{jmt} - sm_{jmt})] + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T (cm_k \cdot W_{ikt}) \end{aligned} \quad (5)$$

### 3.2.2 Restrições

O primeiro conjunto de restrições (6) assegura que o volume cortado do produto florestal  $m$ , no ponto de produção  $i$ , por todas as equipes de corte ao longo do horizonte de planejamento, não será superior a oferta do produto florestal  $m$ , no ponto de produção  $i$ .

$$\sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T (v_{ikmt} \cdot Y_{ikt}) \leq o_{im} \quad \forall i; \forall m \quad (6)$$

onde  $o_{im}$  é a oferta total do produto florestal  $m$ , no ponto de produção  $i$ .

O conjunto de restrições (7) estabelece que cada equipe de corte é exclusiva para o ponto de produção, ou seja, a equipe de corte não pode atuar em mais do que um ponto de produção por período.

$$\sum_{t=1}^T Y_{ikt} \leq 1 \quad \forall k; \forall t \quad (7)$$

O conjunto de restrições (8) assegura que cada ponto de produção é exclusivo para a equipe de corte, ou seja, o ponto de produção não pode ser cortado por mais do que uma equipe de corte por período.

$$\sum_{k=1}^K Y_{ikt} \leq 1 \quad \forall i; \forall t \quad (8)$$

O conjunto de restrições (9) determina o valor das variáveis binárias  $W_{ikt}$ . Na função objetivo, estas variáveis tem por finalidade favorecer as equipes de corte a continuarem a colheita de madeira no ponto de produção que estavam no período anterior, ou seja, uma vez que o ponto de produção  $i$  foi cortado pela equipe de corte  $k$ , no período  $t-1$ , é desejável que no período  $t$  esta configuração seja mantida.

$$Y_{i,k,t-1} - Y_{i,k,t} + W_{i,k,t} \geq 0 \quad \forall i; \forall k; t = 2,3,\dots,T \quad (9)$$

O conjunto de restrições (10) estabelece um equilíbrio entre o volume de madeira cortado pelas equipes e o volume de madeira transportado para as fábricas. O volume do produto florestal  $m$ , procedente do ponto de produção  $i$ , no período  $t$ , transportado às fábricas é igual ao volume cortado do produto florestal  $m$ , no ponto de produção  $i$ , no período  $t$ , por todas as equipes de corte.

$$\sum_{j=1}^J X_{ijmt} - \sum_{k=1}^K (v_{ikmt} \cdot Y_{ikt}) = 0 \quad \forall i; \forall m; \forall t \quad (10)$$

O conjunto de restrições (11) evita que o volume excedente de madeira seja enviado para apenas uma fábrica. Desta forma, o volume de madeira que chega na fábrica é proporcional a demanda do produto florestal.

$$\sum_{i=1}^I X_{ijmt} - pd_{jmt} \cdot \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K (v_{ikmt} \cdot Y_{ikt}) = 0 \quad \forall j; \forall m; \forall t \quad (11)$$

onde  $pd_{jmt}$  é a proporção do volume cortado que deve ser destinado à fábrica  $j$ , do produto florestal  $m$ , no período  $t$ .

Os conjuntos de restrições (12) e (13) asseguram que os estoques, de cada produto florestal, respeitam os níveis de estoque mínimo e máximo, respectivamente.

$$\sum_{i=1}^l \sum_{r=1}^t X_{ijmr} - \sum_{r=1}^t d_{jmr} + so_{jm} \geq sm_{jmt} \quad \forall j; \forall m; \forall t \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^l \sum_{r=1}^t X_{ijmr} - \sum_{r=1}^t d_{jmr} + so_{jm} \leq sx_{jmt} \quad \forall j; \forall m; \forall t \quad (13)$$

onde  $d_{jmr}$  é a demanda na fábrica  $j$ , do produto florestal  $m$ , no período  $r$ ;  $so_{jm}$  é o estoque inicial do produto florestal  $m$ , na fábrica  $j$ ; e  $sx_{jmt}$  é o estoque máximo do produto florestal  $m$ , na fábrica  $j$ , no período  $t$ .

O conjunto de restrições (14) determina o volume do produto florestal  $m$ , estocado na fábrica  $j$ , no período  $t$ .

$$E_{jmt} = \sum_{i=1}^l \sum_{r=1}^t X_{ijmr} - \sum_{r=1}^t d_{jmr} + so_{jm} \quad \forall j; \forall m; \forall t \quad (14)$$

### 3.3 ALGORITMOS GENÉTICOS

Adicionalmente a notação apresentada no modelo de PLIM, foram utilizados os índices  $g$  para genes,  $c$  para cromossomos e  $h$  para iterações do algoritmo genético. As letras maiúsculas utilizadas também correspondem ao valor máximo dos índices.

#### 3.3.1 Codificação e Decodificação

Cada cromossomo (figura 11) é constituído por uma seqüência de genes, que representam a ordem que os pontos de produção são avaliados (permutação). Desta forma, o comprimento do cromossomo é definido pelo número de pontos de produção ( $I$ ) disponíveis para a colheita de madeira.

FIGURA 11 – EXEMPLO DE CROMOSSO PARA PERMUTAÇÃO

5	3	2	1	4
---	---	---	---	---

Como os genes dos cromossomos não representam as variáveis do modelo de PLIM, foi desenvolvido um algoritmo para decodificar o cromossomo, ou seja, estabelecer os valores da variável binária de decisão  $Y_{ikt}$  e assegurar que os conjuntos de restrições (6), (7) e (8) sejam satisfeitos. A princípio, considera-se que todas as variáveis  $Y_{ikt}$  possuem valor zero.

Na figura 12 é apresentado o fluxograma do algoritmo de decodificação do cromossomo (ADC). Os números em destaque (❶, ❷, ..., ❿) identificam os passos relevantes do algoritmo e auxiliam o acompanhamento do texto explicativo.

As informações utilizadas pelo algoritmo de decodificação do cromossomo são:

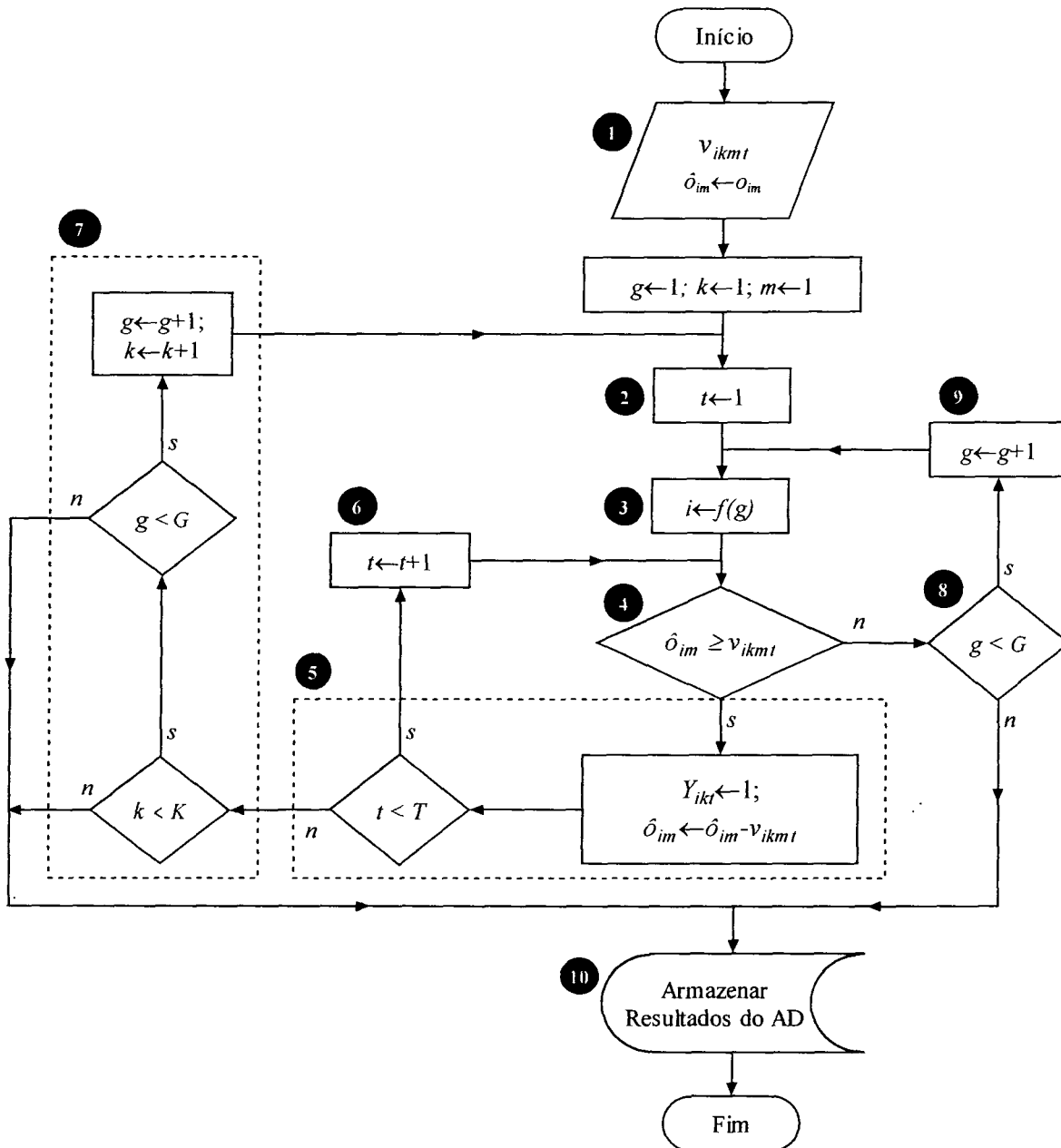
- a) o volume do produto florestal  $m$ , cortado pela equipe de corte  $k$ , no ponto de produção  $i$ , no período  $t$  ( $v_{ikmt}$ );
- b) a oferta do produto florestal  $m$ , no ponto de produção  $i$  ( $o_{im}$ ).

Durante a execução do ADC, a oferta  $o_{im}$  é reduzida em função do volume  $v_{ikmt}$ . Por este motivo, os valores reduzidos de  $o_{im}$  são denotados por  $\hat{o}_{im}$ . Ao iniciar o algoritmo, tem-se  $\hat{o}_{im} = o_{im}$ .

Como a oferta e o volume cortado de cada produto florestal, nos pontos de produção, são proporcionais, utilizou-se como referência apenas o primeiro produto florestal ( $m=1$ ). O algoritmo começa a decodificação pelo primeiro gene ( $g=1$ ) e pela primeira equipe de corte ( $k=1$ ) -❶-. O planejamento da produção de todas as equipes de corte é iniciado pelo primeiro período ( $t=1$ ) -❷-.

O índice  $i$  é determinado em função da posição do gene  $g$ ,  $i = f(g)$  -❸-. No cromossomo da figura 11, por exemplo, para o terceiro gene ( $g=3$ ), tem-se o ponto de produção número dois ( $i=2$ ).

FIGURA 12 – FLUXOGRAMA DO ALGORITMO DE DECODIFICAÇÃO DO CROMOSSOMO (ADC)



A característica básica da formulação do AG é que, a princípio, não é permitido às equipes de corte trocar de pontos de produção ao longo do horizonte de planejamento.

As equipes de corte só saem de um ponto de produção quando a oferta de madeira ( $\hat{O}_{im}$ ) é menor do que o volume a ser cortado no período ( $v_{ikmt}$ ) -4-. Para uma equipe de corte começar a cortar outro ponto de produção é necessário que o ADC não



esteja processando o último gene -**8**-, senão todos os pontos de produção estarão alocados e o algoritmo será encerrado -**10**-. Se existirem genes disponíveis no cromossomo, o ADC processa o próximo gene -**9**-, verifica o ponto de produção correspondente -**3**- e calcula se a oferta de madeira neste ponto de produção é superior ao volume a ser cortado no período -**4**-.

Se a oferta de madeira ( $\hat{o}_{im}$ ) for maior do que o volume a ser cortado no período ( $v_{ikmt}$ ) -**4**-, atribui-se o valor 1 à variável de decisão  $Y_{ikt}$ , calcula-se a oferta de madeira disponível no ponto de produção para o próximo período e verifica-se o período que o ADC está processando -**5**-. Se o período atual não for o último do horizonte de planejamento, o algoritmo processa o próximo período -**6**-. Se for o último período e houver disponibilidade de gene e equipe de corte, o algoritmo passa para o próximo gene, para a próxima equipe de corte -**7**- e retorna ao primeiro período -**2**-, caso contrário o algoritmo é encerrado e os resultados são armazenados para a avaliação do cromossomo -**10**-.

A seguir é dado um exemplo da aplicação do algoritmo de decodificação do cromossomo. Considere um cenário com dois produtos florestais, três equipes de corte, cinco pontos de produção e quatro períodos. A oferta de madeira do primeiro produto florestal, em metros cúbicos, nos pontos de produção é:  $o_{11} = 100$ ,  $o_{21} = 250$ ,  $o_{31} = 150$ ,  $o_{41} = 200$  e  $o_{51} = 160$ . Os valores do corpo do quadro 6 são os volumes do primeiro produto florestal, em metros cúbicos, que podem ser cortados pela equipe de corte  $k$ , no ponto de produção  $i$ , no período  $t$ . Os campos destacados indicam os coeficientes  $v_{ikmt}$  das variáveis de decisão binária  $Y_{ikt}$  que mudaram de estado.

QUADRO 6 – VOLUME (m<sup>3</sup>) DO PRIMEIRO PRODUTO FLORESTAL QUE PODE SER CORTADO POR EQUIPE DE CORTE, PONTO DE PRODUÇÃO E PERÍODO

PERÍODO	PP 1			PP 2			PP 3			PP 4			PP 5		
	EC 1	EC 2	EC 3	EC 1	EC 2	EC 3	EC 1	EC 2	EC 3	EC 1	EC 2	EC 3	EC 1	EC 2	EC 3
1	80	45	65	80	45	65	72	40	58	64	36	52	72	40	58
2	72	40	58	80	45	65	64	36	52	64	36	52	80	45	65
3	76	42	62	80	45	65	64	36	52	64	36	52	80	45	65
4	84	47	68	80	45	65	72	40	58	64	36	52	76	42	62

NOTA: PP indica o ponto de produção, EC indica a equipe de corte e o número à direita indica o índice.

Baseado na figura 11 (pág. 32), o ponto de produção número 5 ocupa a primeira posição do cromossomo. Desta forma, os valores iniciais de  $i$ ,  $k$  e  $t$  são 5, 1 e 1, respectivamente.

Ao comparar  $\hat{o}_{51} = 160$  com  $v_{5111} = 72$ , tem-se que a oferta é maior do que o volume a ser cortado, então a variável  $Y_{511}$  passa a ter valor 1 (um) e a oferta  $\hat{o}_{51}$  é atualizada para 88. Como o ADC ainda não atingiu o final do horizonte de planejamento para a equipe de corte  $k=1$ , passa-se para o próximo período ( $t=2$ ) e compara-se  $\hat{o}_{51} = 88$  com  $v_{5112} = 80$ . Uma vez que a oferta é maior do que o volume a ser cortado, tem-se  $Y_{512} = 1$  e  $\hat{o}_{51} = 8$ . No próximo período ( $t=3$ ), a oferta  $\hat{o}_{51} = 8$  é menor do que o volume a ser cortado  $v_{5113} = 80$ . Com isto, a equipe de corte  $k=1$  passa para outro ponto de produção ( $i=3$ ), que é determinado pela posição do próximo gene ( $g=2$ ) no cromossomo.

A oferta  $\hat{o}_{31} = 150$  é maior do que o volume a ser cortado  $v_{3113} = 64$ , então a variável  $Y_{313}$  passa a ser 1 (um) e a oferta  $\hat{o}_{31}$  passa a ser 86. No próximo período ( $t=4$ ), compara-se  $\hat{o}_{31} = 86$  com  $v_{3114} = 72$ , obtendo-se  $Y_{314} = 1$  e  $\hat{o}_{31} = 14$ . Como o ADC atingiu o final do horizonte de planejamento, para a equipe de corte  $k=1$ , passa-se para o ponto de produção ( $i=2$ ) do próximo gene ( $g=3$ ), para a próxima equipe de corte ( $k=2$ ) e reinicia-se no primeiro período ( $t=1$ ). Executando o ADC até o final, as seguintes variáveis de decisão passaram a ter valor 1 (um):  $Y_{221}$ ,  $Y_{222}$ ,  $Y_{223}$ ,  $Y_{224}$ ,  $Y_{131}$ ,  $Y_{432}$ ,  $Y_{433}$  e  $Y_{434}$ .

O quadro 7 apresenta a programação dos pontos de produção, que seriam cortados pelas equipes de corte ao longo do horizonte de planejamento, em função das variáveis de decisão  $Y_{ikt}$  que mudaram de estado.

QUADRO 7 – EXEMPLO DE PROGRAMAÇÃO DOS PONTOS DE PRODUÇÃO

EQUIPE DE CORTE	PONTO DE PRODUÇÃO			
	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4
Equipe de corte 1	PP 5	PP 5	PP 3	PP 3
Equipe de corte 2	PP 2	PP 2	PP 2	PP 2
Equipe de corte 3	PP 1	PP 4	PP 4	PP 4

NOTA: PP indica o ponto de produção

O quadro 7 indica que, nos dois primeiros períodos do planejamento, a equipe de corte 1 cortaria o ponto de produção 5 e nos dois últimos períodos cortaria o ponto de produção 3. A equipe de corte 2 atuaria os quatro períodos no ponto de produção 2 e a equipe de corte 1 atuaria um período no ponto de produção 1 e o restante no ponto de produção 4.

### 3.3.2 Avaliação da População

A função de avaliação de cada indivíduo da população engloba o cálculo da função objetivo, que é expressa pela expressão (5) do modelo de PLIM, e da função de penalidade exterior (15), que é acionada quando as restrições (12) e (13) do modelo de PLIM são violadas.

$$Z_s = \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T \omega_{jmt} \quad (15)$$

Os itens a seguir esclarecem as peculiaridades de cada componente da função objetivo e da função de penalidade.

#### 3.3.2.1 Colheita de madeira

O custo total da colheita de madeira, apresentado na expressão (1), é calculado em função dos valores da variável de decisão  $Y_{ikt}$ , determinados pelo algoritmo de decodificação do cromossomo.

#### 3.3.2.2 Transporte de madeira

O custo total do transporte de madeira (2) depende das variáveis  $X_{ijmt}$ , que não são obtidas pela execução do ADC. Desta forma, necessita-se determinar, a partir das variáveis binárias  $Y_{ikt}$ , o volume ótimo a ser transportado, de cada produto florestal, por período, entre os pontos de produção e as fábricas, visando a minimização de custos.

O modelo de programação linear que minimiza os custos de transporte, entre várias fontes produtoras e consumidoras, é denominado modelo de transporte (BERGER, 1975, p. 12).

#### 3.3.2.2.1 Modelo de transporte

A formulação do modelo de transporte, assim como um método iterativo de resolução, denominado algoritmo de transporte, é apresentado no apêndice 1. Um dos passos deste algoritmo envolve a construção do ciclo único para determinar a variável básica que sai da base. Para os problemas pequenos, a construção deste ciclo pode ser realizada sem grandes esforços, mas para os problemas com algumas dezenas de variáveis isto nem sempre é uma tarefa simples. Desta forma, na presente pesquisa foi desenvolvido um algoritmo para determinar as variáveis que pertencem ao ciclo único, doravante denominado de algoritmo do ciclo único.

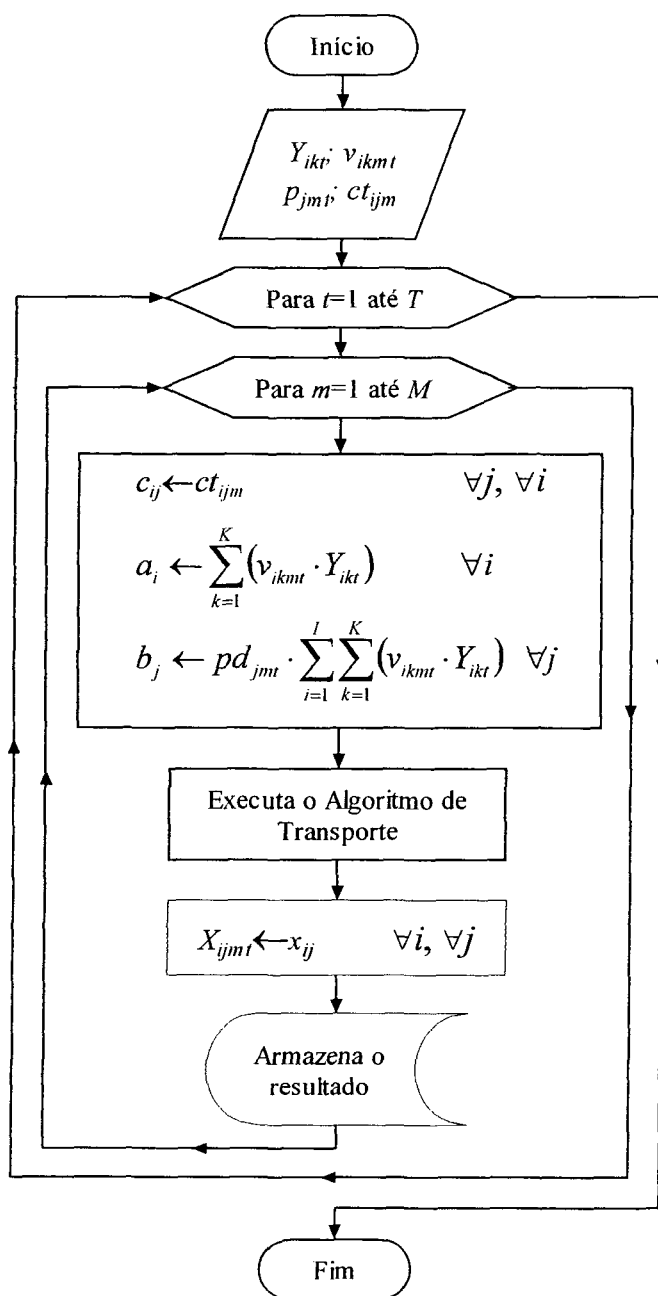
O algoritmo proposto possui os seguintes passos:

1. marcar todas as variáveis básicas e a variável que entra na base como pertencentes ao ciclo único;
2. para cada linha do quadro de transporte, contar o número de variáveis pertencentes ao ciclo único;
3. se a linha tiver apenas uma variável pertencente ao ciclo único, excluir a variável do ciclo único e marcar que a linha foi avaliada;
4. para cada coluna do quadro de transporte, contar o número de variáveis pertencentes ao ciclo único;
5. se a coluna tiver apenas uma variável pertencente ao ciclo único, excluir a variável do ciclo único e marcar que a coluna foi avaliada;
6. se o número de variáveis, em cada uma das linhas e em cada uma das colunas, pertencentes ao ciclo único for zero ou dois, parar; caso contrário, voltar ao passo 2.

### 3.3.2.2 Aplicação do modelo de transporte ao algoritmo genético

As variáveis  $X_{ijmt}$  são determinadas pela execução do algoritmo de transporte, por produto florestal e para cada período do horizonte de planejamento, conforme o fluxograma da figura 13.

FIGURA 13 – FLUXOGRAMA PARA APLICAÇÃO DO MODELO DE TRANSPORTE



A variável  $X_{ijmt}$  e a constante  $ct_{ijm}$  do modelo de PLIM correspondem a variável  $x_{ij}$  e a constante  $c_{ij}$  do modelo de transporte, respectivamente. A constante  $a_i$  corresponde ao volume disponível do produto florestal  $m$ , cortado por todas as equipes de corte, no ponto de produção  $i$ , no período  $t$ , e a constante  $b_j$  corresponde ao volume requisitado, do produto florestal  $m$ , no período  $t$ , na fábrica  $j$ .

### 3.3.2.3 Estoque excedente de madeira

O custo total do estoque excedente de madeira (3) é calculado em função das variáveis  $E_{jmt}$ , que são dependentes das variáveis de decisão  $X_{ijmt}$ , conforme o conjunto de restrições (14). Como o custo unitário do estoque de madeira excedente  $ce_m$  considera apenas o tipo de produto florestal, tem-se que o custo do estoque no período não influencia o volume ótimo a ser transportado entre os pontos de produção  $i$  e as fábricas  $j$ . Com isto, primeiro são calculadas as variáveis de decisão  $X_{ijmt}$  pelo algoritmo de transporte e depois são obtidas as variáveis  $E_{jmt}$ .

### 3.3.2.4 Movimentação das equipes de corte

O custo total da movimentação das equipes de corte é obtido pela expressão (4) da função objetivo do modelo de PLIM e depende das variáveis de decisão binária  $W_{ikt}$ , cujos valores são calculados em função do conjunto de restrições (9).

Para o primeiro período, estabeleceu-se que o valor da variável  $W_{ikt}$  é igual a 1 quando a equipe de corte inicia a colheita de madeira em um ponto de produção diferente do que foi determinado pela empresa ( $Y_{ik0}$ ); e 0, caso contrário. O conjunto de restrições (16) expressa o cálculo da variável  $W_{ikt}$  para o primeiro período.

$$Y_{i,k,0} - Y_{i,k,t} + W_{i,k,t} \geq 0 \quad \forall i; \forall k; t = 1 \quad (16)$$

onde  $Y_{i,k,0}$  é igual a 1 quando a alocação inicial da equipe de corte  $k$  é o ponto de produção  $i$ ; 0, caso contrário.

### 3.3.2.5 Função de penalidade exterior

A estrutura do algoritmo genético apresentado leva em consideração as restrições (6), (7), (8), (9), (10), (11) e (14) do modelo de PLIM. Por exclusão, tem-se que as restrições (12) e (13), que regulam os níveis de estoque mínimo e máximo, respectivamente, não são consideradas. Com isto, a função de penalidade visa diferenciar os indivíduos da população que respeitam as restrições do modelo de PLIM dos indivíduos que não as respeitam.

O conjunto de regras (17) estabelece as penalidades que são aplicadas ao indivíduo em função do nível dos estoques.

$$\omega_{jmt} = \begin{cases} (sm_{jmt} - 0)^{1,3} + (0 - E_{jmt})^2 & \text{caso: } E_{jmt} < 0 \\ (sm_{jmt} - E_{jmt})^{1,3} & \text{caso: } 0 \leq E_{jmt} < sm_{jmt} \\ (E_{jmt} - sx_{jmt})^{1,3} & \text{caso: } E_{jmt} > sx_{jmt} \end{cases} \quad \forall j; \forall m; \forall t \quad (17)$$

### 3.3.3 Operador de Seleção

O algoritmo genético foi implementado computacionalmente com o método de seleção de Boltzmann. Uma vez que o problema é de minimização, não é possível utilizar a função de avaliação, obtida pelo somatório das expressões (5) e (15), como valor de aptidão no processo de seleção, pois isto favoreceria os piores indivíduos. Desta forma, o valor de aptidão de cada indivíduo é calculado da seguinte forma:

$$f_c = \frac{10.000.000}{Z_c} \quad \forall c$$

onde  $Z_c$  é o valor da função de avaliação do indivíduo  $c$  e  $f_c$  é o valor da função de aptidão do indivíduo  $c$ .

Como o valor da função de avaliação dos indivíduos é apresentado em milhões de reais, foi utilizado o numerador 10.000.000 para adequar o valor da função de aptidão com o parâmetro da pressão de seleção  $\beta$  de Boltzmann. Desta forma, estabeleceu-se que o incremento do parâmetro  $\beta$  é de uma unidade por geração, ou

seja, na primeira geração se tem  $\beta = 1$  e na milésima geração se tem  $\beta = 1000$ .

### 3.3.4 Operador de *Crossover*

STARKWEATHER et al. (1991, p. 74) compararam o desempenho dos operadores *order crossover #1*, *order crossover #2*, *partially mapped crossover*, *cycle crossover* e *position based crossover* em um problema de programação (*scheduling*). O melhor operador foi o *position based crossover*, seguido pelo *order crossover #2*.

Com base nestes resultados, o algoritmo genético foi implementado com o *position based crossover*. O número de pontos de *crossover* varia aleatoriamente entre 1 e  $G - 2$ , onde  $G$  é o número de genes do cromossomo.

### 3.3.5 Operador de Mutação

O operador de mutação não foi implementado porque tanto o operador do tipo *swap* quanto do tipo *shift* estão implícitos no operador *position based crossover*. Ao aplicar o operador de *crossover* com apenas um ponto de *crossover*, obtém-se um efeito similar ao operador de mutação *swap*, e ao aplica-lo com  $G - 2$  pontos de *crossover*, o efeito é similar ao operador de mutação *shift*.

### 3.3.6 Tamanho da População

Uma população pequena pode resultar em uma convergência prematura (solução local) do AG, pois apenas uma pequena parcela do espaço de busca é avaliada. Por outro lado, uma população grande pode cobrir melhor o espaço de busca, obtendo uma solução global, mas os custos computacionais são mais elevados (CASTRO, 2001, p. 56). Segundo MITCHELL (1996, p. 175), não existem estudos conclusivos sobre o tamanho ótimo da população.

Devido às dimensões do espaço de busca, que possui  $4,03 \cdot 10^{26}$  possíveis



soluções<sup>3</sup>, preferiu-se aumentar os custos computacionais e utilizar uma população com 5.000 indivíduos.

### 3.3.7 Critério de Parada

A execução do algoritmo genético é encerrada quando as últimas 2.500 gerações apresentarem a mesma solução, ou seja, se o AG encontrar uma solução na  $h$ -ésima geração e ela permanecer como a melhor solução por 2.500 gerações, então se considera que o algoritmo convergiu e encerra-se a execução.

### 3.3.8 Estrutura

VAVAK e FOGARTY (1996, p. 194-195) compararam o desempenho dos algoritmos genéticos, *steady-state* e geracional, com uma codificação binária. O AG *steady-state* foi testado com a substituição do pior indivíduo da população e com a substituição do mais antigo. Cada AG foi executado 50 vezes com uma população de 100 indivíduos. Os testes demonstraram que o AG *steady-state* é superior ao AG geracional, tanto em relação ao número de iterações necessárias para atingir o ponto ótimo (convergência) quanto em relação à qualidade das soluções. Para o AG *steady-state*, a estratégia de substituir o pior indivíduo também foi superior a estratégia de substituir o mais antigo.

TUSON (1995, p. 37-38) comparou o desempenho dos algoritmos genéticos, *steady-state* e geracional com elitismo, em uma codificação por permutação. Neste caso, o AG *steady-state* também apresentou um desempenho melhor do que o AG geracional tanto na convergência do algoritmo quanto na qualidade das soluções.

---

<sup>3</sup> Nos problemas codificados por permutação, o tamanho do espaço de busca é obtido por  $G!$ , sendo  $G$  o número de genes.

Desta forma, no presente trabalho foi utilizado um algoritmo genético do tipo *steady-state*. Os passos do AG implementado são:

1. gera-se aleatoriamente uma população de  $C$  indivíduos com  $G$  genes;
2. calcula-se o valor de aptidão de cada indivíduo da população;
3. repetem-se os seguintes procedimentos para criar 2 filhos (reprodução):
  - seleciona-se um par de cromossomos da população com o operador de seleção. A seleção é feita sem reposição, ou seja, o mesmo cromossomo não pode ser selecionado mais de uma vez;
  - com uma probabilidade  $p_c = 1$ , aplica-se o operador de *crossover* no par de cromossomos selecionados (pais) para gerar dois novos cromossomos (filhos);
4. se os novos indivíduos forem melhores do que os piores indivíduos da população, substituem-se os piores indivíduos pelos melhores;
5. se o critério de parada não for satisfeito, retorna-se ao passo 2.

### 3.3.9 Variedades de Algoritmos Genéticos

A descrição realizada dos itens 3.3.1 até 3.3.8 corresponde ao algoritmo genético padrão. Contudo, na presente pesquisa foram testados oito modelos de algoritmos genéticos em função da combinação de três estratégias de melhoria da solução. A nomenclatura utilizada para representar o algoritmo genético padrão e as sete variedades é apresentada no quadro 8.

QUADRO 8 – NOMENCLATURA DOS ALGORITMOS GENÉTICOS UTILIZADOS

NOMENCLATURA	VARIEDADE	ESTRATÉGIA 1	ESTRATÉGIA 2	ESTRATÉGIA 3
AG000	AG padrão	Ausente	Ausente	Ausente
AG001	AG variedade 1	Ausente	Ausente	Presente
AG010	AG variedade 2	Ausente	Presente	Ausente
AG011	AG variedade 3	Ausente	Presente	Presente
AG100	AG variedade 4	Presente	Ausente	Ausente
AG101	AG variedade 5	Presente	Ausente	Presente
AG110	AG variedade 6	Presente	Presente	Ausente
AG111	AG variedade 7	Presente	Presente	Presente

As duas primeiras estratégias visam favorecer as soluções que respeitam a alocação inicial, das equipes de corte nos pontos de produção, estabelecida pela empresa.

Na primeira estratégia, estabeleceu-se o conjunto de regras (18) que aumenta a penalidade sobre as soluções cujas alocações iniciais das equipes de corte não correspondam ao desejado pela empresa.

$$\hat{c}ps_k = \begin{cases} 10 \cdot cps_k & \text{caso : } t = 1 \\ cps_k & \text{caso : } t > 1 \end{cases} \quad (18)$$

A segunda estratégia altera a ordem dos genes, nos cromossomos da população inicial, visando encontrar uma solução que respeite as alocações iniciais. Este procedimento interrompe a execução do algoritmo de decodificação do cromossomo (ADC) e funciona da seguinte forma:

1. inicia-se a execução do ADC;
2. sempre que for o primeiro período ( $t = 1$ ), interrompe-se a execução do ADC e se determina o ponto de produção  $i$  em função da posição  $g$  do cromossomo ( $i \leftarrow f(g)$ );
3. se o ponto de produção  $i$  for igual ao ponto de produção  $i_{k0}$  (alocação inicial da equipe de corte  $k$ ), prossegue-se a execução do ADC; caso contrário, procura-se nas posições a direita do gene  $g$  o ponto de produção  $i_{k0}$ ;
4. se o ponto de produção  $i_{k0}$  for encontrado, o gene do ponto de produção  $i$  é trocado de posição com o gene do ponto de produção  $i_{k0}$ ; caso contrário, nenhuma alteração é executada;
5. Determina-se novamente o ponto de produção  $i$  em função da posição  $g$  ( $i \leftarrow f(g)$ ) e prossegue-se a execução do ADC.

No exemplo da aplicação do ADC, apresentado no item 3.3.1, considere que as alocações iniciais das equipes de corte 1, 2 e 3 sejam os pontos de produção 3, 2 e 1, respectivamente.

Ao executar o algoritmo genético implementado com a estratégia 2, o ADC é interrompido no primeiro período da equipe de corte 1 e o ponto de produção 5 é encontrado em função da primeira posição do cromossomo (figura 11, pág. 32). Como a alocação inicial da equipe de corte 1 é o ponto de produção 3, procura-se por este ponto de produção nas posições a direita da primeira posição. Uma vez que ele está alocado na segunda posição do cromossomo, o gene da primeira posição é trocado com o gene da segunda posição. Com isto, a alocação inicial da equipe de corte 1 ficou igual à alocação inicial desejada.

A terceira estratégia visa permitir que duas equipes de corte realizem a colheita de madeira no mesmo ponto de produção por período. No modelo de PLIM o conjunto de restrições (8) passa a ser expresso pelo conjunto (19).

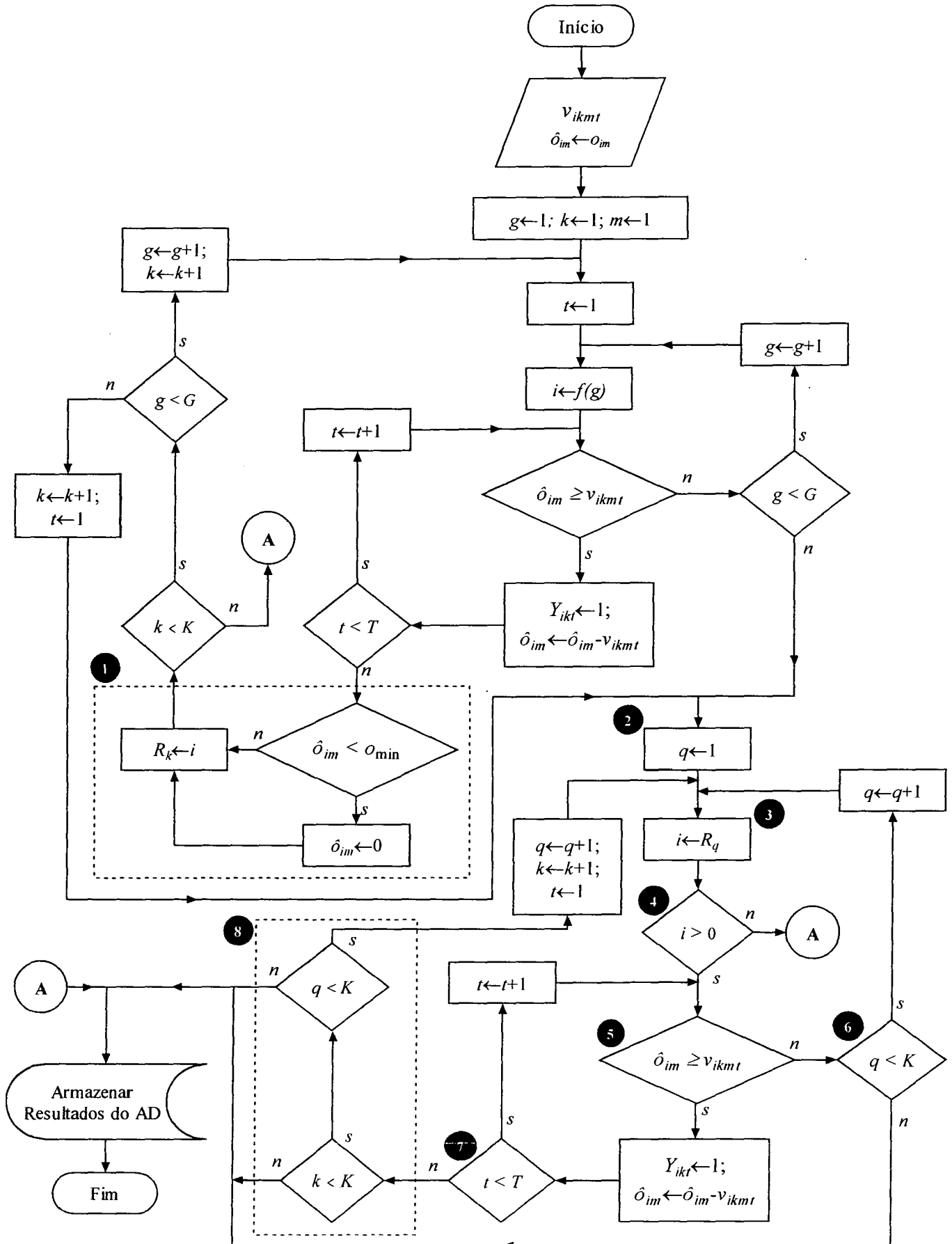
$$\sum_{k=1}^K Y_{ikt} \leq 2 \quad \forall i; \forall t \quad (19)$$

Nos algoritmos genéticos, a presença desta estratégia altera a estrutura do algoritmo de decodificação do cromossomo. O fluxograma do ADC com a estratégia 3 é apresentado na figura 14, sendo que os números em destaque (❶, ❷, ..., ❸) representam os principais passos adicionados.

O ADC pode ser considerado um algoritmo guloso, pois as primeiras equipes de corte a serem designadas possuem vantagens sobre as últimas. Desta forma, ao implementar a estratégia 3, a programação das últimas equipes de corte pode depender do volume de madeira que sobrar da programação das primeiras.

Para que um ponto de produção possa ter mais do que uma equipe de corte alocada, estabeleceu-se que a oferta de madeira remanescente ( $\hat{o}_{im}$ ) no ponto de produção, depois da alocação da equipe de corte  $k$ , deve ser maior do que a oferta de madeira mínima ( $o_{\min}$ ), que neste caso é igual a 30% da oferta inicial ( $o_{im}$ ). Se a oferta remanescente  $\hat{o}_{im}$  for menor do que a oferta mínima  $o_{\min}$ , considera-se que o ponto de produção não possui madeira disponível ( $\hat{o}_{im} \leftarrow 0$ ). Os pontos de produção que estavam em corte pela equipe  $k$ , no último período do horizonte de planejamento, são armazenados na variável  $R_k$  -❶-.

FIGURA 14 – FLUXOGRAMA DO ADC IMPLEMENTADO COM A ESTRATÉGIA 3 DE MELHORIA DA SOLUÇÃO



Depois que todos os genes do cromossomo foram avaliados, inicia-se o procedimento para redistribuir os pontos de produção -②-. O índice  $q$  é utilizado para determinar de qual equipe de corte está sendo aproveitado o ponto de produção -③-.

Se o índice do ponto de produção  $i$  for maior do que zero -④-, realiza-se a programação das equipes de corte conforme os passos -⑤-, -⑥-, -⑦- e -⑧-, que são similares aos passos da programação do ADC sem melhorias; caso contrário, armazenam-se os resultados e encerra-se a execução do ADC implementado com a estratégia 3.

### 3.4 IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL

Os modelos foram executados em um computador com um processador *Intel® Celeron®* 2400 MHz e 256 Mb de RAM. A entrada dos dados, que é idêntica para o modelo de PLIM e para o algoritmo genético, foi realizada em uma planilha eletrônica do *Microsoft® Excel®* 2000.

O modelo de programação linear inteira mista foi resolvido com o pacote comercial *Extended Lingo/PC®* da *Lindo Systems®* – versão 7.0, que utiliza o algoritmo *branch-and-bound* para resolver problemas com variáveis inteiras.

Com a ferramenta *Visual Basic® for Applications* (VBA), disponível no *Microsoft® Excel®* 2000, foram programadas rotinas para automatizar a geração dos modelos de PLIM, a execução do *Extended Lingo/PC®* e o retorno da solução para o *Microsoft® Excel®* 2000.

O algoritmo genético não necessita do *Extended Lingo/PC®* ou de outros pacotes comerciais de otimização para ser executado, pois foi totalmente implementado com a ferramenta VBA. A solução do AG, assim como a solução do modelo de PLIM, também é apresentada no *Microsoft® Excel®* 2000.

### 3.5 DADOS UTILIZADOS

Os modelos foram testados com os dados fornecidos pela Klabin S.A., com atividades na produção de celulose e papel, em Otacílio Costa e Correia Pinto, no estado de Santa Catarina. As unidades florestais totalizam uma área de 117.888 hectares e estão dispersas em 25 municípios. Em 2002, foram movimentadas 3.941.627 toneladas de madeira com casca, classificadas em madeira para celulose, energia, serraria e comercialização.

No presente trabalho foi realizado um planejamento, para as 52 semanas de 2004, visando abastecer duas fábricas com madeira de pinus para processo e suprir a demanda regional de madeira para comércio. A matéria-prima é proveniente de 26 pontos de produção, cortados por doze equipes de corte, sendo uma própria e onze de prestadores de serviços.

Na descrição dos modelos, exato e heurístico, foi utilizado o metro cúbico ( $m^3$ ), contudo, a unidade de volume adotada no teste dos modelos é a tonelada de madeira verde com casca (tvcc).

O consumo de madeira para processo, por semana, descontando a compra de toras e cavacos no mercado, é de 17.045 tvcc na fábrica de Otacílio Costa ( $j = 1$ ) e de 7.238 tvcc na fábrica de Correia Pinto ( $j = 2$ ). O volume mínimo de madeira para comércio, que deve ser cortado em todos os pontos de produção em 2004, é igual a 905.000 tvcc.

As características da madeira de pinus para processo e para comércio podem ser observadas no quadro 9.

QUADRO 9 – CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS FLORESTAIS

ÍNDICE ( $m$ )	UTILIZAÇÃO	DIÂMETRO MÍNIMO (cm)	DIÂMETRO MÁXIMO (cm)
1	Processo	8,0	23,9
2	Comércio	24,0	-

A oferta ( $o_{im}$ ) de cada produto florestal nos pontos de produção e a proporção ( $po_{im}$ ), em porcentagem, destes produtos na oferta de madeira dos pontos

de produção, são apresentadas no quadro 10.

QUADRO 10 – OFERTA DE MADEIRA E PROPORÇÃO DOS PRODUTOS FLORESTAIS NOS PONTOS DE PRODUÇÃO

PONTO DE PRODUÇÃO	ÍNDICE ( <i>i</i> )	OFERTA DE MADEIRA (tvcc)		PROPORÇÃO (%)	
		Processo	Comércio	Processo	Comércio
PP1	1	70.830	34.267	67,4	32,6
PP2	2	14.961	2.548	85,4	14,6
PP3	3	13.681	2.755	83,2	16,8
PP4	4	23.034	7.564	75,3	24,7
PP5	5	55.905	31.708	63,8	36,2
PP6	6	15.980	7.367	68,4	31,6
PP7	7	44.951	21.144	68,0	32,0
PP8	8	76.107	33.148	69,7	30,3
PP9	9	134.518	6.844	95,2	4,8
PP10	10	136.835	6.962	95,2	4,8
PP11	11	27.693	35.284	44,0	56,0
PP12	12	29.775	14.298	67,6	32,4
PP13	13	58.637	20.384	74,2	25,8
PP14	14	422.628	538.991	43,9	56,1
PP15	15	51.427	65.453	44,0	56,0
PP16	16	27.705	25.393	52,2	47,8
PP17	17	43.784	32.640	57,3	42,7
PP18	18	133.658	224.060	37,4	62,6
PP19	19	19.377	20.634	48,4	51,6
PP20	20	217.915	280.876	43,7	56,3
PP21	21	86.124	201.263	30,0	70,0
PP22	22	14.722	32.033	31,5	68,5
PP23	23	10.819	22.528	32,4	67,6
PP24	24	24.808	38.928	38,9	61,1
PP25	25	17.339	33.334	34,2	65,8
PP26	26	19.312	39.010	33,1	66,9

A expressão (20) estima o volume ( $v_{ikmt}$ ) do produto florestal  $m$ , cortado pela equipe de corte  $k$ , no ponto de produção  $i$ , no período  $t$ .

$$v_{ikmt} = po_{im} \cdot vc_k \cdot ic_{it} \cdot ip_{ik} \quad \forall i, \forall k, \forall m, \forall t \quad (20)$$

onde  $po_{im}$  é a proporção do produto florestal  $m$  (quadro 10), na oferta de madeira do ponto de produção  $i$ ;  $vc_k$  é a produção semanal (quadro 11), regida por contrato, da equipe de corte  $k$ ;  $ic_{it}$  representa a influência climática, no período  $t$ , sobre o ponto de produção  $i$ ; e  $ip_{ik}$  é a influência do ponto de produção  $i$  na equipe de corte  $k$ .



QUADRO 11 – PRODUÇÃO SEMANAL

EQUIPE DE CORTE	ÍNDICE ( $k$ )	PRODUÇÃO (tvcc/semana)	EQUIPE DE CORTE	ÍNDICE ( $k$ )	PRODUÇÃO (tvcc/semana)
EC1	1	6.923	EC7	7	3.462
EC2	2	5.769	EC8	8	3.462
EC3	3	4.615	EC9	9	3.462
EC4	4	3.462	EC10	10	3.462
EC5	5	3.462	EC11	11	3.462
EC6	6	3.462	EC12	12	2.308

No presente estudo, considerou-se que os pontos de produção podem ser cortados em qualquer época do ano, sem que isto represente uma redução na produção das equipes de corte. Com isto, admitiu-se que:

$$ic_{it} = 1 \quad \forall i, \forall t$$

Da mesma forma, para simplificar o problema, considerou-se que as características dos pontos de produção não influenciam no desempenho das equipes de corte. Por este motivo, tem-se que:

$$ip_{ik} = 1 \quad \forall i, \forall k$$

Os modelos permitem que os custos unitários de colheita de madeira variem tanto entre os pontos de produção, devido às suas características, quanto entre as equipes de corte, em função dos seus equipamentos. Na Klabin Florestal SC, estes custos variam apenas entre os pontos de produção; porém, no presente estudo, considerou-se apenas o custo unitário médio de colheita de madeira (R\$.tvcc<sup>-1</sup>):

$$ch_{ik} = 13,06 \quad \forall i, \forall k$$

Os custos unitários de transporte (R\$.tvcc<sup>-1</sup>) entre as duas fábricas e os 26 pontos de produção, para a madeira de processo, são apresentados no quadro 12. Para a madeira de comércio, com o objetivo de equilibrar o sistema, estabeleceu-se que toda a madeira é transportada simbolicamente, ou seja, sem custo de transporte, para a fábrica de Otacílio Costa, pois na prática esta madeira pode ser transportada para uma das duas fábricas, um dos três depósitos da empresa ou direto para o cliente.

QUADRO 12 – CUSTO DE TRANSPORTE (R\$.tvcc<sup>-1</sup>), ENTRE OS PONTOS DE PRODUÇÃO E AS FÁBRICAS, PARA A MADEIRA DE PROCESSO

PONTO DE PRODUÇÃO	OTACÍLIO COSTA	CORREIA PINTO	PONTO DE PRODUÇÃO	OTACÍLIO COSTA	CORREIA PINTO
PP1	10,31	6,29	PP14	16,77	17,22
PP2	10,19	6,19	PP15	16,71	17,15
PP3	9,75	5,75	PP16	8,97	4,90
PP4	10,67	8,64	PP17	10,70	6,70
PP5	8,52	5,29	PP18	6,89	6,09
PP6	9,40	5,16	PP19	16,77	17,22
PP7	10,67	7,21	PP20	16,24	14,45
PP8	12,78	10,75	PP21	16,77	15,00
PP9	5,03	6,59	PP22	16,00	16,47
PP10	6,19	9,29	PP23	16,16	16,63
PP11	8,64	7,86	PP24	16,08	16,55
PP12	4,51	8,75	PP25	7,64	11,90
PP13	15,31	13,56	PP26	8,41	12,54

Com base no consumo de madeira para processo, os coeficientes  $pd_{jmt}$  são 0,702 e 0,298, para as fábricas de Otacílio Costa e Correia Pinto, respectivamente, em todos os períodos do horizonte de planejamento. Para a madeira de comércio, os coeficientes  $pd_{jmt}$  são 1 e 0, para as fábricas de Otacílio Costa e Correia Pinto, respectivamente.

O estoque inicial da madeira para processo, nas fábricas de Otacílio Costa e Correia Pinto, é igual a 60.000 e 35.000 tvcc, respectivamente, e 4000 tvcc de madeira para comércio na fábrica de Otacílio Costa.

O custo do estoque excedente é igual a R\$ 1,00 tvcc<sup>-1</sup> para a madeira de processo e é desconsiderado para a madeira de comércio. Os níveis de estoque mínimo e máximo são apresentados no quadro 13.

QUADRO 13 – NÍVEIS DE ESTOQUE MÍNIMO E MÁXIMO

	OTACÍLIO COSTA		CORREIA PINTO	
	Processo	Comércio	Processo	Comércio
Nível de estoque mínimo (tvcc)	60.000	4.000	35.000	-
Nível de estoque máximo (tvcc)	70.000	-	40.833	-

O quadro 14 apresenta a alocação inicial das equipes de corte e o custo artificial médio de movimentação destas equipes.

QUADRO 14 – ALOCAÇÃO INICIAL E CUSTO MÉDIO DE MOVIMENTAÇÃO DAS EQUIPES DE CORTE

EQUIPE DE CORTE ( $k$ )	ALOCAÇÃO INICIAL ( $i$ )	CUSTO DE MOVIMENTAÇÃO (R\$)	EQUIPE DE CORTE ( $k$ )	ALOCAÇÃO INICIAL ( $i$ )	CUSTO DE MOVIMENTAÇÃO (R\$)
EC1	PP10	45.207	EC7	PP25	22.607
EC2	PP11	37.672	EC8	PP19	22.607
EC3	PP16	30.136	EC9	PP17	22.607
EC4	PP7	22.607	EC10	PP26	22.607
EC5	PP13	22.607	EC11	*	22.607
EC6	PP20	22.607	EC12	*	15.071

NOTA: o símbolo \* indica que a equipe de corte  $k$  pode ser alocada em qualquer ponto de produção

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 PROGRAMAÇÃO LINEAR

Para o problema apresentado, o pacote comercial *Extended Lingo/PC*<sup>®</sup>, versão 7.0 (arquitetura de 31/07/2002), foi incapaz de resolver o modelo de PLIM, que possui 32.448 variáveis binárias, 5.616 variáveis contínuas e 21.477 restrições. Em sete tentativas, o programa de otimização apresentou como solução ótima, em menos de oito horas de processamento, uma resposta onde todas as variáveis binárias são iguais a zero e não satisfazem o conjunto de restrições (12), que considera o consumo semanal de madeira nas fábricas.

Com a finalidade de encontrar uma solução de referência para os algoritmos genéticos foi adotado o segundo método de avaliação da qualidade das soluções, ou seja, gerou-se um modelo de programação linear (PL) relaxado que não possui variáveis binárias. Nesta forma, o problema ficou com 54.288 variáveis contínuas e 36.661 restrições.

A função objetivo (21) envolve o cálculo dos custos totais de colheita, transporte e estoque excedente de madeira, desconsiderando o custo total de movimentação das equipes de corte. Com isto, as equipes estão livres para trocar de ponto de produção entre um período e outro.

$$\text{Min } cpl = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T (ch_{ik} \cdot Y_{ikt}) + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T (ct_{ijm} \cdot X_{ijmt}) + \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T [ce_{jm} \cdot (E_{jmt} - sm_{jmt})] \quad (21)$$

As variáveis, os índices e os coeficientes são os mesmos que os utilizados no modelo de PLIM. As exceções são: a variável  $Y_{ikt}$ , que passou a ser contínua e representa o volume de madeira colhido pela equipe de corte  $k$ , no ponto de produção  $i$ , no período  $t$ ; e o coeficiente  $v_{ikmt}$  que foi transformado na variável contínua  $V_{ikmt}$ .

O conjunto de restrições (22) regula a oferta de cada produto florestal nos pontos de produção.

$$\sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T V_{ikmt} \leq o_{im} \quad \forall i; \forall m \quad (22)$$

O conjunto de restrições (23) estabelece que o volume de madeira cortado no ponto de produção é proporcional a quantidade dos produtos florestais disponíveis.

$$V_{ikmt} - p o_{im} \cdot Y_{ikt} = 0 \quad \forall i; \forall k; \forall m; \forall t \quad (23)$$

O conjunto de restrições (24) assegura que o volume de madeira cortado pela equipe de corte  $k$ , em todos os pontos de produção, no período  $t$ , não é superior a capacidade de corte da equipe  $k$ .

$$\sum_{i=1}^I Y_{ikt} \leq v c_k \quad \forall k; \forall t \quad (24)$$

O equilíbrio entre o volume de madeira cortado pelas equipes de corte e o volume de madeira transportado para as fábricas é considerado nos conjuntos de restrições (25).

$$\sum_{j=1}^J X_{ijmt} - \sum_{k=1}^K V_{ikmt} = 0 \quad \forall i; \forall m; \forall t \quad (25)$$

O conjunto de restrições (26) assegura que o volume de madeira destinado para as fábricas é proporcional a demanda do produto nas fábricas.

$$\sum_{i=1}^I X_{ijmt} - p d_{jmt} \cdot \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K V_{ikmt} = 0 \quad \forall j; \forall m; \forall t \quad (26)$$

Os conjuntos de restrições que regulam os níveis de estoque mínimo (12), máximo (13) e corrente (14) são os mesmos que os utilizados no modelo de PLIM.

O *Extended Lingo/PC*<sup>®</sup>, versão 7.0, precisou de 13.676 iterações e levou 2 minutos e 43 segundos para resolver o modelo relaxado. O valor da função objetivo é igual a R\$ 41.315.047 e o volume total de madeira cortado atinge 2.231.365 tvcc.

A produção de madeira para processo é igual a 1.262.716 tvcc, que corresponde exatamente ao consumo deste produto nas duas fábricas, e a de madeira para comércio é igual a 968.649 tvcc. Os custos de colheita, transporte e estoque

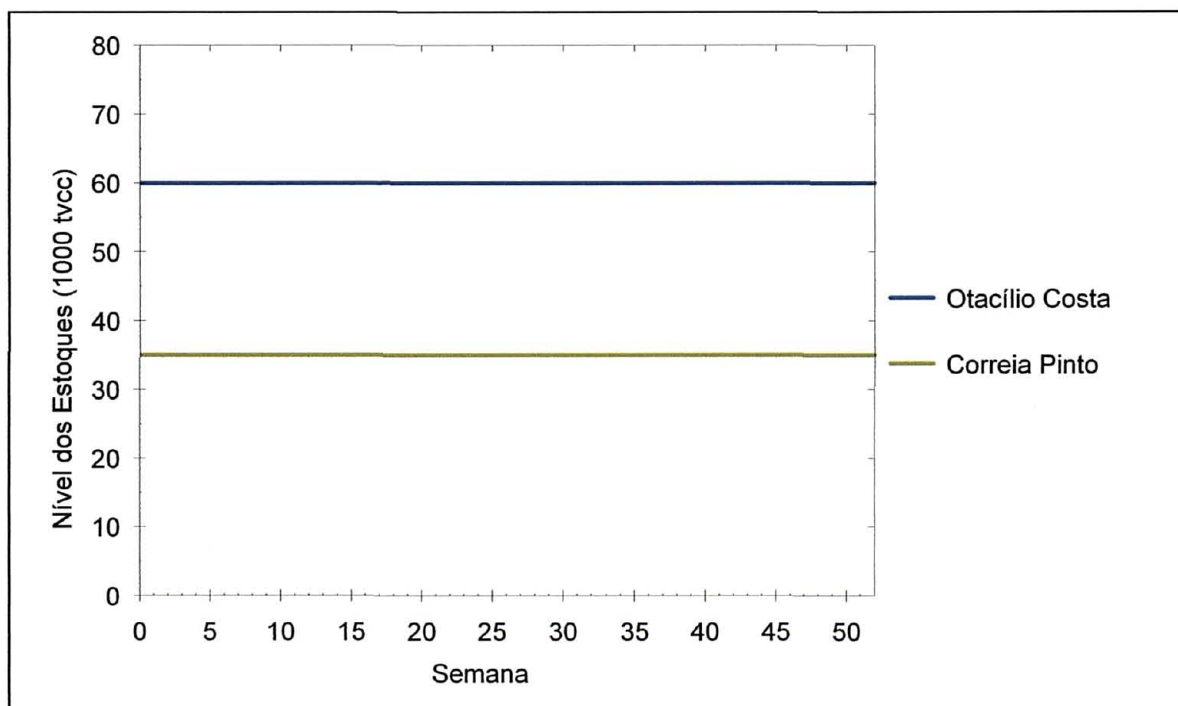
excedente de madeira são apresentados, por produto florestal, no quadro 15. O custo referencial é obtido pelo somatório dos custos totais de colheita, transporte e estoque excedente de madeira.

QUADRO 15 – CUSTOS TOTAIS DE COLHEITA, TRANSPORTE E ESTOQUE EXCEDENTE DE MADEIRA

CUSTOS TOTAIS (R\$)	MADEIRA PARA PROCESSO	MADEIRA PARA COMÉRCIO	PROCESSO E COMÉRCIO
Colheita	16.491.071	12.650.559	29.141.630
Transporte	12.173.417	0	12.173.417
Estoque excedente	0	0	0
Referencial ( <i>cpl</i> )	-	-	41.315.047

A programação das equipes de corte, o fluxo da madeira para processo e a produção da madeira de comércio, referentes ao modelo de PL, estão disponíveis no apêndice 2.

GRÁFICO 1 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR



O nível dos estoques da madeira para processo, no pátio das fábricas de Otacílio Costa e Correia Pinto, foi igual ao nível desejado nas 52 semanas do horizonte

de planejamento (gráfico 1). Contudo, como era esperado, este modelo gera uma programação totalmente desordenada e impossível de ser implantada na atividade de colheita de madeira, pois as equipes de corte trocam livremente de pontos de produção entre um período e outro.

## 4.2 ALGORITMOS GENÉTICOS

### 4.2.1 Comparação entre as Variedades de Algoritmos Genéticos

No apêndice 3 são apresentados, para as melhores soluções de cada uma das trinta execuções independentes das oito variedades de algoritmos genéticos, os seguintes resultados:

- a)  $Z_1$  – custos (R\$) de colheita da madeira para processo e para comércio;
- b)  $Z_2$  – custos (R\$) de transporte da madeira para processo;
- c)  $Z_3$  – custos (R\$) do estoque excedente de madeira;
- d)  $Z_4$  – custos (R\$) da movimentação das equipes de corte para  $t=1$  e  $t>1$ ;
- e)  $Z_5$  – penalidades (R\$) por violar os níveis de estoque mínimo e máximo;
- f)  $Z$  – custo de avaliação (R\$);
- g) produção (tvcc) da madeira para processo e para comércio;

A idéia básica era comparar as oito variedades de algoritmos genéticos pela análise de variância (ANOVA). Porém, seis das oito variedades foram rejeitadas no teste de normalidade de Shapiro-Wilks  $W$  com um nível de confiança de 95% (quadro 16).

QUADRO 16 – RESULTADOS DO TESTE DE NORMALIDADE DE SHAPIRO-WILKS  $W$

AMOSTRA	W	VALOR-p	AMOSTRA	W	VALOR-p
AG000	0,93729	0,07688	AG100	0,85133	0,00066
AG001	0,54923	0,00000	AG101	0,94950	0,16395
AG010	0,69633	0,00000	AG110	0,81415	0,00012
AG011	0,72862	0,00000	AG111	0,84351	0,00045

NOTA: Os valores-p em vermelho indicam as amostras que não seguem a distribuição normal

Como uma das condições para aplicar a ANOVA é que as variáveis sigam a distribuição normal, então esta técnica não foi utilizada. Com isto, as oito variedades foram comparadas pelos custos de avaliação (valores da função de avaliação) mediante as estatísticas média, mediana, percentis 25 e 75, e os valores mínimo e máximo (quadro 17). Para comparar as soluções dos algoritmos genéticos que possuem a estratégia 1 (AG1##)<sup>4</sup> com as soluções das variedades que não possuem (AG0##), optou-se por padronizar os custos de avaliação. Com esta finalidade, estes custos das melhores soluções da configuração AG1## foram recalculados sem a regra da estratégia 1.

QUADRO 17 – MÉDIA, MEDIANA, PERCENTIL 25 E 75, E VALORES MÍNIMO E MÁXIMO, DO CUSTO DE AVALIAÇÃO PADRONIZADO DAS OITO VARIEDADES DE ALGORITMOS GENÉTICOS

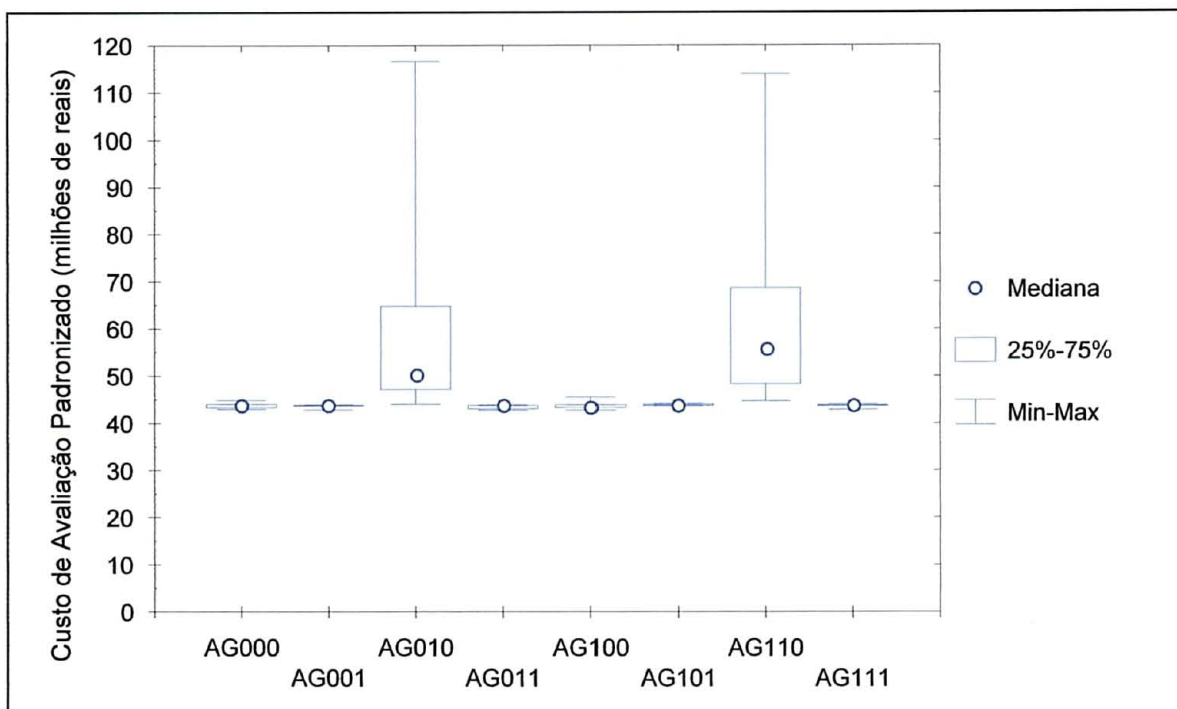
VARIEDADE	MÉDIA	MEDIANA	MÍNIMO	MÁXIMO	PERCENTIL 25	PERCENTIL 75
AG000	43.722.655	43.653.015	42.977.574	44.811.716	43.317.086	43.950.991
AG001	43.712.871	43.744.139	42.835.821	43.878.075	43.718.574	43.804.832
AG010	57.819.606	50.217.489	44.031.724	116.590.555	47.149.570	64.757.574
AG011	43.486.161	43.690.104	42.779.186	43.860.412	43.022.011	43.710.580
AG100	43.719.601	43.616.738	42.762.407	45.459.137	43.318.059	43.893.850
AG101	43.881.169	43.888.112	43.617.598	44.277.218	43.705.380	43.986.171
AG110	61.165.592	55.607.959	44.645.914	113.914.521	48.317.519	68.596.685
AG111	43.707.396	43.751.652	42.826.361	44.117.030	43.627.415	43.804.466

As soluções dos algoritmos genéticos AG010 e AG110 apresentam os maiores custos de avaliação padronizados nos seis critérios, sendo que o AG110 possui os maiores valores para média, mediana, percentil 25, percentil 75 e valor mínimo. O valor mínimo destas duas variedades é superior ao valor máximo do AG001 e do AG011 e ao percentil 75 das demais variedades. Desta forma, tem-se que estes dois modelos não apresentam nem as melhores soluções nem as execuções mais homogêneas, se comparadas com as demais variedades (gráfico 2).

<sup>4</sup> O símbolo # significa que a estratégia pode estar presente (1) ou ausente (0)



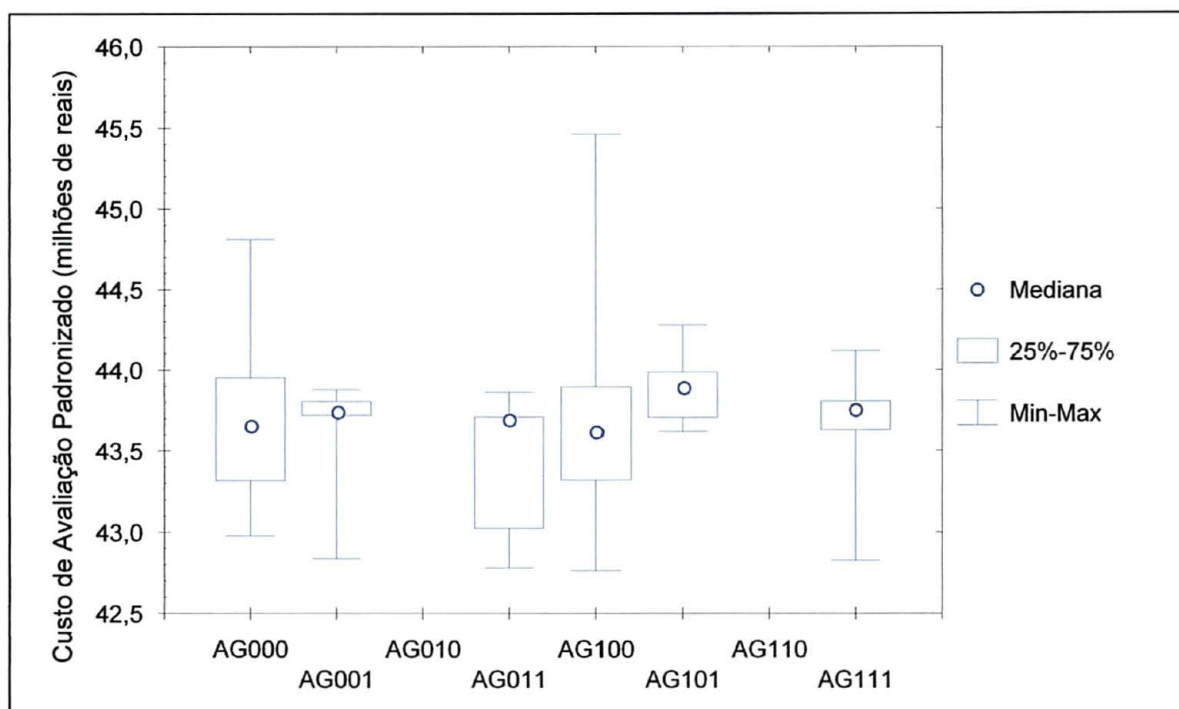
GRÁFICO 2 – COMPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES DOS ALGORITMOS GENÉTICOS



A razão para as variedades AG010 e AG110 apresentarem soluções de baixa qualidade é a interação entre a aplicação da estratégia 2 (AG#1#) e a não utilização da estratégia 3 (AG##0). A estratégia 2 obriga os indivíduos da população inicial a se adequarem à alocação inicial das equipes de corte, o que reduz as penalidades aplicadas no primeiro período do horizonte de planejamento, mas como consequência pode restringir o processo de evolução a uma pequena parcela do espaço de busca. A configuração AG##0 não permite que os pontos de produção sejam cortados por mais do que uma equipe de corte, o que pode comprometer a programação das últimas equipes e resultar em estoques abaixo dos níveis desejados. Com a configuração AG#11, o algoritmo consegue ajustar a programação e elevar o nível dos estoques, resultando na redução das penalidades aplicadas tanto no primeiro período quanto sobre os níveis insatisfatórios dos estoques.

A variedade AG100 apresentou a melhor solução entre todos os algoritmos genéticos executados, pois obteve uma solução com um valor mínimo igual a R\$ 42.762.407 (gráfico 3).

GRÁFICO 3 – COMPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES DOS ALGORITMOS GENÉTICOS (AMPLIADO)



As variedades AG001, AG011 e AG111 obtiveram soluções com valores mínimos tão baixos quanto o AG100 e custos médios inferiores ao do AG100.

A variedade AG011 possui mais de 25% de suas soluções com custos de avaliação inferiores a 43,03 milhões de reais e os menores valores de média, máximo e percentil 75. O valor mínimo do AG011 é apenas 0,04% superior ao valor mínimo do AG100.

As soluções do AG101 não se destacam entre as quatro melhores, porém esta variedade apresentou a menor amplitude dos custos de avaliação, pois a diferença entre o valor máximo e o mínimo é menor do que R\$ 660 mil. Ao considerar a diferença entre o percentil 75 e o valor mínimo a diferença é inferior a R\$ 370 mil.

#### 4.2.2 Melhores Soluções das Variedades de Algoritmos Genéticos

A programação das equipes de corte para as 52 semanas do horizonte de planejamento, o fluxo da madeira para processo e a produção da madeira para comércio, da melhor execução de cada uma das oito variedades de algoritmos

genéticos, são apresentados no apêndice 4.

#### 4.2.2.1 AG000

A melhor solução da variedade AG000 foi obtida na 27.<sup>a</sup> execução. O processo de evolução levou 31 minutos para convergir e precisou de 19.469 gerações (apêndice 5). O custo de avaliação  $Z$  é igual a R\$ 42.977.574 e a produção de madeira é de 2.236.296 tvcc.

O volume de madeira para processo corresponde a 1.247.015 tvcc, o que resulta em um déficit de 15.701 tvcc no final do planejamento, e o volume de madeira para comércio corresponde a 989.281 tvcc. Os custos que compõem a função de avaliação são apresentados no quadro 18.

QUADRO 18 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG000

CUSTOS TOTAIS (R\$)	MADEIRA PARA PROCESSO	MADEIRA PARA COMÉRCIO	PROCESSO E COMÉRCIO
Colheita de madeira ( $Z_1$ )	16.286.015	12.920.011	29.206.026
Transporte de madeira ( $Z_2$ )	12.404.213	0	12.404.213
Estoque excedente de madeira ( $Z_3$ )	156.314	0	156.314
Referencial ( $cpl$ )	-	-	41.766.553
Movimentação das equipes de corte ( $Z_4$ )	-	-	542.545
Penalidades ( $Z_5$ )	-	-	668.476
Avaliação ( $Z$ )	-	-	42.977.574

Como há um déficit na produção de madeira para processo, o custo referencial do AG não pode ser comparado diretamente com o custo do modelo de PL. Desta forma, com a finalidade de obter um custo de comparação, calculou-se um adicional para os custos totais de colheita e transporte, em função do déficit de madeira para processo e com base na proporção dos produtos florestais e nos custos médios de transporte e colheita de madeira.

O custo de transporte médio ( $ctm$ ) da madeira para processo, obtido pela razão entre o custo total de transporte e a produção de madeira para processo, é igual a R\$ 9,95 tvcc<sup>-1</sup>.

Uma vez que a madeira para processo representa 55,8% da produção de madeira, tem-se que o volume de madeira adicional ( $va$ ) é:

$$va = \frac{15.701 \text{ tvcc}}{0,558} = 28.138 \text{ tvcc}$$

O custo de colheita adicional ( $cha$ ) é obtido pelo produto entre o volume de madeira adicional e o custo de colheita médio:

$$cha = 28.138 \cdot 13,06 = \text{R\$ } 367.482$$

O custo de transporte adicional ( $cta$ ) é calculado pelo produto entre o volume do déficit de madeira para processo e o custo de transporte médio:

$$cta = 15.701 \cdot 9,95 = \text{R\$ } 156.225$$

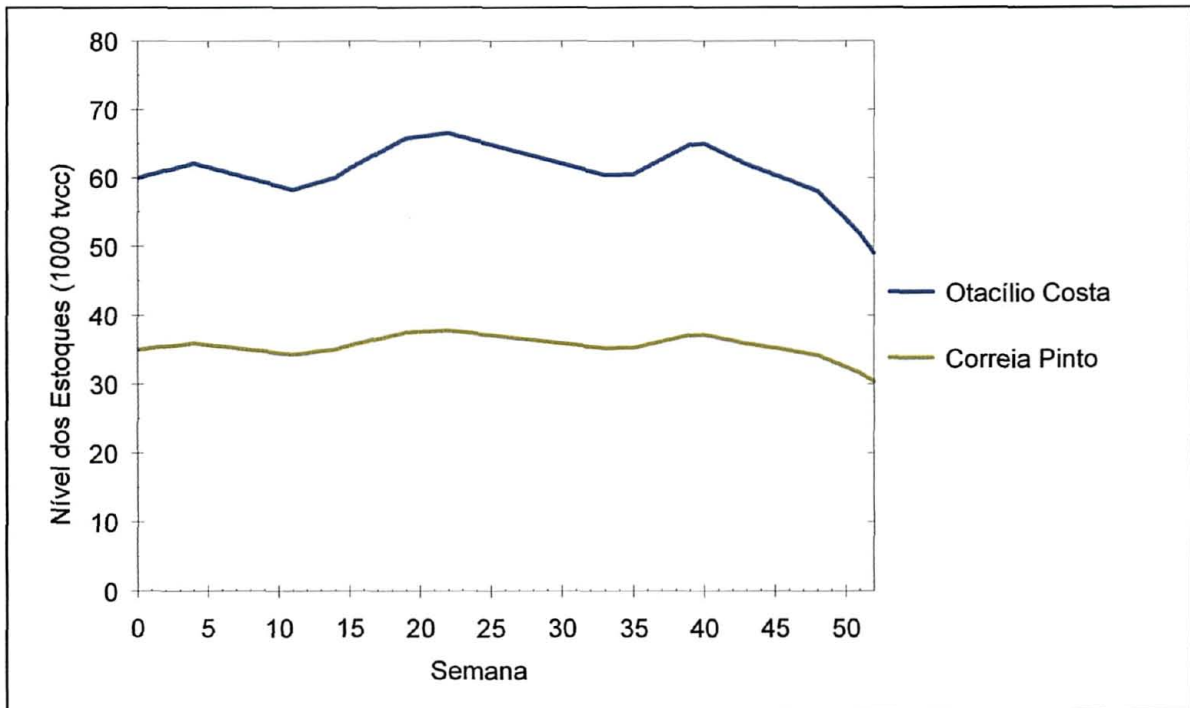
O valor para comparar os algoritmos genéticos com o modelo de PL (custo de comparação -  $ccpl$ ) é obtido pelo somatório dos custos integrais e adicionais de colheita, transporte e estoque excedente de madeira:

$$ccpl = cpl + cha + cta = 41.766.553 + 367.482 + 156.225$$

$$ccpl = \text{R\$ } 42.290.260$$

A programação da colheita de madeira, da melhor solução do AG000, é realizada por onze equipes de corte da 1.<sup>a</sup> a 22.<sup>a</sup> semana e por dez equipes nas demais semanas do horizonte de planejamento. A utilização de dez equipes de corte, a partir da 23.<sup>a</sup> semana, foi compensada pela colheita dos pontos de produção com mais madeira para processo do que para comércio até a 39.<sup>a</sup> semana, quando a equipe de corte 9 passou de um ponto de produção com 63,8% de madeira de processo para um ponto de produção com apenas 30%. O efeito disto foi uma redução na produção de madeira para processo, que conseqüentemente reduziu o nível dos estoques no pátio das fábricas (gráfico 4).

GRÁFICO 4 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG000



#### 4.2.2.2 AG001

A melhor solução da variedade AG001 foi obtida na 21.<sup>a</sup> execução. O processo de evolução precisou de 41.752 gerações e levou 1 hora e 33 minutos. O custo de avaliação  $Z$  é igual a R\$ 42.835.823 (quadro 19) e o volume de madeira cortado é de 2.274.378 tvcc.

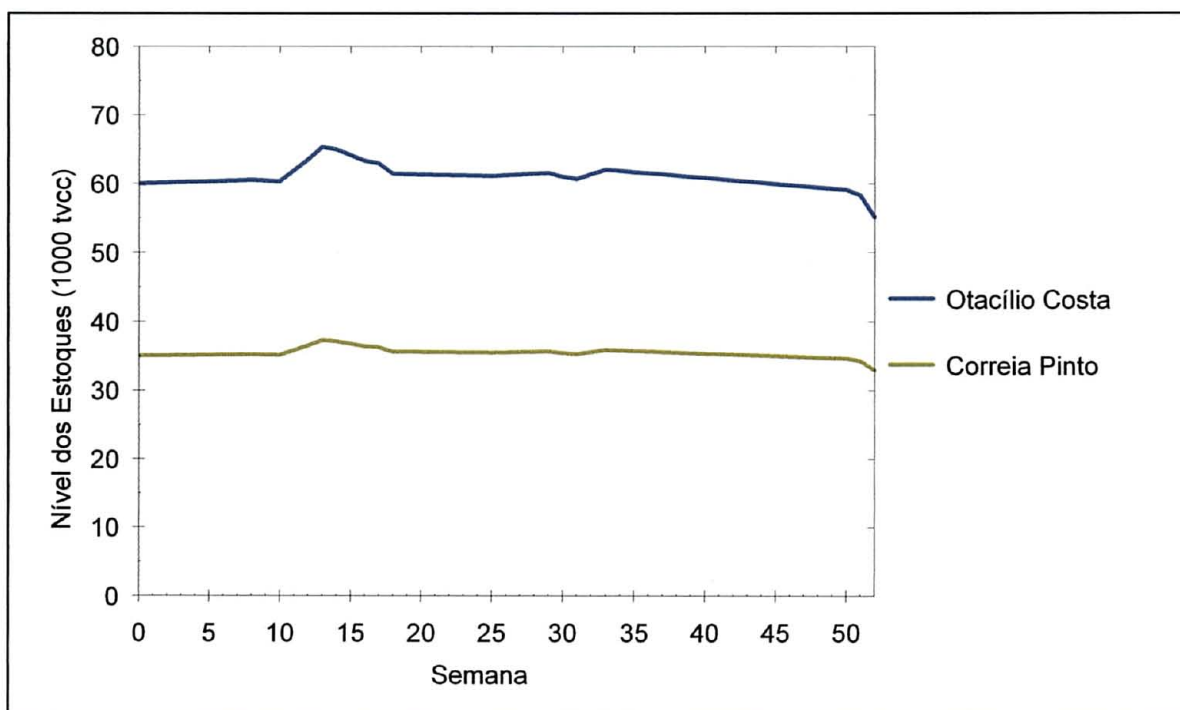
QUADRO 19 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG001

CUSTOS TOTAIS (R\$)	MADEIRA PARA PROCESSO	MADEIRA PARA COMÉRCIO	PROCESSO E COMÉRCIO
Colheita de madeira ( $Z_1$ )	16.400.344	13.303.033	29.703.377
Transporte de madeira ( $Z_2$ )	12.146.672	0	12.146.672
Estoque excedente de madeira ( $Z_3$ )	86.952	0	86.952
Referencial ( $cp1$ )	-	-	41.937.001
Movimentação das equipes de corte ( $Z_4$ )	-	-	768.562
Penalidades ( $Z_5$ )	-	-	130.260
Avaliação ( $Z$ )	-	-	42.835.823
Colheita adicional ( $cha$ )	90.728	73.632	164.360
Transporte adicional ( $cta$ )	67.177	0	67.177
Comparação ( $ccpl$ )	-	-	42.168.538

A produção de madeira para comércio é de 1.018.609 tvcc e para processo é de 1.255.769 tvcc. O excedente da madeira para comércio é igual a 113.601 tvcc e o déficit da madeira para processo é de 6.947 tvcc, ambos em relação ao consumo anual. O volume de madeira para comércio a ser produzido para compensar o déficit da madeira para processo é igual a 5.638 tvcc.

De maneira similar a melhor solução do AG000, a melhor solução do AG001 também deixou as duas últimas equipes de corte sem programação. A equipe 12 não foi alocada em nenhuma semana do planejamento e a equipe 11 ficou sem ponto de produção para cortar a partir da 34.<sup>a</sup> semana. Contudo, a produção de madeira para processo não foi comprometida, uma vez que o nível dos estoques no pátio das fábricas permaneceu estável (gráfico 5).

GRÁFICO 5 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG001



## 4.2.2.3 AG010

O AG010 convergiu em 13 minutos e precisou de 8.746 gerações, sendo que a melhor solução foi obtida na segunda execução. O valor da função de avaliação  $Z$  é igual a R\$ 44.031.724 e o volume total de madeira cortado é de 2.315.922 tvcc.

A produção das equipes de corte é igual a 1.250.764 tvcc de madeira para processo e 1.065.158 tvcc para comércio. O déficit de madeira para processo é igual a 11.952 tvcc e o excesso da madeira de comércio atinge 160.150 tvcc. Como a proporção de madeira para processo é de 54%, a produção de madeira de comércio para compensar o déficit da madeira para processo é igual a 10.181 tvcc.

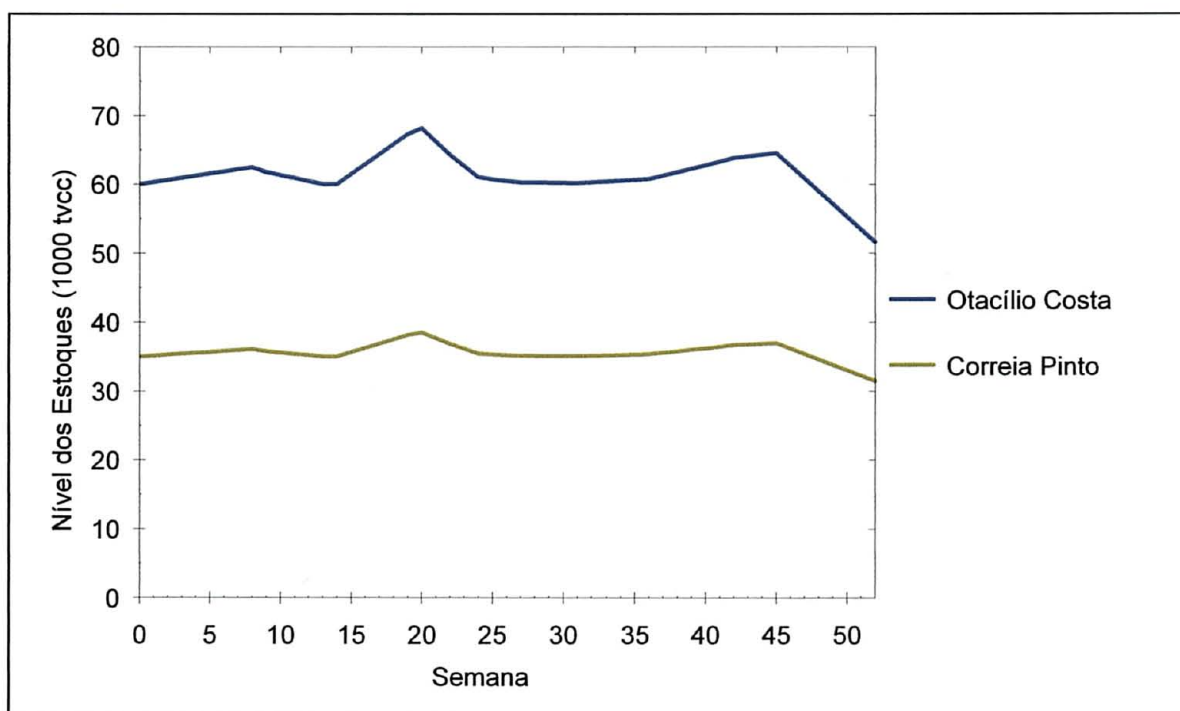
Os custos da função de avaliação e os custos adicionais podem ser observados no quadro 20.

QUADRO 20 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG010

CUSTOS TOTAIS (R\$)	MADEIRA PARA PROCESSO	MADEIRA PARA COMÉRCIO	PROCESSO E COMÉRCIO
Colheita de madeira ( $Z_1$ )	16.334.976	13.910.965	30.245.941
Transporte de madeira ( $Z_2$ )	12.686.328	0	12.686.328
Estoque excedente de madeira ( $Z_3$ )	137.513	0	137.513
Referencial ( $cp1$ )	-	-	43.069.782
Movimentação das equipes de corte ( $Z_4$ )	-	-	542.545
Penalidades ( $Z_5$ )	-	-	419.397
Avaliação ( $Z$ )	-	-	44.031.724
Colheita adicional ( $cha$ )	156.093	132.964	289.057
Transporte adicional ( $cta$ )	121.193	0	121.193
Comparação ( $ccpl$ )	-	-	43.480.032

A melhor solução do AG010 excluiu a equipe de corte 12 do planejamento e alocou a equipe de corte 11 por mais tempo (45 semanas) do que as soluções das variedades AG000 e AG001, contudo a saída desta equipe da programação provocou um declínio no nível dos estoques no pátio das fábricas (gráfico 6).

GRÁFICO 6 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG010



#### 4.2.2.4 AG011

A melhor solução do AG011 foi obtida na 11.<sup>a</sup> execução, sendo que o processo de evolução precisou de 38.125 gerações e levou 1 hora e 22 minutos para convergir. O custo de avaliação  $Z$  é igual a R\$ 42.779.188 e o volume de madeira cortado é de 2.267.454 tvcc, dos quais 1.248.344 tvcc são de madeira para processo e 1.019.110 tvcc de madeira para comércio.

O déficit de madeira para processo atinge 14.372 tvcc e o excesso de madeira para comércio é igual a 114.102 tvcc. Para compensar este déficit, a produção adicional da madeira de comércio é igual a 11.711 tvcc.

Os custos que compõem a função de avaliação e o custo de comparação são apresentados no quadro 21.

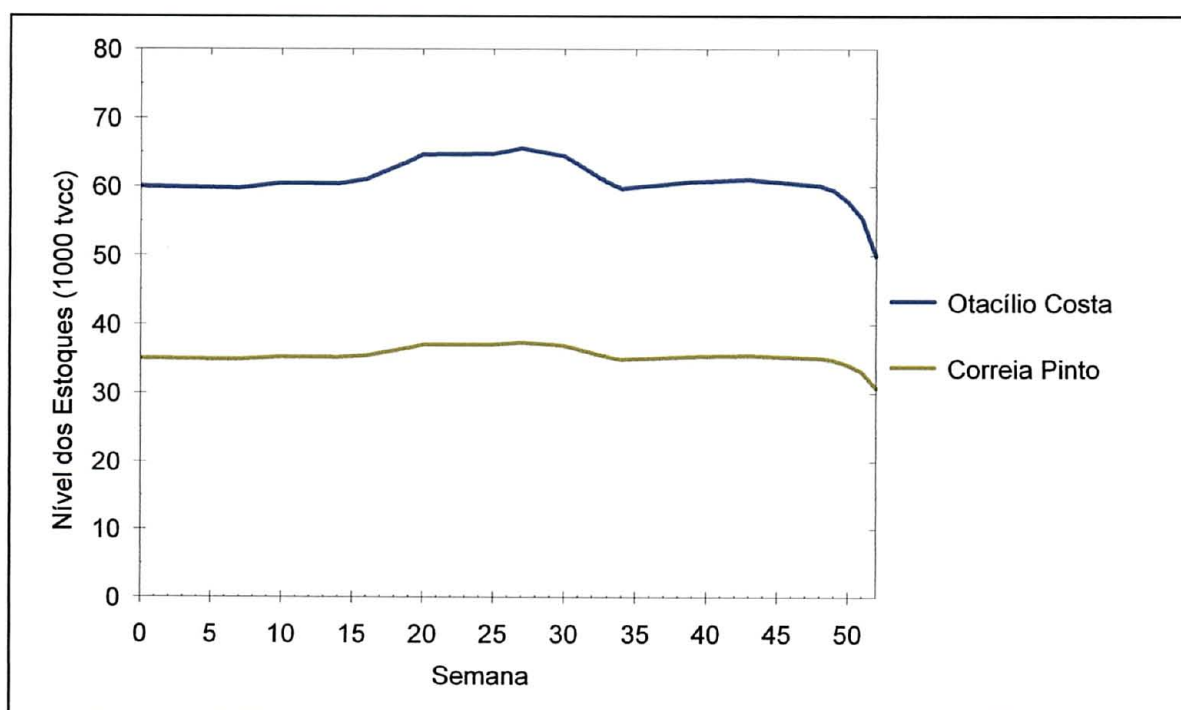


QUADRO 21 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG011

CUSTOS TOTAIS (R\$)	MADEIRA PARA PROCESSO	MADEIRA PARA COMÉRCIO	PROCESSO E COMÉRCIO
Colheita de madeira ( $Z_1$ )	16.303.379	13.309.571	29.612.950
Transporte de madeira ( $Z_2$ )	12.021.432	0	12.021.432
Estoque excedente de madeira ( $Z_3$ )	111.632	0	111.632
Referencial ( <i>cpl</i> )	-	-	41.746.014
Movimentação das equipes de corte ( $Z_4$ )	-	-	700.761
Penalidades ( $Z_5$ )	-	-	332.413
Avaliação ( $Z$ )	-	-	42.779.188
Colheita adicional ( <i>cha</i> )	187.698	152.946	340.644
Transporte adicional ( <i>cta</i> )	138.402	0	138.402
Comparação ( <i>ccpl</i> )	-	-	42.225.060

A melhor solução do AG011 também excluiu a equipe de corte 12 do planejamento e alocou parcialmente a equipe 11, uma vez que a partir da 32.<sup>a</sup> semana esta equipe ficou sem pontos de produção para trabalhar. Contudo, a redução na produção de madeira para processo só ocorreu nas últimas três semanas (gráfico 7), quando as equipes de corte 8 e 6 trocaram de pontos de produção com mais de 60% de madeira para processo por pontos de produção com menos de 35%.

GRÁFICO 7 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG011



## 4.2.2.5 AG100

A melhor solução da variedade AG100 foi obtida na 29.<sup>a</sup> execução. O processo de evolução levou 39 minutos para convergir e precisou de 20.716 gerações. O custo de avaliação  $Z$  é igual a R\$ 44.586.917 (quadro 22) e foi calculado com base na regra da estratégia 1, assim como as demais variedades AG1##.

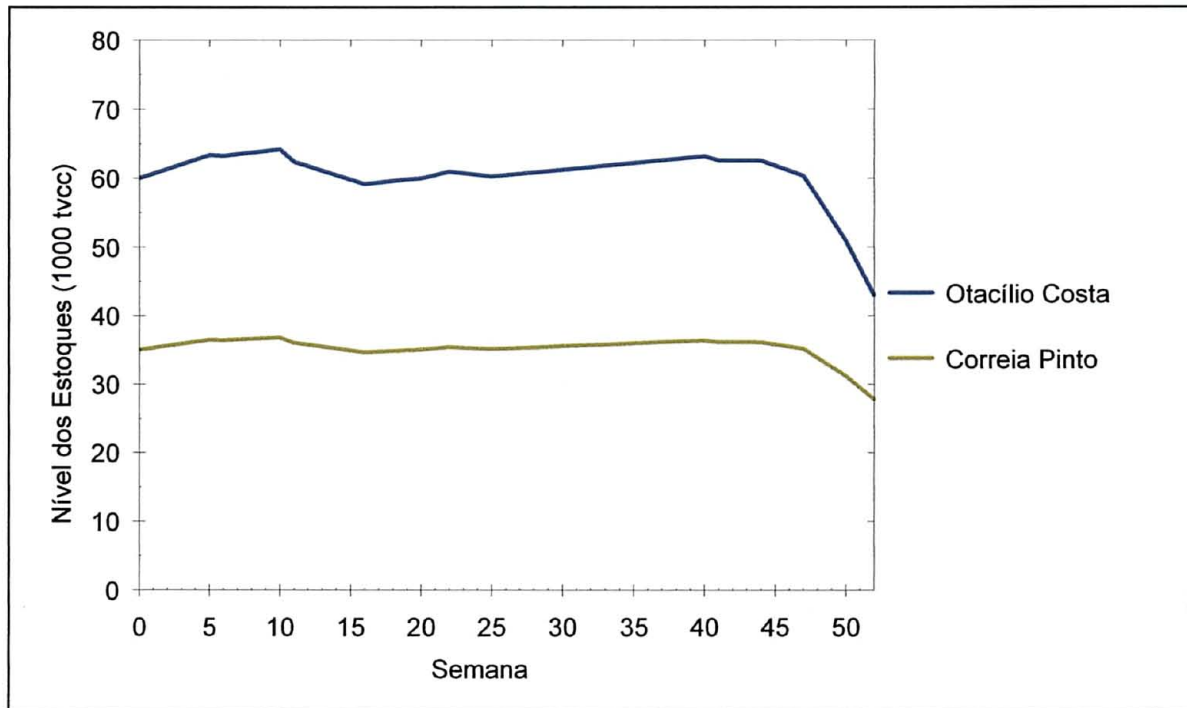
QUADRO 22 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG100

CUSTOS TOTAIS (R\$)	MADEIRA PARA PROCESSO	MADEIRA PARA COMÉRCIO	PROCESSO E COMÉRCIO
Colheita de madeira ( $Z_1$ )	16.175.111	12.488.350	28.663.461
Transporte de madeira ( $Z_2$ )	12.553.313	0	12.553.313
Estoque excedente de madeira ( $Z_3$ )	111.968	0	111.968
Referencial ( <i>cpl</i> )	-	-	41.328.742
Movimentação das equipes de corte ( $Z_4$ )	-	-	2.192.650
Penalidades ( $Z_5$ )	-	-	1.065.525
Avaliação ( $Z$ )	-	-	44.586.917
Colheita adicional ( <i>cha</i> )	315.961	244.248	560.209
Transporte adicional ( <i>cta</i> )	245.317	0	245.317
Comparação ( <i>ccpl</i> )	-	-	42.134.268

O volume de madeira cortado é igual a 2.194.752 tvcc, dos quais 1.238.523 tvcc são de madeira para processo e 956.229 tvcc de madeira para comércio. O déficit de madeira para processo é igual a 24.193 tvcc e o excesso de madeira para comércio é de 51.221 tvcc.

A melhor solução do AG100 excluiu a equipe de corte 12 do planejamento e alocou a equipe 11 por apenas dez semanas. O nível dos estoques da madeira para processo (gráfico 8), no pátio das fábricas, oscilou entre os limites aceitáveis até o momento (48.<sup>a</sup> semana) que as equipes de corte 3 e 10 trocaram de pontos de produção e fizeram com que a proporção de madeira para processo proveniente destas equipes declinasse de 73% para 31%.

GRÁFICO 8 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG100



#### 4.2.2.6 AG101

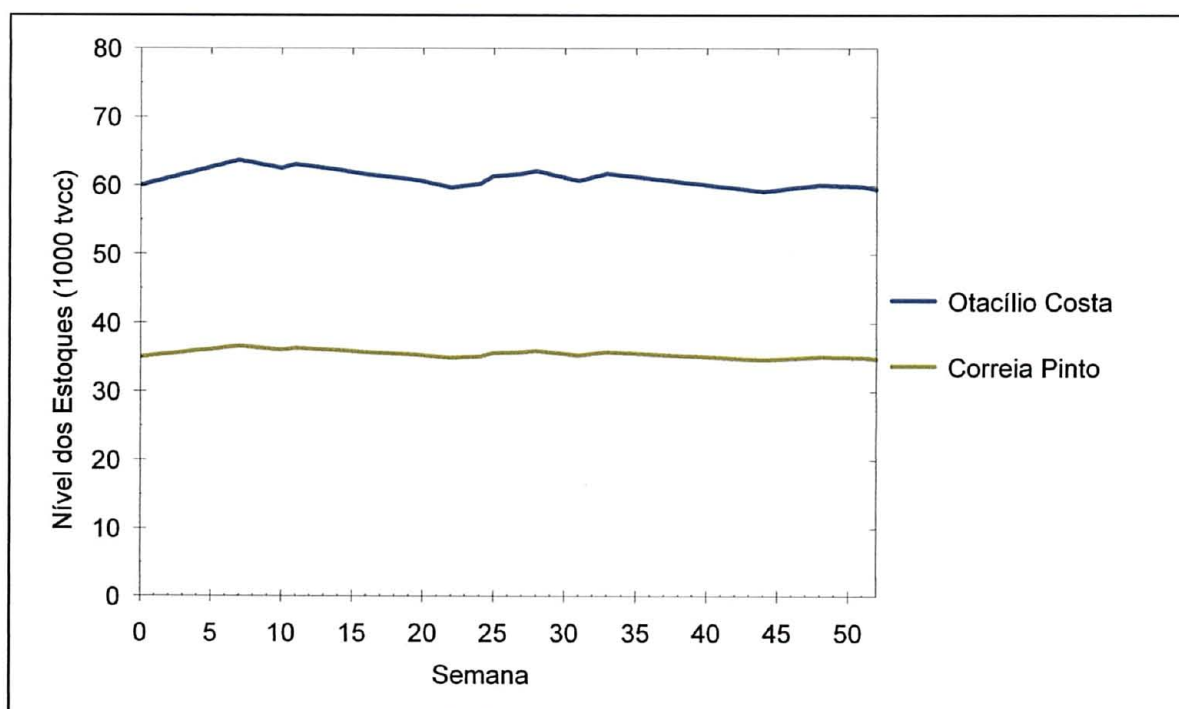
A melhor solução da variedade AG101 foi obtida na 20.<sup>a</sup> execução, sendo que o processo de evolução precisou de 28.013 gerações e levou 59 minutos. O custo de avaliação  $Z$  é igual a R\$ 44.086.088 (quadro 23) e a produção de madeira é de 2.340.156 tvcc, dos quais 1.078.190 tvcc são de madeira para comércio e 1.261.966 tvcc de madeira para processo. O excedente de madeira para comércio é igual a 173.182 tvcc e o déficit de madeira para processo é de apenas 750 tvcc.

QUADRO 23 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG101

CUSTOS TOTAIS (R\$)	MADEIRA PARA PROCESSO	MADEIRA PARA COMÉRCIO	PROCESSO E COMÉRCIO
Colheita de madeira ( $Z_1$ )	16.481.282	14.081.155	30.562.437
Transporte de madeira ( $Z_2$ )	12.564.618	0	12.564.618
Estoque excedente de madeira ( $Z_3$ )	87.011	0	87.011
Referencial ( $cpl$ )	-	-	43.214.066
Movimentação das equipes de corte ( $Z_4$ )	-	-	836.395
Penalidades ( $Z_5$ )	-	-	35.627
Avaliação ( $Z$ )	-	-	44.086.088
Colheita adicional ( $cha$ )	9.795	8.371	18.166
Transporte adicional ( $cta$ )	7.470	0	7.470
Comparação ( $ccpl$ )	-	-	43.239.702

A melhor solução do AG101 excluiu apenas a equipe de corte 12 da programação da colheita de madeira. O reflexo disto foi a estabilidade do nível dos estoques no pátio das fábricas (gráfico 9), uma vez que a penalidade  $Z_5$  (quadro 23) aplicada por violar os limites mínimo e máximo dos estoques é a menor entre as oito variedades.

GRÁFICO 9 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG101



## 4.2.2.7 AG110

O AG110 convergiu em 22 minutos e precisou de 13.580 gerações, sendo que a melhor solução foi obtida na 20.<sup>a</sup> execução. O custo de avaliação Z é igual a R\$ 45.866.567 e a produção de madeira é de 2.274.378 tvcc.

O volume de madeira cortado para processo é de 1.234.832 tvcc e para comércio é de 1.039.546 tvcc. O déficit da madeira para processo é igual a 27.884 tvcc e o excesso da madeira de comércio atinge 134.538 tvcc.

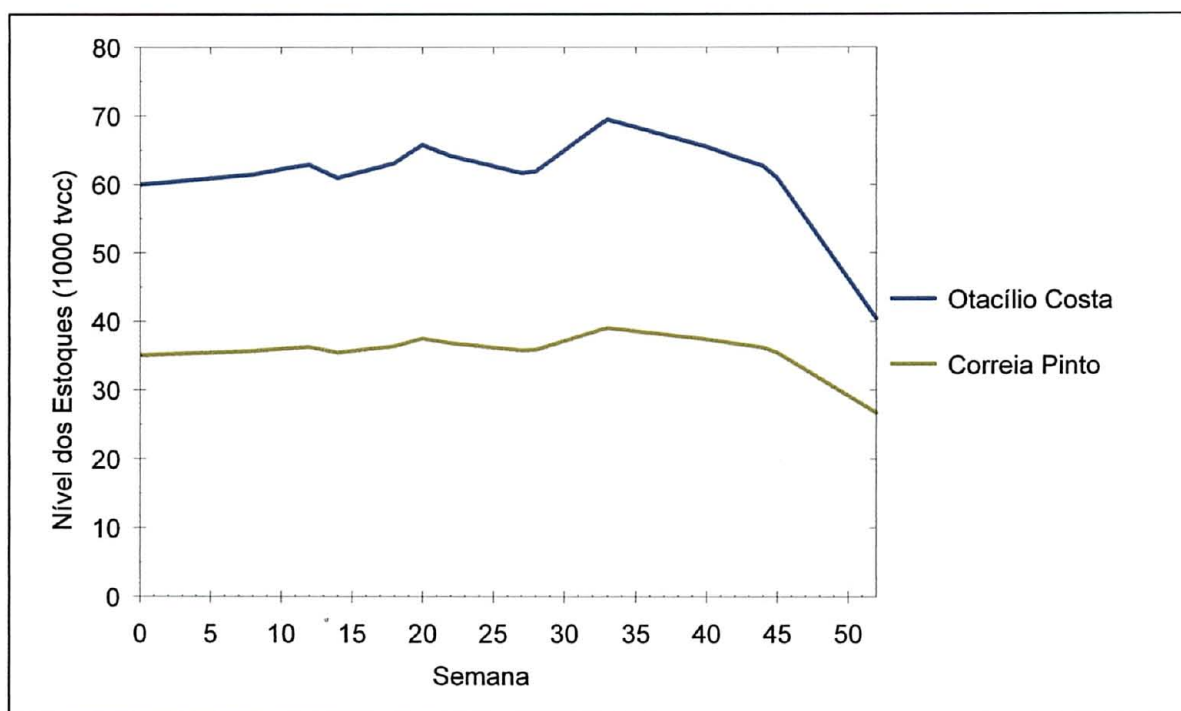
Os custos que compõem a função de avaliação e os custos adicionais são apresentados no quadro 24.

QUADRO 24 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG110

CUSTOS TOTAIS (R\$)	MADEIRA PARA PROCESSO	MADEIRA PARA COMÉRCIO	PROCESSO E COMÉRCIO
Colheita de madeira ( $Z_1$ )	16.126.906	13.576.471	29.703.377
Transporte de madeira ( $Z_2$ )	12.400.552	0	12.400.552
Estoque excedente de madeira ( $Z_3$ )	229.817	0	229.817
Referencial ( $cp_l$ )	-	-	42.333.746
Movimentação das equipes de corte ( $Z_4$ )	-	-	1.808.392
Penalidades ( $Z_5$ )	-	-	1.724.429
Avaliação (Z)	-	-	45.866.567
Colheita adicional ( $cha$ )	364.165	306.492	670.657
Transporte adicional ( $cta$ )	279.955	0	279.955
Comparação ( $ccpl$ )	-	-	43.284.358

A programação da colheita de madeira é realizada por onze equipes de corte da 1.<sup>a</sup> a 33.<sup>a</sup> semana e por dez equipes nas demais semanas do horizonte de planejamento. Na 33.<sup>a</sup> semana os estoques atingiram os patamares de 69.461 tvcc e 39.018 tvcc de madeira para processo, nas fábricas de Otacílio Costa e Correia Pinto, respectivamente. A partir da 34.<sup>a</sup> semana a produção não foi compatível com o consumo e os estoques foram reduzidos em aproximadamente 42% em Otacílio Costa e 32% em Correia Pinto até o final do horizonte de planejamento.

GRÁFICO 10 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG110



#### 4.2.2.8 AG111

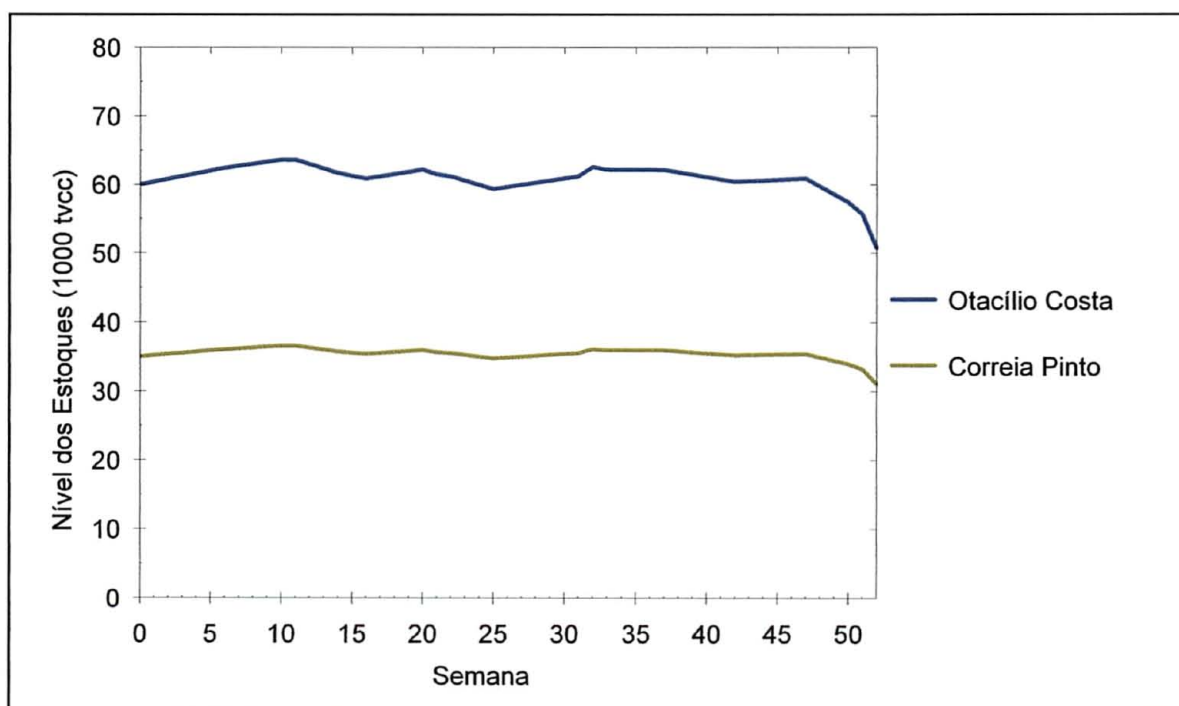
A melhor solução da variedade AG111 foi obtida na 19.<sup>a</sup> execução, sendo que o processo de evolução precisou de 24.932 gerações e levou 52 minutos. O custo de avaliação Z é igual a R\$ 43.233.285 (quadro 25) e o volume de madeira cortado é de 2.270.916 tvcc, dos quais 1.021.342 tvcc são de madeira para comércio e 1.249.574 tvcc de madeira para processo. O excedente de madeira para comércio é igual a 116.334 tvcc e o déficit de madeira para processo é de 13.142 tvcc.

QUADRO 25 – CUSTOS (R\$) DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG111

CUSTOS TOTAIS (R\$)	MADEIRA PARA PROCESSO	MADEIRA PARA COMÉRCIO	PROCESSO E COMÉRCIO
Colheita de madeira ( $Z_1$ )	16.319.440	13.338.723	29.658.163
Transporte de madeira ( $Z_2$ )	12.083.486	0	12.083.486
Estoque excedente de madeira ( $Z_3$ )	98.643	0	98.643
Referencial ( <i>cpl</i> )	-	-	41.840.292
Movimentação das equipes de corte ( $Z_4$ )	-	-	1.070.019
Penalidades ( $Z_5$ )	-	-	322.974
Avaliação ( $Z$ )	-	-	43.233.285
Colheita adicional ( <i>cha</i> )	171.635	140.434	312.069
Transporte adicional ( <i>cta</i> )	127.083	0	127.083
Comparação ( <i>ccpl</i> )	-	-	42.279.444

A falta de alocação da equipe de corte 11 nas últimas 20 semanas não comprometeu o nível dos estoques, uma vez que estes permaneceram acima do limite mínimo até a 47.<sup>a</sup> semana (gráfico 11), quando a equipe de corte 8 trocou um ponto de produção com 85% de madeira para processo por um com 30%.

GRÁFICO 11 – NÍVEL DOS ESTOQUES (tvcc) DA MADEIRA PARA PROCESSO DO AG111



### 4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS EXATO E HEURÍSTICO

As oito variedades de algoritmos genéticos foram comparadas com a solução do modelo de programação linear mediante os custos de colheita, transporte e comparação. No quadro 26 são apresentados os custos de comparação dos AGs e o custo referencial do modelo de PL.

QUADRO 26 – CUSTOS (R\$) DE COMPARAÇÃO

MODELO	CUSTOS TOTAIS (R\$)			
	COLHEITA	TRANSPORTE	ESTOQUE	COMPARAÇÃO
AG000	29.573.508	12.560.438	156.314	42.290.260
AG001	29.867.737	12.213.849	86.952	42.168.538
AG010	30.534.998	12.807.521	137.513	43.480.032
AG011	29.953.594	12.159.834	111.632	42.225.060
AG100	29.223.670	12.798.630	111.968	42.134.268
AG101	30.580.603	12.572.088	87.011	43.239.702
AG110	30.374.034	12.680.507	229.817	43.284.358
AG111	29.970.232	12.210.569	98.643	42.279.444
PL (referencial)	29.141.630	12.173.417	0	41.315.047

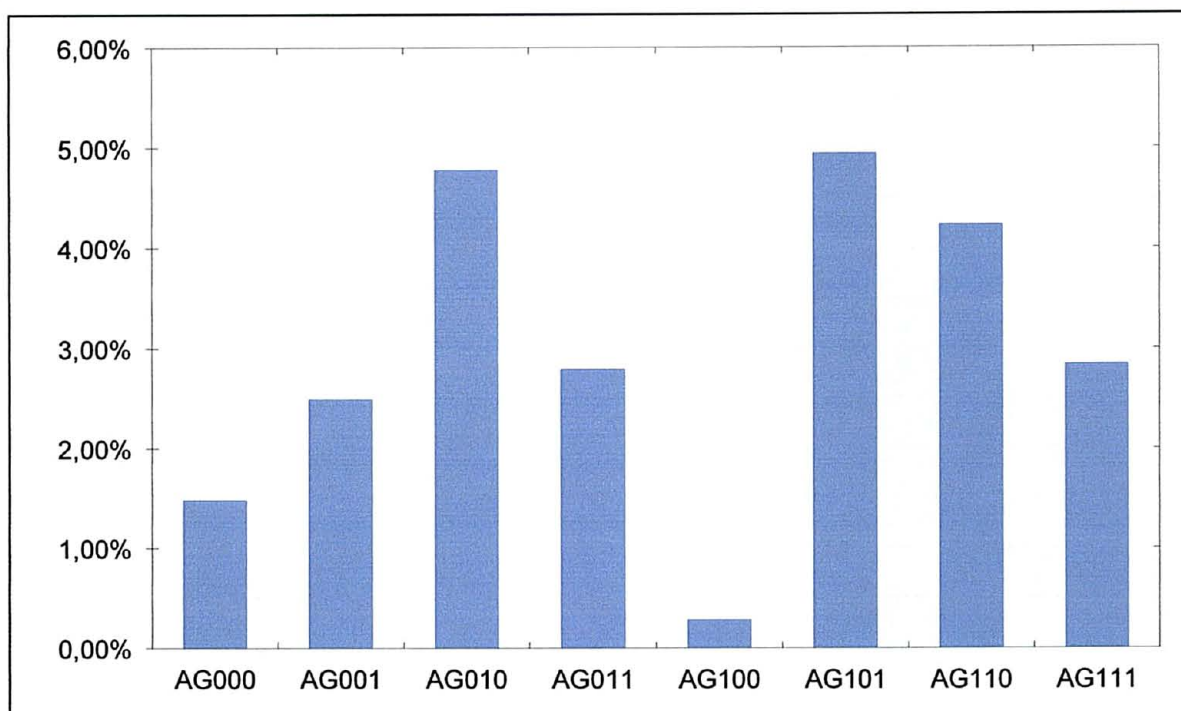
Como o volume de madeira cortado para processo e o custo unitário de colheita são os mesmos para os modelos exato e heurístico, tem-se que a diferença nos custos totais de colheita está relacionada com a produção excedente de madeira para comércio.

No gráfico 12 são apresentadas as diferenças, em porcentagem, dos custos de colheita das soluções dos algoritmos genéticos em relação a solução do modelo de PL.

As soluções das oito variedades de algoritmos genéticos produziram mais madeira para comércio do que a solução do modelo de PL. A maior produção foi obtida pela variedade AG101, que apresentou um custo de colheita 4,94% maior do que o modelo de PL. A produção mais próxima da solução do método exato foi obtida pelo AG100, cujo custo de colheita foi apenas 0,28% superior ao custo de referência.

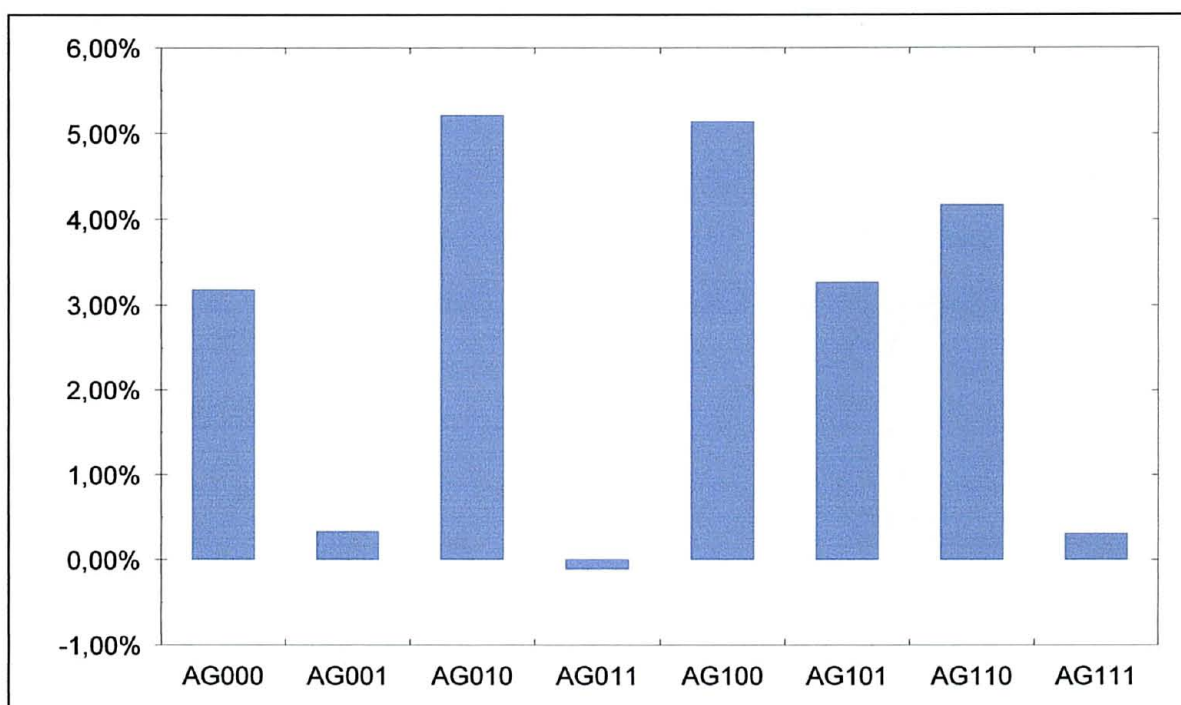


GRÁFICO 12 – DIFERENÇA (%) ENTRE OS CUSTOS DE COLHEITA DOS MÉTODOS EXATO E HEURÍSTICO



No gráfico 13 são apresentadas as diferenças, em porcentagem, dos custos de transporte das soluções dos algoritmos genéticos em relação ao custo de transporte do modelo de PL.

GRÁFICO 13 – DIFERENÇA (%) ENTRE OS CUSTOS DE TRANSPORTE DOS MÉTODOS EXATO E HEURÍSTICO

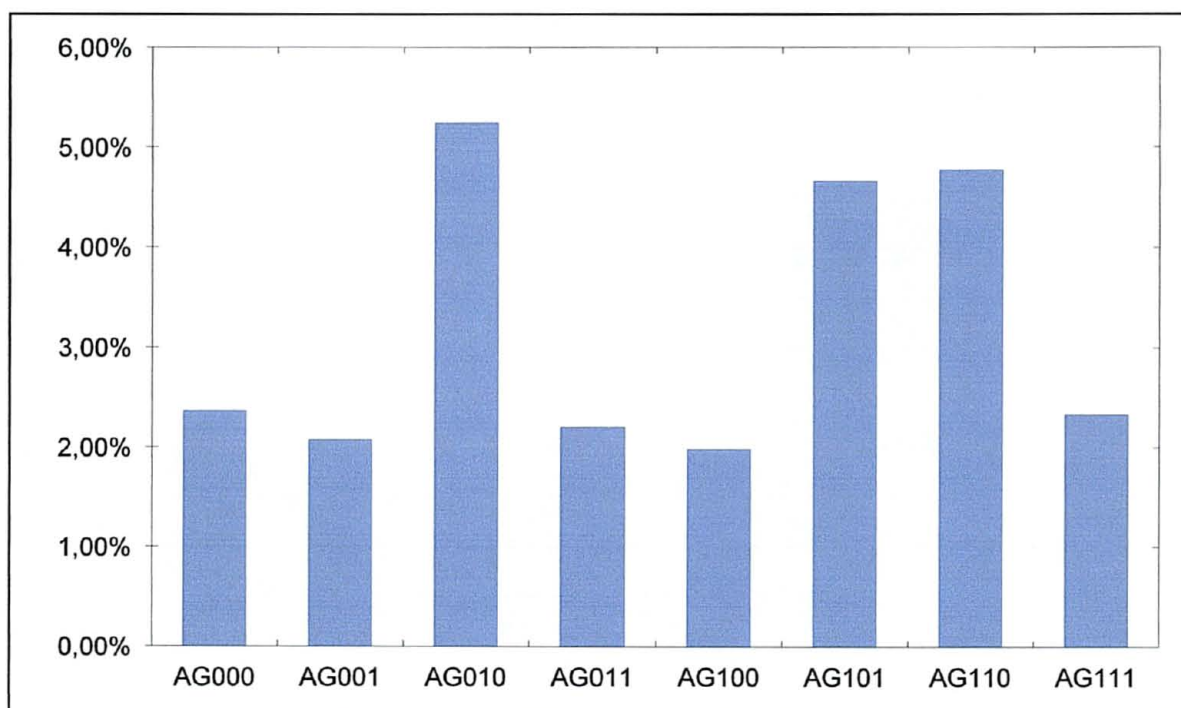


Os maiores custos de transporte foram obtidos pelas variedades AG010 e AG100, que reportaram valores 5,21% e 5,14% maiores, respectivamente, do que o custo da solução do método exato. O custo de transporte mais baixo foi obtido pelo AG011, que apresentou uma solução com um valor 0,11% inferior ao custo de referência do modelo de PL. As variedades AG001 e AG111 apresentaram soluções com custos de transporte similares ao custo da solução do método exato.

Os custos de transporte das variedades AG##1 são menores do que os custos das variedades AG##0, sendo que a maior diferença é observada entre as variedades AG010 e AG011.

No gráfico 14 são apresentadas as diferenças, em porcentagem, dos custos de comparação das soluções dos algoritmos genéticos em relação ao custo referencial do modelo de PL.

GRÁFICO 14 – DIFERENÇA (%) ENTRE OS CUSTOS DE COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS EXATO E HEURÍSTICO



O custo de comparação mais próximo da solução de PL foi apresentado pela melhor solução do AG100 e é apenas 2,0% superior ao custo referencial, contudo vale

lembrar que esta variedade apresentou o maior custo de transporte e a menor produção de madeira. O pior custo de comparação foi obtido pelo AG010, que apresentou um valor 5,2% superior ao custo referencial.

## 5 CONCLUSÕES

O pacote comercial *Extended Lingo/PC*<sup>®</sup>, versão 7.0, da *Lindo Systems*<sup>®</sup>, se mostrou incapaz de resolver o modelo de programação linear inteira mista para o problema apresentado. O suporte técnico do produto informou que, depois de 20 horas de processamento, conseguiu encontrar uma solução factível para o modelo em seus laboratórios com a versão 8.0, porém não foi capaz de detectar o problema com a versão do programa da empresa.

O modelo de programação linear relaxado retornou uma solução impraticável na atividade de colheita de madeira, pois as equipes de corte trocam constantemente de pontos de produção entre uma semana e outra. Contudo, esta solução serviu de referência para as soluções dos algoritmos genéticos.

As melhores soluções das oito variedades de algoritmos genéticos excluíram a equipe de corte 12 da programação da colheita de madeira, indicando que a capacidade produtiva disponível está acima do consumo previsto de madeira.

Os métodos exato e heurístico produziram mais madeira para comércio do que o consumo previsto durante o horizonte de planejamento. A principal razão para isto é o fato de que a proporção da demanda por madeira para processo é maior do que a proporção da oferta deste produto. Desta forma, para suprir a demanda por madeira para processo, é gerado um volume excedente de madeira para comércio.

A combinação da estratégia 2 de melhoria da solução<sup>5</sup> com a ausência da estratégia 3 resultou em duas variedades (AG#10) com soluções de baixa qualidade, uma vez que elas apresentaram os piores resultados nos seis critérios de comparação. Entretanto, o péssimo desempenho das variedades AG#10 foi compensado pelo excelente desempenho das variedades AG#11, que obtiveram na média os menores

---

<sup>5</sup> Estratégia 1 (AG1##): aplica uma penalidade quando as equipes de corte iniciam a colheita de madeira em um ponto de produção diferente da alocação inicial desejada; Estratégia 2 (AG#1#): altera a ordem dos genes para se aproximar da alocação inicial desejada; Estratégia 3 (AG##1): permite que até duas equipes de corte atuem no mesmo ponto de produção.

custos de avaliação. Desta forma, se for permitido que cada ponto de produção seja cortado por até duas equipes de corte, recomenda-se o uso das variedades AG#11. Caso contrário, recomenda-se a utilização das variedades AG#00.

As variedades implementadas com a estratégia 3 (AG##1) apresentaram custos totais de transporte inferiores aos custos das variedades AG##0. Com isto, tem-se que a estratégia 3 proporciona os maiores ganhos reais, se comparada com as outras estratégias de melhoria da solução, pois a redução nos custos de transporte reflete de forma positiva nos custos de obtenção de madeira. Entretanto é necessário permitir que até duas equipes de corte efetuem a colheita de madeira no mesmo ponto de produção.

As melhores soluções das oito variedades apresentaram custos de comparação (custos de colheita, transporte e estoque excedente de madeira) entre 2,0% e 5,2% do custo referencial do modelo de PL. Este percentual serve para mostrar a distância máxima que a solução heurística está da solução ótima, porém vale lembrar que ao incorporar as variáveis binárias ao modelo há uma tendência natural de piorar o valor da função objetivo do método exato.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Embora os algoritmos genéticos levem em consideração as variações nas produções das equipes de corte em função das características físicas (acesso, tipo de terreno, topografia) e climáticas dos pontos de produção, na presente pesquisa não foram determinadas estas relações. Com isto, pode-se estar superestimando ou subestimando a produção de madeira em parte do horizonte de planejamento. Por este motivo, torna-se interessante realizar um levantamento destas relações, pois a qualidade das soluções dos métodos de otimização depende da base de dados utilizada.

Para o problema proposto, sete das oito variedades de algoritmos genéticos excluíram parcialmente a equipe de corte 11 da programação da colheita de madeira. Se for interessante para o tomador de decisões manter determinadas equipes de corte em atividade, basta substituir o conjunto de restrições (7) pelo conjunto (27), onde a equipe de corte  $k$  deve realizar a colheita de madeira em todos os períodos do planejamento.

$$\sum_{i=1}^I Y_{ikt} = 1 \quad \forall k; \forall t \quad (27)$$

Nos métodos exato e heurístico, o custo de movimentação das equipes de corte desconsidera a distância entre os pontos de produção. Com isto, ao trocar de ponto de produção, a equipe de corte pode ser designada tanto para um local próximo quanto para um local distante do que ela estava trabalhando no período anterior. Este problema pode ser contornado de duas formas:

- a) desenvolver um conjunto de regras que considere a distância relativa entre os pontos de produção;
- b) limitar a atividade das equipes de corte nos pontos de produção distantes da alocação inicial mediante os coeficientes  $v_{ikmt}$ . Desta forma, cada equipe de corte estaria restrita a uma região de atuação.

Embora os algoritmos genéticos tenham apresentado bons resultados, seria interessante testar outros métodos heurísticos de busca e otimização, como por exemplo: *simulated annealing*, busca tabu, entre outros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCE, J. E. **Um sistema de programação do transporte principal de multiprodutos florestais visando a minimização de custos.** Curitiba, 1997. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ARCE, J. E. **Um sistema de análise, simulação e otimização do sortimento florestal em função da demanda por multiprodutos e dos custos de transporte.** Curitiba, 2000. 125 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BÄCK, T.; FOGEL, D. B. Glossary. In: BÄCK, T.; FOGEL, D. B.; MICHALEWICZ, Z. (Ed.). **Evolutionary computation 2: advanced algorithms and operators.** Bristol, UK: IOP, 2000. p. xix-xxxiv.

BANZHAF, W.; NORDIN, P.; KELLER, R. E.; FRANCONI, F. D. **Genetic programming: an introduction on the automatic evolution of computer programs and its applications.** San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1998.

BAZARAA, M. S.; JARVIS, J. J.; SHERALI, H. D. **Linear programming and network flows.** 2. ed. New York, USA: Wiley, 1990.

BERGER, R. **Minimização do custo de transporte de madeira de eucalipto no estado de São Paulo.** Piracicaba, 1975. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais Rurais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BLICKLE, T.; THIELE, L. **A comparison of selection schemes used in genetic algorithms.** 2. ed. Zurich: TIK-ETH, 1995. 65p. TIK-Report no. 11.

BOSTON, K.; BETTINGER, P. Combining tabu search and genetic algorithm heuristic techniques to solve spatial harvest scheduling problems. **Forest Science**, v. 48, n. 1, p. 35-46, 2002.

BURGER, D. H.; JAMNICK, M. S. Using linear programming to make wood procurement and distribution decisions. **The Forestry Chronicle**, v. 71, n. 1, p. 89-96, jan./fev. 1995.

CASTRO, R. E. de. **Otimização de estruturas com multi-objetivos via algoritmos genéticos.** Rio de Janeiro, 2001. 206 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DANTZIG, G. B. **Linear programming and extensions.** Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1963.

DEB, K. Encoding and decoding functions. In: BÄCK, T.; FOGEL, D. B.; MICHALEWICZ, Z. (Ed.). **Evolutionary computation 2: advanced algorithms and operators.** Bristol, UK: IOP, 2000. p. 4-11.

FALCÃO, A. O.; BORGES, J. G. Designing an evolution program for solving integer forest management scheduling models: an application in Portugal. **Forest Science**, v. 47, n. 2, p. 158-168, 2001.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos.** Rio de Janeiro: Campus, 2000.

GOLDBERG, D. E. **Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1989.

GUNN, E. A. Some aspects of hierarchical production planning in forest management. In: SYMPOSIUM ON SYSTEMS ANALYSIS IN FOREST RESOURCES, 1991, Charleston, South Carolina. **Proceedings...** Asheville, NC: USDA, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, 1991. p. 54-62.

GUNN, E. A.; RAI, A. K. Modelling and decomposition for planning long-term forest harvesting in an integrated industry structure. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 17, p. 1507-1518, 1987.

KNOSALA, R.; WAL, T. A production scheduling problem using genetic algorithm. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 109, p. 90-95, 2001.

KOZA, J. R. **Genetic programming: on the programming of computers by means of natural selection**. Cambridge, MA: MIT, 1992.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. da S. Planejamento. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 169-213.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos Sistemas de Colheita de Pinus na Região Sul do Brasil**. Curitiba, PR: FUPEF, 1998.

McDILL, M. E; BRAZE, J. Using the branch and bound algorithm to solve forest planning problems with adjacency constraints. **Forest Science**, v. 47, n. 3, p. 403-418, 2001.

MITAL, K. V. **Optimization methods in operations research and systems analysis**. 2. ed. New Delhi, India: Wiley Eastern, 1983.

MITCHELL, M. **An introduction to genetic algorithms**. Cambridge, MA: MIT, 1996.

OBORN, R. M. R. A mixed-integer programming model for tactical forest operations planning. In: JOINT MEETING OF THE COUNCIL ON FOREST ENGINEERING AND INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATIONS, 1996, Marquette, Michigan. **Proceedings...** St. Paul, MN: USDA, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, 1996, p. 201-211.

PALANDER, T. S. A dynamic analysis of interest rate and logging factors in reducing saw timber procurement costs. **Journal of Forest Engineering**, v. 7, n. 1, p. 29-40, jul. 1995.

PUCCINI, A. de L.; PIZZOLATO, N. D. **Programação linear**. 2. ed. Rio de Janeiro: Lamgraf, 1990.

REEVES, C. R. A genetic algorithm for flowshop sequencing. **Computers and Operations Research**, n. 22, p. 5-13, 1995.

ROBAK, E. W. T. Integrated forest management system (IFMS) designs for north american forest product companies. In: JOINT MEETING OF THE COUNCIL ON FOREST ENGINEERING AND INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATIONS, 1996, Marquette, Michigan. **Proceedings...** St. Paul, MN: USDA, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, 1996, p. 246-255.

ROGERS, A.; PRÜGEL-BENNETT, A. Modelling the dynamics of a steady state genetic algorithm. In: BANZHAF, W.; REEVES, C. (Ed.). **Foundations of Genetic Algorithms 5**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1999. p. 57-68.



SALKIN, H. M. **Integer programming**. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1975.

SCHRIJVER, A. **Theory of linear and integer programming**. Chichester, England: Wiley, 1998.

SMITH, A. E.; COIT, D. W. Penalty functions. In: BÄCK, T.; FOGEL, D. B.; MICHALEWICZ, Z. (Ed.). **Evolutionary computation 2: advanced algorithms and operators**. Bristol, UK: IOP, 2000. p. 41-48.

STARKWEATHER, T.; McDANIEL, S.; MATHIAS, K.; WHITLEY, D.; WHITLEY, C. A comparison of genetic sequencing operators. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GENETIC ALGORITHMS, 1991. **Proceedings...** Los Altos, CA: Morgan Kaufmann, 1991. p. 69-76.

TUSON, A. L. **Adapting operator probabilities in genetic algorithms**. Edinburgh, 1995. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Department of Artificial Intelligence, University of Edinburgh.

VAVAK, F.; FOGARTY, T. C. Comparison of steady-state and generational genetic algorithms for use in nonstationary environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EVOLUTIONARY COMPUTATION, 1996. **Proceedings...** New York, NY: IEEE, 1996. p. 192-195.

VIANA, G. V. R. **Meta-heurísticas e programação paralela em otimização combinatória**. Fortaleza: EUFC, 1998.

WANG, L. Optimal operation planning for integrated forest harvesting and transport operations from the forest to the mill. **Journal of Forest Engineering**, v. 6, n. 1, p. 15-22, jul. 1994.

WEINTRAUB, A.; GUITART, S.; KOHN, V. Strategic planning in forest industries. **European Journal of Operational Research**, v. 24, p. 152-162, 1986.

WEINTRAUB, A.; JONES, G.; MAGENDZO, A.; MEACHAM, M.; KIRBY, M. A heuristic system to solve mixed integer forest planning models. **Operations Research**, v. 42, n. 6, p. 1010-1024, nov./dez. 1994.

WILLIAMSON, G.; NIEUWENHUIS, M. Integrated timber allocation and transportation planning in Ireland. **Journal of Forest Engineering**, v. 5, n. 1, p. 7-15, jul. 1993.

WHITLEY, D. L.; YOO, N.-W. Modeling simple genetic algorithms for permutation problems. In: WHITLEY, D. L.; VOSE, M. D. (Ed.). **Foundations of genetic algorithms 3**. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1995. p. 163-184.

ZIONTS, S. **Linear and integer programming**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1974.

## **APÊNDICE 1 – DESCRIÇÃO DO ALGORITMO DE TRANSPORTE**

A formulação do modelo de transporte foi apresentada pela primeira vez, em 1941, por Frank L. Hitchcock, juntamente com um método construtivo para encontrar soluções iniciais. Em 1947, Tjalling C. Koopmans, apresentou seu artigo histórico sobre problemas de transporte baseado em experiências da 2.<sup>a</sup> Guerra Mundial. Devido ao trabalho destes dois pesquisadores, o caso clássico é freqüentemente conhecido como Problema de Transporte de Hitchcock-Koopmans (DANTZIG, 1963, p. 299-300).

O modelo de transporte pode ser apresentado da seguinte forma:

$$\min CT = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J c_{ij} \cdot x_{ij} \quad (28)$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^J x_{ij} = a_i \quad \forall i \quad (29)$$

$$\sum_{i=1}^I x_{ij} = b_j \quad \forall j \quad (30)$$

$$\sum_{i=1}^I a_i = \sum_{j=1}^J b_j \quad (31)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i, \forall j$$

onde  $c_{ij}$  é o custo de transporte entre a origem (ponto de produção)  $i$  e o destino (fábrica)  $j$ ;  $x_{ij}$  é a variável de decisão e representa a quantidade a ser transportada entre a origem  $i$  e o destino  $j$ ;  $a_i$  é a oferta na origem  $i$ ; e  $b_j$  representa a demanda no destino  $j$ .

Assumindo que a oferta total é igual a demanda total (31), tem-se que uma das restrições de oferta (29) ou demanda (30) é redundante, ou seja, pode ser gerada por uma combinação linear de  $I + J - 1$  outras expressões independentes. Por exemplo, na expressão (32) a primeira das restrições de oferta ( $i = 1$ ) é igual a soma das  $J$  restrições de demanda menos a soma das restrições de oferta remanescentes ( $i = 2, \dots, I$ ). Desta forma, o sistema de equações do modelo de transporte tem  $I + J - 1$

variáveis básicas (ZIONTS, 1974, p. 219).

$$a_1 = \sum_{j=1}^J b_j - \sum_{i=2}^I a_i \quad (32)$$

MITAL (1983, p. 104) e PUCCINI e PIZZOLATO (1990, p. 110) comentam que o problema de transporte pode ser resolvido pelo método simplex, mas devido a sua estrutura ( $I+J-1$  variáveis básicas) é preferível utilizar um algoritmo especial, denominado de algoritmo de transporte. DANTZIG<sup>6</sup>, citado por DANTZIG (1963, p. 300), especializou o método simplex para o algoritmo de transporte.

Segundo BAZARAA et al. (1990, p. 486), os passos do algoritmo de transporte são:

1. encontrar uma solução básica factível inicial;
2. verificar se a solução presente é ótima. Parar se verdadeiro, caso contrário selecionar a variável que entra na base;
3. determinar a variável que sai da base;
4. obter uma nova solução básica factível e repetir o passo 2.

Para a aplicação do algoritmo de transporte é necessário que os coeficientes, as variáveis e as restrições do modelo de transporte sejam representados por meio de um quadro de transporte (quadro 27). O custo de transporte é apresentado no canto superior esquerdo de cada célula e as variáveis no canto inferior direito.

QUADRO 27 – EXEMPLO DE UM QUADRO DE TRANSPORTE

Índice		Fábrica (j)				Oferta
		1	2	3	4	
Ponto de produção (i)	1	$c_{11}$ $x_{11}$	$c_{12}$ $x_{12}$	$c_{13}$ $x_{13}$	$c_{14}$ $x_{14}$	$a_1$
	2	$c_{21}$ $x_{21}$	$c_{22}$ $x_{22}$	$c_{23}$ $x_{23}$	$c_{24}$ $x_{24}$	$a_2$
	3	$c_{31}$ $x_{31}$	$c_{32}$ $x_{32}$	$c_{33}$ $x_{33}$	$c_{34}$ $x_{34}$	$a_3$
Demanda		$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	

<sup>6</sup> DANTZIG, G. B. Application of the Simplex method to a transportation problem. In: KOOPMANS, T. C. (Ed.). **Activity analysis of production and allocation**. New York: John Wiley & Sons, 1951, p. 359-373.

Com a finalidade de encontrar uma solução básica factível inicial, três métodos são freqüentemente utilizados: a regra do canto noroeste, o processo do custo mínimo e o método de aproximação de Vogel.

O processo do custo mínimo e o método de aproximação de Vogel dependem dos custos de transporte ( $c_{ij}$ ), da oferta nos pontos de produção ( $a_i$ ) e da demanda nas fábricas ( $b_j$ ). Na regra do canto noroeste não são considerados os custos de transporte, ou seja, o método depende exclusivamente da oferta nas origens e da demanda nos destinos. Com isto, geralmente a regra do canto noroeste não fornece uma solução básica factível inicial tão próxima da solução ótima quanto os métodos do custo mínimo e de Vogel (PUCCINI e PIZZOLATO, 1990, p. 117-121), porém ela é a mais fácil de ser implementada computacionalmente (ARCE, 1997, p. 39). Por este motivo, na presente pesquisa foi utilizada a regra do canto noroeste.

De acordo com ZIONTS (1974, p. 222), os passos da regra do canto noroeste são:

1. seleccionar a variável do canto noroeste do quadro de transporte. Estabelecer que o valor da variável  $x_{ij}$  é o mínimo entre a oferta  $\hat{a}_i$  e a demanda  $\hat{b}_j$ ,  $x_{ij} = \min\{\hat{a}_i, \hat{b}_j\}$ . Se o menor valor for zero, estabelecer  $x_{ij}$  como variável básica com valor zero;
2. substituir a oferta  $\hat{a}_i$  por  $\hat{a}_i - x_{ij}$  e a demanda  $\hat{b}_j$  por  $\hat{b}_j - x_{ij}$ . Excluir a linha ou a coluna que ficar com valor de oferta ( $\hat{a}_i = 0$ ) ou demanda ( $\hat{b}_j = 0$ ) igual a zero, respectivamente. Se a oferta e a demanda ficarem com valor zero, excluir a linha ou a coluna;
3. quando todas as ofertas  $\hat{a}_i$  ou demandas  $\hat{b}_j$  tiverem sido exauridas ou satisfeitas, respectivamente, parar; caso contrário, ir para o passo 1.

A seguir é dado um exemplo da aplicação da regra do canto noroeste. Considere uma situação com três pontos de produção ( $I=3$ ) e quatro fábricas ( $J=4$ ). As constantes do problema são fornecidas no quadro 28.

QUADRO 28 – EXEMPLO NUMÉRICO

		Fábrica (j)				Oferta
		1	2	3	4	
Ponto de produção (i)	1	9 $x_{11}$	10 $x_{12}$	4 $x_{13}$	7 $x_{14}$	10
	2	4 $x_{21}$	8 $x_{22}$	12 $x_{23}$	1 $x_{24}$	17
	3	7 $x_{31}$	9 $x_{32}$	7 $x_{33}$	3 $x_{34}$	18
Demanda		15	12	8	10	

O primeiro passo é estabelecer  $x_{11} = \min\{10, 15\} = 10$ . Atualizando-se a oferta  $\hat{a}_1$  e a demanda  $\hat{b}_1$ , obtém-se  $\hat{a}_1 = 10 - 10 = 0$  e  $\hat{b}_1 = 15 - 10 = 5$ . Como a oferta  $\hat{a}_1$  foi exaurida, a primeira linha ( $i=1$ ) do quadro de transporte é excluída do procedimento.

Como existem ofertas ou demandas maiores do que zero, volta-se ao passo 1 e seleciona-se a variável, do canto noroeste,  $x_{21}$ . Estabelece-se  $x_{21} = \min\{17, 5\} = 5$  e atualiza-se  $\hat{a}_2 = 17 - 5 = 12$  e  $\hat{b}_1 = 5 - 5 = 0$ . Como a demanda  $\hat{b}_1$  foi satisfeita, elimina-se do procedimento a primeira coluna ( $j=1$ ) do quadro de transporte.

Retorna-se ao passo 1, seleciona-se a variável  $x_{22}$  e estabelece-se  $x_{22} = \min\{12, 12\} = 12$ . Com isto, obtém-se  $\hat{a}_2 = 12 - 12 = 0$  e  $\hat{b}_2 = 12 - 12 = 0$ . Como  $\hat{a}_2$  e  $\hat{b}_2$  ficaram com valor zero, pode-se eliminar tanto a segunda linha quanto a segunda coluna. Neste caso, eliminou-se do procedimento a segunda coluna ( $j=2$ ) do quadro de transporte.

Seleciona-se a variável  $x_{23}$  e estabelece-se  $x_{23} = \min\{0, 8\} = 0$ . Com isto, obtém-se uma variável básica com valor zero. Como a oferta  $\hat{a}_2$  foi exaurida anteriormente, elimina-se do procedimento a segunda linha ( $i=2$ ) do quadro de transporte.

Seleciona-se a variável  $x_{33}$ , estabelece-se  $x_{33} = \min\{18, 8\} = 8$ , atualiza-se  $\hat{a}_3 = 18 - 8 = 10$  e  $\hat{b}_3 = 8 - 8 = 0$ , e exclui-se do procedimento a terceira coluna ( $j=3$ ) do quadro de transporte.

Seleciona-se a variável  $x_{34}$ , estabelece-se  $x_{34} = \min\{10, 10\} = 10$ , atualiza-se  $\hat{a}_3 = 10 - 10 = 0$  e  $\hat{b}_4 = 10 - 10 = 0$ , e encerra-se o procedimento, pois as ofertas foram

exauridas e a demandas satisfeitas.

A solução básica factível inicial obtida pela regra do canto noroeste é apresentada no quadro 29. Como a variável básica  $x_{23}$  possui valor zero, tem-se que a presente solução é degenerada. Segundo ARCE (1997, p. 45), a degeneração não requer precauções especiais, ou seja, a variável degenerada deve ser considerada como qualquer outra variável básica.

As seis  $(I+J-1)$  variáveis básicas são  $x_{11}=10$ ,  $x_{21}=5$ ,  $x_{22}=12$ ,  $x_{23}=0$ ,  $x_{33}=8$  e  $x_{34}=10$ . As células em branco são variáveis não-básicas e possuem valor zero.

QUADRO 29 – EXEMPLO DE SOLUÇÃO BÁSICA FACTÍVEL INICIAL

Índice		Fábrica (j)				Oferta
		1	2	3	4	
Ponto de produção (i)	1	9	10	4	7	10
	2	4	8	12	1	17
	3	7	9	7	3	18
Demanda		15	12	8	10	

O custo de transporte é obtido pela substituição dos valores das variáveis na função objetivo (28). Desta forma, tem-se o seguinte custo de transporte:

$$CT = 9 \cdot 10 + 10 \cdot 0 + 4 \cdot 0 + 7 \cdot 0 + 4 \cdot 5 + 8 \cdot 12 + 12 \cdot 0 + 1 \cdot 0 + 7 \cdot 0 + 9 \cdot 0 + 7 \cdot 8 + 3 \cdot 10$$

$$CT = 292$$

O segundo passo do algoritmo de transporte, uma vez que a solução básica factível inicial foi encontrada, é determinar se a presente solução é ótima. Com este objetivo, é aplicado o método  $(u_i, v_j)$ , que visa obter a função objetivo em função das variáveis não-básicas. Neste método, são associados os multiplicadores  $u_i$  com as restrições de oferta e  $v_j$  com as restrições de demanda do modelo de transporte (PUCCINI; PIZZOLATO, 1990, p. 121-122).

ZIONTS (1974, p. 221), BAZARAA (1990, p. 489) e GOLDBARG e LUNA (2000, p. 336) descrevem o método  $(u_i, v_j)$  como método das variáveis duais.

De acordo com PUCCINI e PIZZOLATO (1990, p. 122), para cada uma das  $(I + J - 1)$  variáveis básicas, da solução factível básica, deve-se ter:

$$c_{ij} - u_i - v_j = 0$$

Este sistema possui  $(I + J - 1)$  equações com  $(I + J)$  incógnitas. Com isto, os valores dos multiplicadores podem ser determinados atribuindo um valor arbitrário para uma das incógnitas e resolvendo as  $(I + J - 1)$  equações.

Segundo ZIONTS (1974, p. 221), para que uma solução seja ótima, os custos reduzidos ( $cr_{ij}$ ) de todas as variáveis não-básicas não podem ser negativos:

$$cr_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j \geq 0$$

Se existir um custo reduzido negativo, ou seja,  $cr_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j < 0$ , então a variável não-básica correspondente deve entrar na base para reduzir o valor da função objetivo.

Aplicando o método  $(u_i, v_j)$  à solução básica factível inicial (quadro 29), obtém-se as seguintes equações associadas às variáveis básicas:

$$\begin{aligned} x_{11} : 9 - u_1 - v_1 &= 0 \\ x_{21} : 4 - u_2 - v_1 &= 0 \\ x_{22} : 8 - u_2 - v_2 &= 0 \\ x_{23} : 12 - u_2 - v_3 &= 0 \\ x_{33} : 7 - u_3 - v_3 &= 0 \\ x_{34} : 3 - u_3 - v_4 &= 0 \end{aligned} \tag{33}$$

Fazendo o multiplicador  $u_1 = 0$  e resolvendo o conjunto de equações (33), os valores dos demais multiplicadores são sucessivamente  $v_1 = 9$ ,  $u_2 = -5$ ,  $v_2 = 13$ ,  $v_3 = 17$ ,  $u_3 = -10$  e  $v_4 = 13$ . Os custos reduzidos correspondentes às variáveis não-básicas são obtidos pelas equações:

$$\begin{aligned} x_{12} : cr_{12} &= c_{12} - u_1 - v_2 = 10 - 0 - 13 = -3 \\ x_{13} : cr_{13} &= c_{13} - u_1 - v_3 = 4 - 0 - 17 = \boxed{-13} \\ x_{14} : cr_{14} &= c_{14} - u_1 - v_4 = 7 - 0 - 13 = -6 \\ x_{24} : cr_{24} &= c_{24} - u_2 - v_4 = 1 - (-5) - 13 = -7 \\ x_{31} : cr_{31} &= c_{31} - u_3 - v_1 = 7 - (-10) - 9 = 8 \end{aligned}$$



$$x_{32} : cr_{32} = c_{32} - u_3 - v_2 = 9 - (-10) - 13 = 6$$

Como existem custos reduzidos negativos ( $cr_{ij} < 0$ ) associados às variáveis não-básicas, tem-se que a presente solução não é ótima. Desta forma, seleciona-se a variável  $x_{13}$ , que possui o custo reduzido mais negativo, para entrar na base.

O terceiro passo do algoritmo de transporte é determinar a variável que sai da base em função da variável que entra na base. Para isto, ZIONTS (1974, p. 226) apresenta três passos:

1. encontrar o conjunto de variáveis básicas que formem um ciclo único, mediante uma série de movimentos alternados, horizontais e verticais, que comecem e terminem na variável que entra na base. Nenhuma variável básica pode participar do ciclo mais de uma vez;
2. rotular a variável que entra na base com o sinal “+” e alternadamente rotular as variáveis básicas do ciclo com os sinais de “-” e “+”;
3. escolher a variável básica rotulada com o sinal “-” que possui a menor quantidade de produto. Adicionar esta quantidade de produto às células com sinal “+” e subtrair das células com sinal “-”. A célula com sinal “-” que possuía a menor quantidade de produto passa a ter valor zero e sai da base.

O algoritmo do ciclo único, desenvolvido na presente pesquisa, é fundamentado na definição apresentada por MITAL (1983, p. 115), que estabelece que o conjunto de variáveis básicas, no quadro de transporte, constitui o ciclo único quando em todas as linhas ou colunas [sic] do quadro<sup>7</sup>, o número de variáveis básicas pertencentes ao ciclo for zero ou dois.

Conforme descrito anteriormente (pág. 37), o algoritmo proposto possui os seguintes passos:

1. marcar todas as variáveis básicas e a variável que entra na base como pertencentes ao ciclo único;

---

<sup>7</sup> A afirmação correta deve ser “em todas as linhas e colunas do quadro”

2. para cada linha do quadro de transporte, contar o número de variáveis pertencentes ao ciclo único;
3. se a linha tiver apenas uma variável pertencente ao ciclo único, excluir a variável do ciclo único e marcar que a linha foi avaliada;
4. para cada coluna do quadro de transporte, contar o número de variáveis pertencentes ao ciclo único;
5. se a coluna tiver apenas uma variável pertencente ao ciclo único, excluir a variável do ciclo único e marcar que a coluna foi avaliada;
6. se o número de variáveis, em cada uma das linhas e em cada uma das colunas, pertencentes ao ciclo único for zero ou dois, parar; caso contrário, voltar ao passo 2.

Aplicando o primeiro passo do algoritmo do ciclo único à solução básica factível inicial (quadro 29) e considerando que a variável  $x_{13}$  entra na base, obtém-se o conjunto inicial de variáveis que podem pertencer ao ciclo único (quadro 30). As variáveis básicas e a variável que entra na base são representadas pelos símbolos  $\Phi$  e  $\Phi^+$ , respectivamente. Os símbolos são apresentados no canto superior direito das células.

QUADRO 30 – CONJUNTO INICIAL DE VARIÁVEIS NO CICLO ÚNICO

Índice		Fábrica (j)				Oferta
		1	2	3	4	
Ponto de produção (i)	1	9 $\Phi$	10	4 $\Phi^+$	7	10
		10				
	2	4 $\Phi$	8 $\Phi$	12 $\Phi$	1	17
		5	12	0		
	3	7	9	7 $\Phi$	3 $\Phi$	18
				8	10	
Demanda		15	12	8	10	

O segundo passo do algoritmo tem por objetivo contar o número de variáveis pertencentes ao ciclo único em cada linha do quadro de transporte (quadro 31). Como as linhas 1, 2 e 3 possuem 2, 3 e 2 variáveis pertencentes ao ciclo único, respectivamente, nenhuma ação é tomada.

QUADRO 31 – 1.ª ITERAÇÃO DO ALGORITMO DO CICLO ÚNICO – VERIFICAR LINHAS

	1	2	3	4	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=2$
2	$\Phi$	$\Phi$	$\Phi$		
3			$\Phi$	$\Phi$	

	1	2	3	4	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=3$
2	$\Phi$	$\Phi$	$\Phi$		
3			$\Phi$	$\Phi$	

	1	2	3	4	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=2$
2	$\Phi$	$\Phi$	$\Phi$		
3			$\Phi$	$\Phi$	

Ao contar o número de variáveis pertencentes ao ciclo único em cada coluna do quadro de transporte (quadro 32), verifica-se que as colunas 1, 2, 3 e 4 possuem 2, 1, 3 e 1 variáveis no ciclo único, respectivamente. As variáveis das colunas 2 e 4 são excluídas do ciclo e as colunas são marcadas como avaliadas (\*).

QUADRO 32 – 1.ª ITERAÇÃO DO ALGORITMO DO CICLO ÚNICO – VERIFICAR COLUNAS

	1	2	3	4	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=2$
2	$\Phi$	$\Phi$	$\Phi$		
3			$\Phi$	$\Phi$	

	1	2*	3	4	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=1$
2	$\Phi$	$(\Phi)$	$\Phi$		
3			$\Phi$	$\Phi$	

	1	2*	3	4	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=3$
2	$\Phi$		$\Phi$		
3			$\Phi$	$\Phi$	

	1	2*	3	4*	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=1$
2	$\Phi$		$\Phi$		
3			$\Phi$	$(\Phi)$	

O quadro 33 apresenta o quadro de transporte com o ciclo único após a primeira iteração do algoritmo.

QUADRO 33 – CONJUNTO DE VARIÁVEIS NO CICLO ÚNICO APÓS A PRIMEIRA ITERAÇÃO

Índice		Fábrica (j)				Oferta
		1	2	3	4	
Ponto de produção (i)	1	9   $\Phi$ <b>10</b>	10	4   $\Phi^+$	7	10
	2	4   $\Phi$ <b>5</b>	8   <b>12</b>	12   $\Phi$ <b>0</b>	1	17
	3	7	9	7   $\Phi$ <b>8</b>	3   <b>10</b>	18
Demanda		15	12	8	10	

Uma vez que a condição apresentada no sexto passo não foi satisfeita, retorna-se ao segundo passo. As duas primeiras linhas possuem duas variáveis e a terceira linha possui uma variável no ciclo único. A variável da terceira linha é excluída do ciclo e a linha é marcada como avaliada (quadro 34).

QUADRO 34 – 2.<sup>a</sup> ITERAÇÃO DO ALGORITMO DO CICLO ÚNICO – VERIFICAR LINHAS

	1	2*	3	4*	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=2$
2	$\Phi$		$\Phi$		
3			$\Phi$		

	1	2*	3	4*	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=2$
2	$\Phi$		$\Phi$		
3			$\Phi$		

	1	2*	3	4*	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=1$
2	$\Phi$		$\Phi$		
3*			$(\Phi)$		

Tanto a primeira quanto a terceira coluna possuem duas variáveis no ciclo único (quadro 35), então nenhuma variável é excluída do ciclo no quinto passo da segunda iteração. As colunas 2 e 4 não são verificadas porque já foram marcadas como avaliadas.

QUADRO 35 – 2.<sup>a</sup> ITERAÇÃO DO ALGORITMO DO CICLO ÚNICO – VERIFICAR COLUNAS

	1	2*	3	4*	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=2$
2	$\Phi$		$\Phi$		
3*					

	1	2*	3	4*	
1	$\Phi$		$\Phi^+$		$\Phi=2$
2	$\Phi$		$\Phi$		
3*					

Como o número de variáveis nas linhas e nas colunas é igual a zero ou dois, encerra-se a execução do algoritmo do ciclo único. Desta forma, tem-se que as variáveis  $x_{11}$ ,  $x_{21}$ ,  $x_{23}$  e  $x_{13}$  pertencem ao ciclo único (quadro 36).

QUADRO 36 – CICLO ÚNICO

Índice		Fábrica (j)				Oferta
		1	2	3	4	
Ponto de produção (i)	1	9 $\Phi$ 10	10	4 $\Phi^+$	7	10
	2	4 $\Phi$ 5	8 12	12 $\Phi$ 0	1	17
	3	7	9	7 8	3 10	18
Demanda		15	12	8	10	

O segundo passo para definir a variável que sai da base, uma vez que o ciclo único foi encontrado, é rotular a variável que entra na base com o sinal “+” e as variáveis básicas com os sinais “-” e “+”, alternadamente. Conforme apresentado no quadro 37, os sinais “-” e “+” são localizados no canto inferior esquerdo das células.

QUADRO 37 – VALOR DAS VARIÁVEIS BÁSICAS DO CICLO ÚNICO

		Fábrica (j)				Oferta		
		1	2	3	4			
Ponto de produção (i)	1	9	$\Phi$	10	4	$\Phi^+$	7	10
		-	10		+	$x_{13}$		
	2	4	$\Phi$	8	12	$\Phi$	1	17
		+	5	12	-	0		
	3	7		9	7		3	18
						8	10	
Demanda		15	12	8		10		

Entre as variáveis que possuem o sinal “-”, seleciona-se a que possui o menor valor para sair da base. Este valor é adicionado às variáveis com o sinal “+” e subtraído das variáveis com o sinal “-”. Como o menor valor das variáveis com o sinal “-” é igual a zero, não é necessário efetuar as operações de adição e subtração, porém a variável  $x_{23}$  sai da base. A segunda solução básica factível é apresentada no quadro 38 e seu custo de transporte é \$292.

QUADRO 38 – SEGUNDA SOLUÇÃO BÁSICA FACTÍVEL

		Fábrica (j)				Oferta			
		1	2	3	4				
Ponto de produção (i)	1	9	$\Phi$	10	4	$\Phi$	7	10	
		-	10		+	0			
	2	4	$\Phi$	8	$\Phi$	12	1	17	
		+	5	-	12				
	3	7		9	$\Phi^+$	7	$\Phi$	3	18
				+	$x_{32}$	-	8	10	
Demanda		15	12	8		10			

O próximo passo do algoritmo de transporte é verificar se a solução presente (quadro 38) é ótima. Aplicando o método  $(u_i, v_j)$ , obtém-se os custos reduzidos das variáveis não-básicas:  $cr_{12} = -3$ ,  $cr_{14} = 7$ ,  $cr_{23} = 13$ ,  $cr_{24} = 6$ ,  $cr_{31} = -5$  e  $cr_{32} = -7$ . Como

o custo reduzido  $c_{32}$  é o mais negativo, a variável não-básica  $x_{32}$  deve entrar na base para melhorar a solução.

Executando o algoritmo do ciclo único e rotulando as variáveis pertencentes ao ciclo com os sinais de “+” e “-” (quadro 38), verifica-se que a variável  $x_{33}$ , que possui o menor valor entre as variáveis com o sinal “-”, deve sair da base. A nova solução básica factível é apresentada no quadro 39. O custo de transporte associado é \$236.

QUADRO 39 – TERCEIRA SOLUÇÃO BÁSICA FACTÍVEL

Índice		Fábrica (j)				Oferta		
		1	2	3	4			
Ponto de produção (i)	1	9	$\Phi$	10	$\Phi^+$	4	7	10
		-	2	+	$x_{12}$	8		
	2	4	$\Phi$	8	$\Phi$	12	1	17
		+	13	-	4			
	3	7		9		7	3	18
					8		10	
Demanda		15	12	8	10			

Aplicando o método  $(u_i, v_j)$  à solução presente (quadro 39), obtém-se os custos reduzidos das variáveis não-básicas:  $cr_{12} = -3$ ,  $cr_{14} = 0$ ,  $cr_{23} = 13$ ,  $cr_{24} = -1$ ,  $cr_{31} = 2$  e  $cr_{33} = 7$ . Como o custo reduzido  $cr_{12}$  é o mais negativo, a variável não-básica  $x_{12}$  deve entrar na base.

Uma vez determinado o ciclo único e rotulados os sinais de “+” e “-” (quadro 39), verifica-se que a variável  $x_{11}$  deve sair da base. A quarta solução básica factível é apresentada no quadro 40.

QUADRO 40 – QUARTA SOLUÇÃO BÁSICA FACTÍVEL

Índice		Fábrica (j)				Oferta	
		1	2	3	4		
Ponto de produção (i)	1	9	10	4	7	10	
			2	8			
	2	4	8	$\Phi$	12	1	17
			15	-	2	+	
	3	7	9	$\Phi$	7	3	18
				+	8	-	
Demanda		15	12	8	10		

Para a quarta solução básica factível, os custos reduzidos das variáveis não-básicas são:  $cr_{11} = 3$ ,  $cr_{14} = 3$ ,  $cr_{23} = 10$ ,  $cr_{24} = -1$ ,  $cr_{31} = 2$  e  $cr_{33} = 4$ . Tendo que o custo reduzido  $cr_{24}$  é negativo, então a solução presente não é ótima. Conseqüentemente a variável  $x_{24}$  deve entrar na base. O terceiro passo do algoritmo de transporte determina que a variável  $x_{22}$  (quadro 40) deve sair da base. A nova solução básica factível é apresentada no quadro 41.

QUADRO 41 – QUINTA SOLUÇÃO BÁSICA FACTÍVEL (SOLUÇÃO ÓTIMA)

		Fábrica (j)				Oferta
		1	2	3	4	
Ponto de produção (i)	1	9	10	4	7	10
			2	8		
	2	4	8	12	1	17
		15			2	
	3	7	9	7	3	18
			10		8	
Demanda		15	12	8	10	

Aplicando o método  $(u_i, v_j)$  à quinta solução básica factível (quadro 41), obtém-se os custos reduzidos das variáveis não-básicas:  $cr_{11} = 2$ ,  $cr_{14} = 3$ ,  $cr_{22} = 1$ ,  $cr_{23} = 11$ ,  $cr_{31} = 1$  e  $cr_{33} = 4$ . Uma vez que os custos reduzidos das variáveis não-básicas são positivos, tem-se que a solução presente é ótima.

A solução ótima do modelo de transporte deve ser interpretada da seguinte maneira. Para minimizar os custos de transporte, o ponto de produção 1 deve enviar duas unidades à fábrica 2 e oito unidades à fábrica 3; o ponto de produção 2 deve enviar quinze unidades à fábrica 1 e duas unidades à fábrica 4; e o ponto de produção 3 deve enviar dez unidades à fábrica 2 e oito unidades à fábrica 4. O custo de transporte associado é \$228.

**APÊNDICE 2 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA, FLUXO  
DA MADEIRA PARA PROCESSO E PRODUÇÃO DA MADEIRA DE  
COMÉRCIO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR**



TABELA 1 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (1.ª PARTE)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
EC1	6	9 18	13	8 14	10	17	15	10	5 10	4 9	20	20	18
EC2	3 13 14	14 17	10 18	9	8	11	15	0	8 20	18	5	9	18
EC3	14	17	5	15	5	10 17	1	20	20	18	20	1	12
EC4	14	17	18	1	8 10 20	20	1	8 25	20	4	5 11	1 10	5 10
EC5	14	0	13 17	6 9	20	10 13	15	15 17	20	18	17 20	8 20	18
EC6	6	10	25	5 15	20	0	5 15	5	20	20	9	19	18
EC7	14	0	17	15	19	13	15	20	0	9	20	14	18
EC8	14	0	0	1	18	20	15	0	10 20	1 4	20	20	12
EC9	14	10	18	15	20	20	15	20	18	18	20	19	8
EC10	14	10	13	15	5	1	10	10	10	9	9	0	18
EC11	14	10	5	0	20	11	15	8	20	18	5	0	5
EC12	14	17	17	15	0	17	5	20	5	18	20	9	8
	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	5	10	18	5	9	20	9	8	0	17 20	9 18	7 20	18
EC2	14	4 9	5	9	11	1	6	18	1	5	1	20	10 18
EC3	18	20	18	1 18	1 16 18	1	0	7 20	20	11	8	20	3
EC4	18	10	10 11	15	9 10	0	7	9 20	9 20	9	9	7	18
EC5	14	20	11 16	18	9	20	6	8	10	20	1	9	18
EC6	9	0	18	0	16	1 14	20	20	1	10 19	19	7	18
EC7	3 8 16	20	5 10	18	16	10	9 20	20	9	19	18	12	18
EC8	9	4	20	9	11	14	20	20	1 20	20	18	20	10
EC9	18	9	20	9 15	11	20	20	20	10	11	0	20	2
EC10	0	20	5	0	11	10	20	20	20	0	18	20	3 18
EC11	5	6	20	9	16	14	20	20	20	9	18	9 20	0
EC12	20	9	20	5	11	20	20	20	0	19	17 18	20	18

TABELA 2 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (2.ª PARTE)

	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
EC1	7 8 15	25	3 18	20	4 9	18	15	7	12	18	9 18	20	18
EC2	8	10	18	20	4 20	10 16	10	13	1 19	18	18	1	7 18
EC3	25	25	3	7 20	4	2	0	13	14 16	7	10 17	18	7
EC4	2 9	25	3 10	20	20	16 18	8 10	2 16	12	10 18	13	10 18	7
EC5	8	1	20	7	20	18	15	16	14	9	18	8	9
EC6	5 15	10	0	7	20	18	8	9 13	1 9	3 7	17	10	20
EC7	5 10	1	9	20	20	18	8	13	0	10	13	8	18
EC8	15	25	20	10	20	18	12	0	1 12	0	18	0	18
EC9	7	9 16	20	20	20	18	8	13	12	18	18	13	18
EC10	15	0	20	20	20	18	15	0	14	18	17	8	18
EC11	15	9	20	20	0	9	15	9 16	16 25	14	17	0	9
EC12	15	16	3	20	0	9	15	0	14	1	18	10	0
	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	12	20	8	8	10 17	2 20	7 20	20	11	10 18	8	14 17	18
EC2	12	7 20	20	13	19	20	18	20	25	18	20	17	18
EC3	8	20	8 9	18	25	20	20	20	25	18	8 15	14	12
EC4	8	10 20	20	8 13	25	20	7	20	13	5 18	8	14	13 18
EC5	0	20	9 20	1 18	10	20	20	20	1	18	15	14	8
EC6	20	20	20	18	19	20	18	20	9 11	11	15	14	18
EC7	15	20	20	18	18	20	20	4 6 14	1	16	15	9	18
EC8	10	20	20	18	16 17	1 10	13	13	1	16	15	14	5 13
EC9	20	20	20	18	17	20	20	1	1 25	16	20	14	4
EC10	19	20	20	18	14	20	7	1	13	16	15	14	5
EC11	2 19	7	20	18	16 19	20	13	1	11	10	10 15	9	18
EC12	0	5	20	18	18	1	5	20	11	11	20	0	14

TABELA 3 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (1.ª PARTE)

	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
PP1	0	0	0	0	0	0	0	3.209	0	0	0	876	0	5.443	0	0	0	0
PP2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP3	0	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP5	0	0	0	0	0	3.774	0	1.873	0	3.038	0	0	0	1.795	0	2.012	0	5.507
PP6	0	7.108	0	0	0	0	0	1.672	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP8	0	0	0	0	0	0	0	484	0	4.200	0	0	0	0	0	4.459	0	1.731
PP9	0	0	912	0	0	0	6.460	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP10	0	0	12.357	0	1.724	0	0	0	6.659	0	5.795	0	3.294	0	9.882	0	6.972	0
PP11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.059	0	0	0	0	0	0	0
PP12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP13	2.170	0	0	0	10.070	0	0	0	0	0	2.653	0	0	0	0	0	0	0
PP14	14.875	0	1.547	0	0	0	2.737	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP15	0	0	0	0	0	0	7.848	0	0	0	0	0	13.751	0	934	0	0	0
PP16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP17	0	0	0	7.238	0	3.464	0	0	0	0	0	6.362	0	0	0	767	0	0
PP18	0	0	2.229	0	4.066	0	0	0	1.294	0	0	0	0	0	0	0	486	0
PP19	0	0	0	0	0	0	0	0	1.677	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP20	0	0	0	0	0	0	0	0	7.416	0	4.538	0	0	0	6.050	0	9.588	0
PP21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP25	0	0	0	0	1.185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	179	0	0	0
PP26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238
Estoque	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000

TABELA 4 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (2.ª PARTE)

	T10		T11		T12		T13		T14		T15		T16		T17		T18	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
PP1	0	644	0	0	0	4.868	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.419	0	806
PP2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	291	0	0	0	0	0	0	0	0
PP4	0	6.594	0	0	0	0	0	0	0	0	6.594	0	0	0	0	0	0	0
PP5	0	0	0	6.530	0	0	0	3.219	0	6.627	0	0	0	6.191	0	4.819	0	0
PP6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	644	0	0	0	0	0	0	0
PP7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP8	0	0	0	0	0	2.370	0	4.019	1.740	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP9	8.387	0	4.404	0	7.686	0	0	0	6.589	0	5.939	0	0	0	12.290	0	6.130	0
PP10	0	0	0	0	813	0	1.789	0	0	0	4.552	0	4.494	0	0	0	2.599	0
PP11	0	0	1.082	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.401	0	0	0	8.119	0
PP12	0	0	0	0	0	0	0	5.457	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP14	0	0	0	0	630	0	0	0	4.057	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.785	0	0	0
PP16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	321	0	0	0	1.047	0	0	0	6.432
PP17	0	0	0	708	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP18	8.623	0	0	0	0	0	9.799	0	4.311	0	0	0	5.605	0	2.970	0	197	0
PP19	0	0	0	0	3.353	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP20	35	0	11.559	0	4.563	0	0	0	348	0	6.554	0	5.546	0	0	0	0	0
PP21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238
Estoque	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000

TABELA 5 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (3.ª PARTE)

	T19		T20		T21		T22		T23		T24		T25		T26		T27	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
PP1	0	7.238	0	0	0	0	0	7.238	0	0	0	6.221	0	0	0	0	0	0
PP2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.251	0	1.066
PP3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.987	0	0
PP4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.681	0	0	0	0	0	0	0	1.661
PP6	0	0	0	6.318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP7	0	0	0	920	0	4	0	0	0	0	0	0	0	7.238	0	0	0	4.511
PP8	0	0	0	0	0	7.234	0	0	0	0	0	3.215	0	0	0	0	4.635	0
PP9	0	0	7.279	0	2.366	0	6.389	0	6.589	0	6.499	0	4.910	0	0	0	2.108	0
PP10	5.579	0	0	0	0	0	4.669	0	83	0	0	0	0	0	7.725	0	1.642	0
PP11	0	0	0	0	0	0	0	0	3.552	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.339	0	0	0	0	0
PP13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP14	4.408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.081	0
PP16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.557	0	1.017	0	0	0	0	0	0
PP18	0	0	0	0	2.156	0	0	0	0	0	6.702	0	0	0	9.320	0	0	0
PP19	0	0	0	0	0	0	0	0	4.429	0	630	0	0	0	0	0	0	0
PP20	7.058	0	9.766	0	12.523	0	5.986	0	2.393	0	0	0	9.796	0	0	0	0	0
PP21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.579	0
PP26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238
Estoque	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000

TABELA 6 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (4.ª PARTE)

	T28		T29		T30		T31		T32		T33		T34		T35		T36	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
PP1	0	4.666	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.016	0	1.555
PP2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.943	0	0	0	2.064	0	0	0	0
PP3	0	0	0	7.238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.035
PP4	0	0	0	0	0	0	0	7.238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP7	0	0	0	0	0	7.238	0	0	0	0	0	0	0	1.624	0	0	0	4.647
PP8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.238	0	0	0	0	0	0
PP9	1.944	0	3.294	0	0	0	5.726	0	5.491	0	0	0	3.481	0	1.437	0	3.294	0
PP10	8.784	0	2.671	0	2.804	0	0	0	192	0	6.075	0	0	0	0	0	5.372	0
PP11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.339	0	0	0	9.185	0	0	0
PP13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.564	0	0	0	0	0
PP14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.838	0	571	0
PP15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.631	0	0	0	0	0	0	0
PP16	0	2.572	0	0	0	0	0	0	0	3.295	0	0	0	3.549	0	2.222	0	0
PP17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP18	0	0	3.517	0	0	0	0	0	0	11.362	0	0	0	0	0	0	7.807	0
PP19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	886	0	0	0
PP20	0	0	7.563	0	14.241	0	11.319	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP25	6.317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	699	0	0	0
PP26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238
Estoque	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000

TABELA 7 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (5.ª PARTE)

	T37		T38		T39		T40		T41		T42		T43		T44		T45	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
PP1	0	0	0	974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.206	0	0	0	3.213
PP2	0	0	0	0	0	0	0	1.612	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.025
PP3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.473	0	0	0	0	0	0	0	0
PP6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP7	0	0	0	0	0	7.238	0	0	0	5.765	0	0	0	0	0	0	0	0
PP8	0	0	971	6.264	0	0	0	5.626	0	0	0	7.238	0	5.032	0	0	0	0
PP9	279	0	0	0	6.589	0	0	0	0	0	1.692	0	0	0	0	0	0	0
PP10	2.253	0	8.738	0	0	0	3.294	0	2.010	0	0	0	0	0	4.641	0	954	0
PP11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP12	0	0	0	0	0	0	7.337	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP13	5.138	0	2.569	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.626	0	0	0	0	0
PP14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.522	0	0	0
PP15	0	0	0	0	0	0	948	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP17	0	7.238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.042	0	0
PP18	9.376	0	1.743	0	8.958	0	0	0	0	0	0	0	10.419	0	2.156	0	0	0
PP19	0	0	0	0	0	0	2.440	0	0	0	0	0	0	0	5.963	0	0	0
PP20	0	0	3.025	0	1.498	0	3.025	0	15.035	0	15.353	0	0	0	0	0	16.091	0
PP21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.764	0	0	0
PP26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238
Estoque	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000

TABELA 8 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (6.ª PARTE)

	T46		T47		T48		T49		T50		T51		T52	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
PP1	0	0	0	7.000	0	7.238	0	0	0	0	0	0	0	0
PP2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.606
PP5	0	1.473	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	2.220
PP6	0	0	0	238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP7	0	5.765	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.238	0	0	0	2.412
PP9	0	0	0	0	347	0	0	0	0	0	6.009	0	0	0
PP10	0	0	0	0	0	0	6.862	0	1.555	0	0	0	0	0
PP11	0	0	0	0	6.944	0	2.537	0	0	0	0	0	0	0
PP12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.118	0
PP13	4.696	0	2.569	0	5.138	0	0	0	0	0	0	0	3.443	0
PP14	0	0	1.368	0	0	0	0	0	0	0	11.036	0	1.014	0
PP15	0	0	0	0	0	0	0	0	10.449	0	0	0	0	0
PP16	0	0	0	0	0	0	0	7.225	0	0	0	0	0	0
PP17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.238	0	0
PP18	3.449	0	0	0	0	0	7.645	0	0	0	0	0	9.470	0
PP19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP20	8.900	0	13.107	0	0	0	0	0	5.041	0	0	0	0	0
PP21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP25	0	0	0	0	4.617	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238	17.045	7.238
Estoque	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000	60.000	35.000



TABELA 9 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (1.ª PARTE)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
PP1	0	0	0	1.553	0	424	2.634	0	0	311	0	2.355	0
PP2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP3	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.165	0	0	0
PP5	0	0	2.141	1.062	1.723	0	1.018	1.141	3.124	0	3.704	0	1.826
PP6	3.277	0	0	771	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP8	0	0	0	211	1.829	0	0	1.942	754	0	0	1.032	1.751
PP9	0	46	0	329	0	0	0	0	0	427	224	391	0
PP10	0	629	88	0	339	295	168	503	355	0	0	41	91
PP11	0	0	0	0	0	5.172	0	0	0	0	1.378	0	0
PP12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.620
PP13	754	0	3.501	0	0	922	0	0	0	0	0	0	0
PP14	18.971	1.973	0	3.491	0	0	0	0	0	0	0	804	0
PP15	0	0	0	9.988	0	0	17.501	1.189	0	0	0	0	0
PP16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP17	0	5.396	2.582	0	0	4.743	0	572	0	0	528	0	0
PP18	0	3.736	6.815	0	2.168	0	0	0	814	14.455	0	0	16.428
PP19	0	0	0	0	1.785	0	0	0	0	0	0	3.571	0
PP20	0	0	0	0	9.559	5.848	0	7.797	12.358	45	14.899	5.882	0
PP21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP25	0	0	2.277	0	0	0	0	344	0	0	0	0	0
PP26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	23.028	11.780	17.404	17.404	17.404	17.404	21.320	13.488	17.404	17.404	20.732	14.076	22.715
Excedente	5.624	-5.624	0	0	0	0	3.916	-3.916	0	0	3.328	-3.328	5.311

TABELA 10 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (2.ª PARTE)

	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
PP1	0	0	0	1.170	390	3.502	0	0	3.502	0	3.010	0	0
PP2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	383
PP3	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.004
PP4	0	2.165	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP5	3.758	0	3.512	2.733	0	0	0	0	0	2.088	0	0	0
PP6	0	297	0	0	0	0	2.913	0	0	0	0	0	0
PP7	0	0	0	0	0	0	433	2	0	0	0	3.405	0
PP8	758	0	0	0	0	0	0	3.151	0	0	1.400	0	0
PP9	335	302	0	625	312	0	370	120	325	335	331	250	0
PP10	0	232	229	0	132	284	0	0	238	4	0	0	393
PP11	0	0	1.785	0	10.344	0	0	0	0	4.525	0	0	0
PP12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.123	0
PP13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP14	5.174	0	0	0	0	5.622	0	0	0	0	0	0	0
PP15	0	0	0	2.272	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP16	294	0	959	0	5.896	0	0	0	0	0	0	0	0
PP17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.652	758	0	0
PP18	7.228	0	9.395	4.979	330	0	0	3.613	0	0	11.235	0	15.623
PP19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.716	670	0	0
PP20	448	8.447	7.148	0	0	9.097	12.588	16.142	7.716	3.084	0	12.626	0
PP21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	18.054	11.443	23.028	11.780	17.404	18.505	16.303	23.028	11.780	17.404	17.404	17.404	17.404
Excedente	650	-5.961	5.624	-5.624	0	1.101	-1.101	5.624	-5.624	0	0	0	0

TABELA 11 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (3.ª PARTE)

	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
PP1	0	2.258	0	0	0	0	0	0	2.427	753	0	471	0
PP2	181	0	0	0	0	672	0	352	0	0	0	0	0
PP3	0	0	1.458	0	0	0	0	0	0	208	0	0	0
PP4	0	0	0	0	2.377	0	0	0	0	0	0	0	0
PP5	942	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP7	2.122	0	0	3.405	0	0	0	764	0	2.186	0	0	3.405
PP8	2.019	0	0	0	0	0	3.152	0	0	0	0	3.151	0
PP9	107	99	168	0	291	279	0	177	73	168	14	0	335
PP10	84	447	136	143	0	10	309	0	0	273	115	445	0
PP11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP12	0	0	0	0	0	0	1.123	0	4.411	0	0	0	0
PP13	0	0	0	0	0	0	0	4.715	0	0	1.786	893	0
PP14	0	0	0	0	0	0	0	0	6.170	729	0	0	0
PP15	9.012	0	0	0	0	0	10.986	0	0	0	0	0	0
PP16	0	2.357	0	0	0	3.020	0	3.253	2.037	0	0	0	0
PP17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.396	0	0
PP18	0	0	5.895	0	0	19.048	0	0	0	13.087	15.717	2.922	15.017
PP19	0	0	0	0	0	0	0	0	943	0	0	0	0
PP20	0	0	9.747	18.355	14.590	0	0	0	0	0	0	3.898	1.931
PP21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP25	3.036	12.145	0	0	0	0	0	0	1.343	0	0	0	0
PP26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.503	17.305	17.404	21.903	17.258	23.028	15.570	9.261	17.404	17.404	23.028	11.780	20.688
Excedente	99	-99	0	4.499	-146	5.624	-1.834	-8.143	0	0	5.624	-5.624	3.284

TABELA 12 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA SOLUÇÃO DO MODELO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR (4.ª PARTE)

	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
PP1	0	0	0	1.067	0	1.554	0	3.386	3.502	0	0	0	0
PP2	274	0	0	0	0	686	0	0	0	0	0	0	0
PP3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	856
PP5	0	835	0	0	0	0	835	0	0	7	0	0	1.259
PP6	0	0	0	0	0	0	0	110	0	0	0	0	0
PP7	0	2.712	0	0	0	0	2.712	0	0	0	0	0	0
PP8	2.451	0	3.152	2.192	0	0	0	0	0	0	3.152	0	1.050
PP9	0	0	86	0	0	0	0	0	18	0	0	306	0
PP10	168	102	0	0	236	49	0	0	0	349	79	0	0
PP11	0	0	0	0	0	0	0	0	8.847	3.233	0	0	0
PP12	3.523	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.497
PP13	0	0	0	2.303	0	0	1.633	893	1.786	0	0	0	1.197
PP14	0	0	0	0	1.940	0	0	1.744	0	0	0	14.075	1.294
PP15	1.207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.299	0	0
PP16	0	0	0	0	955	0	0	0	0	6.623	0	0	0
PP17	0	0	0	0	4.619	0	0	0	0	0	0	5.396	0
PP18	0	0	0	17.466	3.614	0	5.782	0	0	12.816	0	0	15.875
PP19	2.598	0	0	0	6.350	0	0	0	0	0	0	0	0
PP20	3.899	19.379	19.789	0	0	20.740	11.471	16.894	0	0	6.498	0	0
PP21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PP25	0	0	0	0	5.313	0	0	0	8.876	0	0	0	0
PP26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	14.120	23.028	23.028	23.028	23.028	23.028	22.433	23.028	23.028	23.028	23.028	19.777	23.028
Excedente	-3.284	5.624	5.624	5.624	5.624	5.624	5.029	5.624	5.624	5.624	5.624	2.373	5.624

**APÊNDICE 3 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS MELHORES SOLUÇÕES  
DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DAS OITO  
VARIETADES DE ALGORITMOS GENÉTICOS**

TABELA 13 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS MELHORES SOLUÇÕES DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DO AG000

Execução n.º	Custos (R\$)						Penalidade (R\$)		Custo Total (R\$)	Volume colhido (t)	
	Colheita		Transporte Processo	Estoque Excedente	Movimentação		E < SM	E > SX		Processo	Comércio
	Processo	Comércio			t=1	t>1					
27	16.286.015	12.920.011	12.404.213	156.314	180.835	361.710	668.476	0	42.977.574	1.247.015	989.281
10	16.401.754	13.211.195	12.429.938	218.368	226.049	361.710	134.622	0	42.983.637	1.255.877	1.011.577
6	16.248.342	13.093.325	12.260.845	108.681	248.656	361.710	714.418	0	43.035.976	1.244.130	1.002.552
8	16.173.609	12.580.280	12.514.340	298.704	248.656	391.826	943.559	27.379	43.178.353	1.238.408	963.268
20	16.334.014	12.962.440	12.781.603	117.174	203.442	399.355	430.337	0	43.228.364	1.250.690	992.530
26	16.397.293	13.622.580	12.257.150	198.820	203.442	384.310	179.533	471	43.243.598	1.255.535	1.043.077
28	16.401.536	13.030.559	12.840.135	202.413	248.656	399.362	132.797	0	43.255.457	1.255.860	997.746
19	16.186.628	12.612.475	12.738.477	115.531	226.049	399.355	1.038.571	0	43.317.086	1.239.405	965.733
25	16.376.424	13.688.663	12.416.808	117.831	180.835	376.768	185.995	0	43.343.323	1.253.938	1.048.136
12	16.415.585	13.649.501	12.423.571	117.142	248.656	391.839	143.695	0	43.389.989	1.256.936	1.045.138
13	16.348.995	13.535.236	12.438.832	113.995	271.263	384.310	317.859	0	43.410.491	1.251.837	1.036.389
29	16.443.901	13.982.896	12.299.168	213.495	226.049	384.310	49.677	0	43.599.495	1.259.104	1.070.666
2	16.373.503	13.646.370	12.651.781	123.399	203.442	361.710	240.232	0	43.600.437	1.253.714	1.044.898
23	16.407.219	13.883.936	12.440.822	177.927	203.442	369.239	141.708	0	43.624.293	1.256.295	1.063.089
30	16.376.660	13.869.282	12.385.063	209.453	203.442	361.710	206.397	40.519	43.652.525	1.253.956	1.061.966
22	16.322.105	13.697.768	12.386.577	215.957	203.442	369.239	439.568	18.850	43.653.505	1.249.778	1.048.834
4	16.329.103	13.283.846	12.881.650	215.698	226.049	406.904	353.940	0	43.697.190	1.250.314	1.017.140
9	16.392.982	13.717.318	12.609.530	182.805	226.049	376.774	209.998	0	43.715.457	1.255.205	1.050.331
11	16.400.911	13.618.962	12.804.756	108.847	203.442	384.297	232.259	0	43.753.474	1.255.812	1.042.800
1	16.391.700	14.170.737	12.331.135	127.652	203.442	361.703	196.597	0	43.782.966	1.255.107	1.085.049
18	16.309.641	13.438.949	12.739.759	234.226	203.442	406.897	511.995	0	43.844.910	1.248.824	1.029.016
24	16.236.091	13.376.859	12.597.739	265.146	226.049	376.768	809.665	707	43.889.024	1.243.192	1.024.262
21	16.338.593	13.681.279	12.821.272	164.606	203.442	369.239	365.744	6.816	43.950.991	1.251.041	1.047.571
5	16.283.092	13.736.780	12.714.389	237.793	248.656	429.511	521.588	18.134	44.189.943	1.246.791	1.051.821
17	15.983.409	12.725.266	12.388.043	221.324	203.442	429.491	2.378.167	0	44.329.142	1.223.845	974.369
14	16.200.632	13.502.745	12.805.712	225.880	248.656	421.956	944.337	0	44.349.918	1.240.477	1.033.901
7	16.310.500	13.709.373	12.946.825	317.378	248.656	414.440	382.117	82.463	44.411.751	1.248.890	1.049.722
3	16.279.771	13.740.102	12.729.378	433.076	226.049	414.440	614.971	219.666	44.657.451	1.246.537	1.052.075
15	16.481.847	14.382.015	13.076.063	253.275	248.656	331.567	28.186	0	44.801.610	1.262.010	1.101.226
16	16.113.086	13.409.436	12.465.799	402.628	248.656	459.627	1.688.342	24.143	44.811.716	1.233.774	1.026.756

TABELA 14 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS MELHORES SOLUÇÕES DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DO AG001

Execução n.º	Custos (R\$)						Penalidade (R\$)		Custo Total (R\$)	Volume colhido (t)	
	Colheita		Transporte Processo	Estoque Excedente	Movimentação		E < SM	E > SX		Processo	Comércio
	Processo	Comércio			t=1	t>1					
21	16.400.344	13.303.033	12.146.672	86.952	143.164	625.398	130.260	0	42.835.821	1.255.769	1.018.609
29	16.287.971	13.370.192	12.003.691	212.229	195.913	580.197	524.456	0	43.174.650	1.247.165	1.023.751
4	16.403.612	14.158.825	12.133.267	53.266	180.835	572.661	144.346	0	43.646.813	1.256.019	1.084.137
27	16.414.309	14.148.128	12.142.934	121.773	158.228	580.197	103.944	0	43.669.514	1.256.838	1.083.318
10	16.498.576	14.063.861	12.281.692	52.150	203.442	572.668	14.435	0	43.686.825	1.263.291	1.076.865
18	16.187.370	13.018.656	12.481.506	269.087	226.049	700.734	814.416	9.624	43.707.442	1.239.462	996.834
8	16.267.871	13.887.643	12.025.810	133.708	226.049	648.005	529.180	0	43.718.265	1.245.626	1.063.372
24	16.429.462	14.132.975	12.207.637	118.150	180.835	587.739	61.775	0	43.718.574	1.257.999	1.082.157
20	16.424.211	14.138.226	12.169.820	122.250	180.835	617.869	66.031	0	43.719.242	1.257.597	1.082.559
11	16.474.305	14.088.133	12.284.861	73.460	203.442	572.661	29.140	0	43.726.002	1.261.432	1.078.724
5	16.473.832	14.088.605	12.277.656	26.145	203.449	595.275	64.056	0	43.729.017	1.261.396	1.078.760
28	16.460.552	14.101.885	12.199.042	89.165	180.835	617.869	82.531	0	43.731.880	1.260.379	1.079.777
19	16.254.422	13.403.741	11.981.788	302.184	226.049	557.610	1.010.104	0	43.735.899	1.244.596	1.026.320
16	16.450.766	14.111.671	12.170.768	94.678	203.442	632.946	73.468	0	43.737.740	1.259.630	1.080.526
26	16.487.273	14.075.164	12.356.748	84.476	203.442	527.467	8.808	0	43.743.379	1.262.425	1.077.731
30	16.450.858	14.111.579	12.199.731	84.881	248.656	610.340	38.855	0	43.744.899	1.259.637	1.080.519
3	16.443.419	14.119.018	12.259.583	99.145	180.835	565.139	87.230	0	43.754.370	1.259.067	1.081.089
23	16.447.994	14.114.444	12.196.345	104.442	226.049	617.869	49.117	0	43.756.258	1.259.418	1.080.738
2	16.461.564	14.100.874	12.337.597	122.256	203.442	512.396	40.797	0	43.778.925	1.260.457	1.079.699
12	16.452.286	14.110.151	12.296.429	86.764	158.228	602.810	80.081	0	43.786.751	1.259.746	1.080.410
22	16.378.018	14.139.205	12.167.299	72.225	226.049	655.540	160.409	0	43.798.746	1.254.060	1.082.634
15	16.451.317	14.111.120	12.168.499	130.923	226.049	625.398	85.619	0	43.798.926	1.259.672	1.080.484
7	16.450.195	14.112.243	12.223.035	140.257	226.049	602.804	50.249	0	43.804.832	1.259.586	1.080.570
14	16.425.520	14.136.917	12.215.661	93.311	180.835	640.469	114.129	0	43.806.843	1.257.697	1.082.459
13	16.483.703	14.078.734	12.266.087	156.017	203.442	617.869	3.788	0	43.809.640	1.262.152	1.078.004
25	16.486.542	14.075.895	12.262.838	164.033	180.835	617.869	30.888	0	43.818.900	1.262.369	1.077.787
17	16.454.748	14.107.689	12.205.604	203.281	226.049	595.268	42.861	0	43.835.501	1.259.935	1.080.221
6	16.376.311	14.140.913	12.186.199	161.106	180.835	655.540	163.652	0	43.864.556	1.253.929	1.082.765
9	16.477.633	14.084.804	12.277.601	87.982	248.656	670.598	20.565	0	43.867.840	1.261.687	1.078.469
1	16.431.166	14.086.058	12.226.745	59.472	248.656	738.406	87.573	0	43.878.075	1.258.129	1.078.565

TABELA 15 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS MELHORES SOLUÇÕES DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DO AG010

Execução n.º	Custos (R\$)						Penalidade (R\$)		Custo Total (R\$)	Volume colhido (t)	
	Colheita		Transporte Processo	Estoque Excedente	Movimentação		E < SM	E > SX		Processo	Comércio
	Processo	Comércio			t=1	t>1					
2	16.334.976	13.910.965	12.686.328	137.513	158.235	384.310	419.397	0	44.031.724	1.250.764	1.065.158
23	16.100.625	13.331.469	12.660.458	324.518	158.235	429.511	1.770.219	22.709	44.797.745	1.232.820	1.020.786
22	16.134.393	13.749.838	12.366.080	354.307	135.628	406.910	1.842.665	190.442	45.180.263	1.235.405	1.052.821
13	16.100.309	13.331.785	12.712.289	133.315	180.842	474.711	2.352.385	0	45.285.636	1.232.795	1.020.811
6	15.915.169	13.110.002	12.284.880	141.748	158.235	452.111	4.185.602	0	46.247.747	1.218.619	1.003.829
9	15.842.908	13.091.836	12.175.953	376.623	180.842	452.111	4.366.058	201.743	46.688.073	1.213.086	1.002.438
3	15.733.631	12.703.761	12.110.106	293.575	203.449	482.241	5.290.349	0	46.817.111	1.204.719	972.723
17	16.016.918	13.369.963	12.277.984	400.817	158.235	384.310	3.530.411	1.010.932	47.149.570	1.226.410	1.023.734
29	15.748.484	13.050.618	11.913.336	157.258	120.563	467.176	6.205.765	0	47.663.200	1.205.856	999.282
19	15.725.968	12.711.425	12.033.101	169.988	180.842	452.111	6.469.683	0	47.743.118	1.204.132	973.310
8	15.745.522	12.691.871	12.117.221	304.370	180.842	459.640	6.255.593	435	47.755.493	1.205.630	971.812
18	15.888.547	13.091.410	12.524.296	310.634	180.842	406.897	5.170.186	530.415	48.103.227	1.216.581	1.002.405
10	15.715.025	12.767.582	12.118.286	123.788	180.842	414.426	7.428.921	0	48.748.869	1.203.294	977.610
14	15.679.412	12.757.980	12.140.597	334.278	150.706	467.169	8.409.587	3.411	49.943.140	1.200.568	976.874
28	15.607.270	12.830.123	12.048.565	303.678	173.313	459.640	8.561.236	0	49.983.825	1.195.044	982.398
12	15.634.650	12.802.743	11.836.605	255.689	158.235	474.711	9.288.522	0	50.451.154	1.197.140	980.302
1	15.636.469	12.936.565	11.868.113	433.963	158.235	467.176	8.712.262	356.558	50.569.341	1.197.279	990.549
24	15.828.675	13.060.854	12.183.966	341.315	158.235	429.511	8.391.821	204.969	50.599.347	1.211.997	1.000.065
5	15.563.764	12.647.560	11.979.078	0	180.842	459.640	11.369.539	0	52.200.423	1.191.712	968.420
4	15.458.295	12.753.029	11.769.766	7.260	180.842	467.176	17.212.575	0	57.848.943	1.183.637	976.495
25	15.442.856	12.587.613	11.821.315	0	120.563	504.841	21.255.051	0	61.732.239	1.182.454	963.830
16	15.529.937	12.907.456	11.846.261	160.217	135.628	467.176	22.225.003	8.382	63.280.059	1.189.122	988.320
20	15.372.484	12.657.985	11.534.259	0	165.777	504.841	24.522.228	0	64.757.574	1.177.066	969.218
26	15.506.805	12.930.588	11.793.788	151.208	97.957	467.176	24.169.463	0	65.116.984	1.187.351	990.091
21	15.381.872	12.829.451	11.842.600	0	90.427	406.904	24.665.273	0	65.216.528	1.177.785	982.347
15	15.515.106	13.057.928	11.883.641	308.530	180.842	444.575	30.439.491	338.412	72.168.525	1.187.987	999.841
30	15.348.739	12.681.730	11.462.456	0	158.235	504.841	32.839.441	0	72.995.442	1.175.248	971.036
11	15.314.510	12.489.891	11.408.518	0	120.563	504.841	33.725.607	0	73.563.930	1.172.627	956.347
7	15.268.130	12.762.339	11.588.639	0	120.563	504.841	71.113.885	0	111.358.39	1.169.076	977.208
27	15.268.130	12.762.339	11.587.385	0	120.563	504.841	76.347.297	0	116.590.55	1.169.076	977.208



TABELA 16 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS MELHORES SOLUÇÕES DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DO AG011

Execução n.º	Custos (R\$)						Penalidade (R\$)		Custo Total (R\$)	Volume colhido (t)	
	Colheita		Transporte Processo	Estoque Excedente	Movimentação		E < SM	E > SX		Processo	Comércio
	Processo	Comércio			t=1	t>1					
11	16.303.379	13.309.571	12.021.432	111.632	75.350	625.411	332.413	0	42.779.188	1.248.344	1.019.110
3	16.323.828	13.289.122	12.064.931	94.919	97.957	648.018	270.190	0	42.788.963	1.249.910	1.017.544
19	16.228.291	13.249.017	11.985.340	103.251	97.957	655.540	587.982	0	42.907.378	1.242.595	1.014.473
9	16.277.926	13.199.383	12.034.672	148.112	165.777	670.598	435.248	0	42.931.716	1.246.396	1.010.672
17	16.262.339	13.260.183	12.069.200	101.635	135.641	647.998	464.049	0	42.941.045	1.245.202	1.015.328
4	16.322.819	13.380.558	12.087.872	98.975	120.563	625.404	311.219	0	42.947.411	1.249.833	1.024.545
2	16.360.545	13.388.045	12.094.863	120.952	120.563	678.147	225.037	0	42.988.152	1.252.722	1.025.118
15	16.240.832	13.281.690	11.981.726	132.978	120.563	708.263	555.959	0	43.022.011	1.243.555	1.016.975
24	16.284.161	13.057.506	12.427.243	163.554	143.170	647.985	437.881	0	43.161.500	1.246.873	999.809
20	16.428.757	14.133.681	12.209.550	76.028	120.563	610.333	83.263	0	43.662.176	1.257.945	1.082.211
30	16.385.463	14.131.761	12.187.206	64.669	113.034	632.933	147.404	0	43.662.471	1.254.630	1.082.064
18	16.431.226	14.085.998	12.244.360	118.368	75.350	663.069	52.551	0	43.670.921	1.258.134	1.078.560
28	16.457.563	14.059.661	12.284.973	105.866	113.034	625.391	30.677	0	43.677.164	1.260.150	1.076.544
23	16.463.726	14.098.711	12.260.053	63.589	90.427	617.869	82.793	0	43.677.168	1.260.622	1.079.534
26	16.417.697	14.099.526	12.282.946	57.929	113.034	647.998	65.515	0	43.684.646	1.257.098	1.079.596
10	16.410.070	14.107.154	12.215.287	113.668	120.563	655.527	73.295	0	43.695.563	1.256.514	1.080.180
12	16.471.431	14.091.006	12.228.133	183.303	67.821	640.456	14.540	0	43.696.690	1.261.212	1.078.944
1	16.468.224	14.094.213	12.274.043	38.886	128.099	663.069	35.658	0	43.702.192	1.260.967	1.079.189
8	16.402.937	14.114.287	12.291.969	87.677	90.427	632.920	83.379	0	43.703.597	1.255.968	1.080.726
16	16.456.774	14.105.663	12.301.246	171.052	97.957	550.055	23.368	0	43.706.114	1.260.090	1.080.066
14	16.463.030	14.054.194	12.297.223	70.691	143.170	640.462	39.613	0	43.708.383	1.260.569	1.076.125
5	16.411.061	14.106.162	12.205.009	157.182	45.214	655.521	128.879	0	43.709.029	1.256.590	1.080.104
29	16.301.993	14.215.231	12.075.896	108.620	105.492	587.746	315.601	0	43.710.580	1.248.238	1.088.456
27	16.422.822	14.094.401	12.282.009	87.299	90.427	663.063	76.440	0	43.716.461	1.257.490	1.079.204
6	16.473.230	14.043.994	12.297.828	113.414	128.099	647.998	12.448	0	43.717.011	1.261.350	1.075.344
13	16.423.779	14.093.445	12.212.849	109.212	120.563	715.806	64.604	0	43.740.258	1.257.563	1.079.131
21	16.433.830	14.083.394	12.307.686	51.028	143.170	640.462	131.561	0	43.791.131	1.258.333	1.078.361
22	16.460.974	14.101.464	12.246.685	121.266	180.842	655.527	28.388	0	43.795.145	1.260.411	1.079.745
7	16.439.329	14.123.108	12.331.600	163.891	90.427	625.391	56.622	0	43.830.369	1.258.754	1.081.402
25	16.551.470	13.965.753	12.406.179	197.665	90.427	647.998	919	0	43.860.412	1.267.341	1.069.353

TABELA 17 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS MELHORES SOLUÇÕES DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DO AG100

Execução n.º	Custos (R\$)						Penalidade (R\$)		Custo Total (R\$)	Volume colhido (t)	
	Colheita		Transporte Processo	Estoque Excedente	Movimentação		E < SM	E > SX		Processo	Comércio
	Processo	Comércio			t=1	t>1					
29	16.175.111	12.488.350	12.553.313	111.968	1.808.353	384.297	1.065.525	0	44.586.917	1.238.523	956.229
24	16.277.817	12.792.567	12.734.201	106.527	1.733.062	391.826	596.720	0	44.632.721	1.246.387	979.523
16	16.390.897	13.628.976	12.455.245	264.370	1.280.925	391.826	266.563	7.095	44.685.897	1.255.046	1.043.566
7	16.298.286	12.726.885	12.711.715	156.073	2.034.422	376.768	395.713	0	44.699.861	1.247.955	974.493
30	16.313.241	13.344.922	12.146.535	249.453	1.808.353	384.310	467.064	0	44.713.878	1.249.100	1.021.816
8	16.340.265	13.453.539	12.348.470	298.830	1.582.284	361.710	321.479	35.538	44.742.115	1.251.169	1.030.133
12	16.349.601	12.901.639	12.805.387	293.566	1.733.062	406.884	273.420	0	44.763.559	1.251.884	987.874
28	16.244.630	12.825.754	12.212.118	318.827	2.260.490	361.710	573.319	0	44.796.848	1.243.846	982.064
6	16.397.652	13.667.435	12.473.519	136.334	1.582.284	369.239	175.099	0	44.801.562	1.255.563	1.046.511
21	16.218.706	12.625.610	12.630.021	145.229	2.034.422	376.768	781.137	0	44.811.892	1.241.861	966.739
20	16.410.597	13.790.131	12.489.213	115.987	1.582.284	391.839	121.676	0	44.901.726	1.256.554	1.055.906
3	16.299.445	13.313.504	12.755.767	160.201	1.431.637	406.904	580.601	0	44.948.060	1.248.043	1.019.411
14	16.424.630	14.002.166	12.321.046	243.625	1.506.993	399.368	81.025	15.681	44.994.535	1.257.629	1.072.141
4	16.071.706	12.410.900	12.481.974	110.174	1.733.062	414.426	1.812.358	0	45.034.601	1.230.605	950.299
27	16.431.470	13.995.326	12.297.004	90.583	1.808.353	406.904	65.415	0	45.095.055	1.258.152	1.071.618
1	16.259.020	13.760.853	12.164.392	323.055	1.431.637	414.440	679.726	62.064	45.095.187	1.244.948	1.053.664
19	16.439.149	13.761.578	12.580.935	176.197	1.808.353	376.774	79.767	0	45.222.753	1.258.740	1.053.720
5	16.410.160	13.654.927	12.863.432	267.730	1.582.284	361.710	89.473	14.263	45.243.978	1.256.521	1.045.553
15	16.107.281	12.556.180	12.579.563	155.525	2.034.422	399.355	1.500.935	0	45.333.261	1.233.329	961.423
18	16.449.280	14.113.158	12.359.307	223.243	1.808.353	369.232	39.791	0	45.362.363	1.259.516	1.080.640
23	16.263.067	13.214.241	12.833.672	202.630	1.506.993	406.897	1.017.036	0	45.444.536	1.245.258	1.011.810
17	16.316.732	13.296.218	12.904.003	264.636	1.883.774	421.969	378.752	0	45.466.084	1.249.367	1.018.087
26	16.412.517	13.833.425	12.505.042	210.199	2.034.422	384.297	105.174	0	45.485.075	1.256.701	1.059.221
9	16.318.523	13.927.419	12.523.543	227.568	1.808.353	391.839	395.490	0	45.592.735	1.249.504	1.066.418
11	16.352.492	13.396.098	12.989.568	201.362	2.260.490	384.297	343.983	0	45.928.291	1.252.105	1.025.735
10	16.477.496	14.039.728	12.930.670	127.331	2.034.422	406.904	24.799	0	46.041.350	1.261.677	1.075.017
13	16.460.308	14.056.915	13.008.364	166.779	2.034.422	376.768	20.287	0	46.123.844	1.260.361	1.076.333
2	15.905.087	12.803.588	12.406.992	251.287	2.486.559	429.491	3.411.565	0	47.694.568	1.217.847	980.367
22	15.905.087	12.803.588	12.406.992	251.287	2.486.559	429.491	3.411.565	0	47.694.568	1.217.847	980.367
25	15.905.087	12.803.588	12.407.221	264.958	2.486.559	429.491	3.400.136	0	47.697.040	1.217.847	980.367

TABELA 18 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS MELHORES SOLUÇÕES DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DO AG101

Execução n.º	Custos (R\$)						Penalidade (R\$)		Custo Total (R\$)	Volume colhido (t)	
	Colheita		Transporte Processo	Estoque Excedente	Movimentação		E < SM	E > SX		Processo	Comércio
	Processo	Comércio			t=1	t>1					
20	16.481.282	14.081.155	12.564.618	87.011	226.069	610.326	35.627	0	44.086.088	1.261.966	1.078.190
18	16.477.779	14.084.658	12.288.123	91.788	753.497	670.598	81.055	0	44.447.499	1.261.698	1.078.458
14	16.490.451	14.071.987	12.352.018	252.052	678.141	610.333	127	0	44.455.107	1.262.668	1.077.488
9	16.472.196	14.090.241	12.400.796	147.119	753.431	587.726	54.112	0	44.505.622	1.261.271	1.078.885
23	16.410.995	14.151.442	12.257.921	73.728	979.500	550.055	150.576	0	44.574.217	1.256.585	1.083.571
7	16.481.369	14.081.068	12.562.652	106.924	753.431	587.726	4.902	0	44.578.074	1.261.973	1.078.183
29	16.475.751	14.086.686	12.278.333	99.572	979.500	617.862	49.225	0	44.586.930	1.261.543	1.078.613
21	16.469.281	14.093.156	12.602.600	96.579	753.431	602.791	23.687	0	44.641.525	1.261.048	1.079.108
16	16.501.094	14.061.343	12.281.587	94.771	1.054.856	640.462	8.316	0	44.642.430	1.263.483	1.076.673
8	16.469.858	14.092.579	12.285.828	139.239	904.209	602.797	221.978	0	44.716.489	1.261.092	1.079.064
26	16.418.025	14.144.412	12.216.721	100.959	1.280.925	534.990	74.398	0	44.770.430	1.257.123	1.083.033
3	16.487.152	14.075.286	12.298.994	143.742	1.205.569	565.126	12.009	0	44.787.877	1.262.416	1.077.740
19	16.437.555	14.124.882	12.172.875	74.305	1.280.925	595.262	108.995	0	44.794.799	1.258.618	1.081.538
30	16.421.328	14.141.109	12.201.672	126.470	1.280.925	595.262	67.687	0	44.834.453	1.257.376	1.082.780
10	16.618.641	13.943.797	12.400.646	203.514	1.130.147	610.333	3.653	0	44.910.730	1.272.484	1.067.672
13	16.464.612	14.097.826	12.325.200	81.030	1.280.925	595.275	85.440	0	44.930.308	1.260.690	1.079.466
11	16.474.629	14.087.808	12.277.905	45.382	1.431.637	595.275	60.611	0	44.973.248	1.261.457	1.078.699
1	16.448.097	14.114.340	12.276.402	209.187	1.356.216	527.454	61.390	0	44.993.086	1.259.426	1.080.730
2	16.457.221	14.105.217	12.609.853	46.230	1.130.147	602.791	51.845	0	45.003.303	1.260.124	1.080.032
15	16.431.107	14.131.330	12.502.712	55.062	1.205.569	640.462	71.809	0	45.038.052	1.258.125	1.082.031
5	16.366.159	14.196.279	12.204.928	111.594	1.205.569	557.597	401.438	0	45.043.563	1.253.152	1.087.004
22	16.457.221	14.105.217	12.607.981	79.729	1.130.147	602.791	62.533	0	45.045.618	1.260.124	1.080.032
17	16.444.831	14.117.606	12.584.484	105.026	1.130.147	602.791	79.695	0	45.064.581	1.259.175	1.080.981
6	16.316.497	14.245.940	12.143.507	200.305	1.205.569	595.268	405.460	0	45.112.547	1.249.349	1.090.807
24	16.482.184	14.080.254	12.446.732	113.883	1.356.216	587.726	86.914	0	45.153.908	1.262.036	1.078.120
27	16.422.898	14.139.539	12.199.652	106.559	1.582.284	602.791	105.400	0	45.159.124	1.257.496	1.082.660
25	16.381.387	14.181.050	12.490.412	234.615	1.130.147	587.726	201.731	0	45.207.068	1.254.318	1.085.838
28	16.435.551	14.126.886	12.630.493	183.047	1.130.147	587.713	200.513	0	45.294.350	1.258.465	1.081.691
4	16.365.694	14.196.743	12.458.074	151.383	1.356.216	587.726	258.707	0	45.374.543	1.253.116	1.087.040
12	16.365.694	14.196.743	12.478.073	169.320	1.356.216	587.726	257.255	0	45.411.027	1.253.116	1.087.040

TABELA 19 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS MELHORES SOLUÇÕES DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DO AG110

Execução n.º	Custos (R\$)						Penalidade (R\$)		Custo Total (R\$)	Volume colhido (t)	
	Colheita		Transporte Processo	Estoque Excedente	Movimentação		E < SM	E > SX		Processo	Comércio
	Processo	Comércio			t=1	t>1					
20	16.126.906	13.576.471	12.400.552	229.817	1.356.281	452.111	1.724.429	0	45.866.567	1.234.832	1.039.546
10	16.116.006	13.406.515	12.606.172	412.136	1.356.281	452.111	1.557.806	78.051	45.985.079	1.233.997	1.026.533
15	16.079.904	13.487.832	12.528.037	281.826	1.808.418	414.426	2.396.906	38.301	47.035.651	1.231.233	1.032.759
26	15.931.997	13.274.029	12.226.889	169.054	1.582.350	429.511	3.670.924	0	47.284.754	1.219.908	1.016.388
28	15.932.610	12.821.278	12.074.027	468.163	1.808.418	384.310	4.056.301	36.396	47.581.504	1.219.955	981.721
16	15.808.090	12.900.585	12.219.454	314.117	1.431.703	467.176	4.656.300	37.307	47.834.731	1.210.420	987.794
3	16.003.739	13.292.714	12.392.362	422.038	1.733.127	452.098	3.068.400	571.598	47.936.076	1.225.401	1.017.819
8	15.623.518	12.813.874	11.839.319	172.953	1.808.418	452.111	7.234.902	0	49.945.096	1.196.288	981.154
23	15.689.110	12.748.283	12.123.983	268.060	828.853	482.241	7.954.454	0	50.094.983	1.201.310	976.132
12	15.788.770	12.648.623	12.003.705	215.204	1.808.418	452.111	7.439.726	1.169	50.357.726	1.208.941	968.501
24	15.695.847	12.741.546	12.130.291	262.987	1.280.990	459.640	9.542.526	15	52.113.842	1.201.826	975.616
7	15.763.733	13.216.224	12.149.918	358.397	1.356.281	474.711	8.602.986	562.565	52.484.815	1.207.024	1.011.962
11	15.593.800	12.617.524	12.067.111	1.452	2.034.487	459.640	12.280.416	0	55.054.429	1.194.012	966.120
17	15.548.715	12.662.609	11.916.644	0	1.431.703	429.504	13.125.389	0	55.114.563	1.190.560	969.572
27	15.524.953	12.279.447	11.822.565	0	2.034.487	459.634	14.442.278	0	56.563.364	1.188.741	940.233
2	15.577.698	12.859.695	11.756.946	266.573	979.565	467.176	15.428.809	28.739	57.365.200	1.192.779	984.663
5	15.459.303	12.752.021	11.679.044	1.821	1.883.840	482.234	17.254.108	0	59.512.370	1.183.714	976.418
9	15.424.000	12.380.401	11.960.947	0	1.507.059	459.634	19.289.958	0	61.021.998	1.181.011	947.963
21	15.586.105	12.986.929	11.623.784	319.350	1.582.350	452.098	20.788.582	296.781	63.635.978	1.193.423	994.405
13	15.480.497	12.549.972	12.090.300	0	1.280.990	452.105	22.929.458	0	64.783.322	1.185.337	960.947
6	15.461.232	12.659.665	12.211.203	0	1.356.281	437.033	24.746.527	0	66.871.941	1.183.862	969.346
29	15.436.915	13.000.477	11.624.421	90.546	979.565	467.176	25.547.759	0	67.146.859	1.182.000	995.442
19	15.409.377	12.801.947	11.722.053	0	979.565	474.698	28.208.814	0	69.596.454	1.179.891	980.241
18	15.372.916	12.657.553	11.637.787	0	1.205.634	512.370	28.295.495	0	69.681.755	1.177.099	969.185
30	15.350.336	12.680.133	11.506.994	0	1.431.703	504.841	30.361.671	0	71.835.677	1.175.370	970.914
1	15.347.794	12.863.529	11.659.416	0	979.565	467.176	33.280.847	0	74.598.328	1.175.176	984.956
22	15.328.745	12.701.724	11.862.146	0	1.280.990	482.234	39.604.313	0	81.260.152	1.173.717	972.567
25	15.339.420	12.871.904	11.794.765	17.416	452.137	406.904	47.548.861	0	88.431.407	1.174.534	985.598
14	15.268.130	12.762.339	11.590.624	0	1.205.634	504.841	69.415.642	0	110.747.21	1.169.076	977.208
4	15.268.130	12.762.339	11.587.205	0	1.205.634	504.841	73.671.443	0	114.999.59	1.169.076	977.208

TABELA 20 – RESUMO DOS RESULTADOS DAS MELHORES SOLUÇÕES DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DO AG111

Execução n.º	Custos (R\$)						Penalidade (R\$)		Custo Total (R\$)	Volume colhido (t)	
	Colheita		Transporte Processo	Estoque Excedente	Movimentação		E < SM	E > SX		Processo	Comércio
	Processo	Comércio			t=1	t>1					
19	16.319.440	13.338.723	12.083.486	98.643	452.137	617.882	322.974	0	43.233.285	1.249.574	1.021.342
30	16.333.639	13.188.882	12.428.585	97.077	678.206	632.940	241.065	0	43.600.396	1.250.662	1.009.868
9	16.392.331	14.170.106	12.243.540	124.990	0	580.197	150.720	0	43.661.885	1.255.156	1.085.000
8	16.432.740	14.084.483	12.242.566	115.969	226.069	670.598	58.452	0	43.830.877	1.258.250	1.078.444
28	16.408.844	14.153.594	12.193.844	172.116	226.069	580.191	111.298	0	43.845.955	1.256.420	1.083.736
15	16.369.226	14.147.998	12.167.739	146.955	226.069	685.663	220.605	10.427	43.974.682	1.253.386	1.083.308
18	16.496.255	14.020.969	12.299.877	49.773	452.137	625.398	36.455	0	43.980.863	1.263.113	1.073.581
21	16.372.180	14.190.258	12.305.666	87.875	226.069	602.797	196.591	0	43.981.435	1.253.613	1.086.543
1	16.439.958	14.077.266	12.253.185	88.074	452.137	632.933	50.379	0	43.993.933	1.258.802	1.077.892
4	16.444.877	14.207.988	12.245.693	239.735	226.069	595.262	35.227	0	43.994.851	1.259.179	1.087.901
20	16.510.571	14.051.867	12.512.078	113.810	226.069	565.113	19.914	0	43.999.421	1.264.209	1.075.947
24	16.419.214	14.143.224	12.309.155	252.895	226.069	580.191	77.182	0	44.007.928	1.257.214	1.082.942
27	16.449.530	14.067.694	12.265.389	123.355	452.137	625.404	34.635	0	44.018.143	1.259.535	1.077.159
29	16.475.588	14.041.635	12.286.634	131.939	452.137	700.728	13.808	0	44.102.469	1.261.530	1.075.164
7	16.453.676	14.108.762	12.552.781	181.234	226.069	542.525	61.259	0	44.126.305	1.259.853	1.080.303
5	16.482.623	14.034.601	12.270.581	138.558	527.428	685.663	14.901	0	44.154.354	1.262.069	1.074.625
2	16.478.147	14.084.290	12.339.876	112.858	452.137	685.650	22.610	0	44.175.568	1.261.726	1.078.430
16	16.466.398	14.096.040	12.438.530	100.104	452.137	625.391	16.244	0	44.194.844	1.260.827	1.079.329
11	16.360.678	14.201.759	12.219.524	204.987	226.069	587.726	394.414	0	44.195.157	1.252.732	1.087.424
26	16.466.171	14.051.053	12.617.638	129.322	226.069	685.657	30.440	0	44.206.348	1.260.809	1.075.885
3	16.422.468	14.139.969	12.213.305	117.652	678.206	580.191	77.796	0	44.229.587	1.257.463	1.082.693
14	16.258.512	13.128.368	12.448.358	277.929	979.565	700.728	442.304	0	44.235.765	1.244.909	1.005.235
10	16.419.610	14.097.613	12.208.232	167.147	678.206	625.404	63.114	0	44.259.326	1.257.244	1.079.450
12	16.424.609	14.137.828	12.629.558	292.176	226.069	497.312	82.901	30.039	44.320.491	1.257.627	1.082.529
23	16.470.774	14.091.663	12.314.562	61.215	678.206	655.527	49.148	0	44.321.096	1.261.162	1.078.994
17	16.428.243	14.088.981	12.309.542	112.513	678.206	647.998	81.851	0	44.347.333	1.257.905	1.078.789
22	16.555.766	13.961.457	12.381.839	327.923	452.137	670.592	0	0	44.349.714	1.267.670	1.069.024
13	16.360.390	14.202.047	12.394.577	164.190	452.137	602.797	195.608	0	44.371.747	1.252.710	1.087.446
6	16.523.185	14.039.252	12.397.606	143.236	678.206	595.255	0	0	44.376.741	1.265.175	1.074.981
25	16.294.928	14.418.222	12.058.570	264.353	527.428	572.674	388.899	0	44.525.075	1.247.697	1.103.999

**APÊNDICE 4 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA, FLUXO  
DA MADEIRA PARA PROCESSO E PRODUÇÃO DA MADEIRA DE  
COMÉRCIO DAS MELHORES SOLUÇÕES DAS OITO VARIEDADES  
DE ALGORITMOS GENÉTICOS**

TABELA 21 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG000

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC2	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC3	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC4	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
EC5	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
EC6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	26	26	26	26	26	26	26
EC7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
EC8	3	3	3	3	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	1	1	1	1
EC9	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
EC10	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	8	8	8	8
EC11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC2	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC3	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC4	11	11	11	11	11	11	11	6	6	6	6	6	6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	22
EC5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
EC6	26	26	26	26	26	26	26	26	26	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	23	23	23	23
EC7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
EC8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EC9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
EC10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELA 22 -- DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG000 (1.ª PARTE)

	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	2.164	861	2.164	861	2.164	861	2.164	861	2.164	861
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0
EC3	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0
EC4	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806
EC5	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0
EC6	1.564	791	1.564	791	1.564	791	1.564	791	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC7	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC8	0	2.882	0	2.882	0	2.882	0	2.882	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0
EC9	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0
EC10	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC11	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.573	7.462	17.573	7.462	17.573	7.462	17.573	7.462	16.496	7.005	16.496	7.005	16.496	7.005	16.496	7.005	16.496	7.005
Estoque	60.528	35.224	61.056	35.448	61.583	35.672	62.111	35.896	61.562	35.663	61.013	35.430	60.464	35.197	59.915	34.964	59.366	34.731
	T10		T11		T12		T13		T14		T15		T16		T17		T18	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.164	861	2.164	861	1.682	1.343	1.682	1.343	1.682	1.343	3.025	0	1.864	1.161	1.864	1.161	1.864	1.161
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0
EC3	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0
EC4	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC5	1.677	0	1.677	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC6	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC7	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC8	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0
EC9	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	561	1.648	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC10	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC11	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.496	7.005	16.496	7.005	17.631	7.487	17.631	7.487	17.631	7.487	18.351	7.792	18.151	7.708	18.151	7.708	18.151	7.708
Estoque	58.817	34.497	58.267	34.264	58.854	34.513	59.440	34.762	60.027	35.011	61.332	35.566	62.439	36.036	63.545	36.505	64.651	36.975



TABELA 23 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG000 (2.ª PARTE)

	T19		T20		T21		T22		T23		T24		T25		T26		T27	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	1.864	1.161	0	3.025	0	3.025	0	3.025	2.975	49	2.975	49	2.975	49	2.975	49	2.975	49
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0
EC3	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0
EC4	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC5	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC6	0	2.354	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0
EC7	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC8	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC9	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC10	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412
EC11	2.569	0	2.438	131	2.438	131	2.438	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	18.151	7.708	17.303	7.348	17.303	7.348	17.303	7.348	16.492	7.003	16.492	7.003	16.492	7.003	16.492	7.003	16.492	7.003
Estoque	65.757	37.445	66.015	37.554	66.274	37.664	66.532	37.774	65.979	37.539	65.427	37.304	64.874	37.070	64.321	36.835	63.769	36.600
	T28		T29		T30		T31		T32		T33		T34		T35		T36	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.975	49	2.975	49	2.975	49	2.975	49	2.975	49	2.975	49	3.025	0	3.025	0	3.025	0
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0
EC3	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0
EC4	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	0	2.370	0	2.370	0	2.370
EC5	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC6	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	2.606	0
EC7	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC8	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC9	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC10	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	2.068	344	2.068	344	1.632	779
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.492	7.003	16.492	7.003	16.492	7.003	16.492	7.003	16.492	7.003	16.492	7.003	17.087	7.256	17.087	7.256	18.112	7.691
Estoque	63.216	36.366	62.664	36.131	62.111	35.896	61.559	35.662	61.006	35.427	60.453	35.193	60.495	35.210	60.538	35.228	61.604	35.681

TABELA 24 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG000 (3.ª PARTE)

	T37		T38		T39		T40		T41		T42		T43		T44		T45	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0
EC3	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0
EC4	0	2.370	0	2.370	0	2.370	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0
EC5	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC6	2.606	0	2.606	0	2.606	0	18	2.588	546	2.060	546	2.060	546	2.060	0	2.958	0	2.958
EC7	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC8	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC9	0	2.209	0	2.209	0	2.209	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC10	1.632	779	1.632	779	1.632	779	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	793	1.618	793	1.618
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	18.112	7.691	18.112	7.691	18.112	7.691	17.268	7.333	16.025	6.805	16.025	6.805	16.025	6.805	16.272	6.910	16.272	6.910
Estoque	62.671	36.134	63.738	36.587	64.805	37.040	65.028	37.135	64.007	36.702	62.987	36.268	61.967	35.835	61.193	35.507	60.420	35.178

	T46		T47		T48		T49		T50		T51		T52	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	3.025	0	3.025	0	3.025	0	1.407	1.618	1.407	1.618	1.407	1.618	1.779	1.246
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0
EC3	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0
EC4	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	1.090	0
EC5	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC6	0	2.958	0	2.958	0	2.958	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0
EC7	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC8	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC9	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC10	793	1.618	793	1.618	793	1.618	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.272	6.910	16.272	6.910	16.272	6.910	14.984	6.363	14.984	6.363	14.984	6.363	14.107	5.990
Estoque	59.647	34.850	58.874	34.522	58.101	34.193	56.039	33.318	53.978	32.443	51.917	31.568	48.979	30.320

TABELA 25 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG000 (1.ª PARTE)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
EC1	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898
EC2	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234
EC3	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891
EC4	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656
EC5	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	168	168
EC6	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108
EC7	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC8	580	580	580	580	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114
EC9	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277
EC10	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479
EC11	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	19.968	19.968	19.968	19.968	21.502	21.502	21.502	21.502	21.502	21.502	21.502	19.885	19.885
Excedente	2.564	2.564	2.564	2.564	4.098	4.098	4.098	4.098	4.098	4.098	4.098	2.481	2.481
	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898
EC2	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234
EC3	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891
EC4	1.656	1.656	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC5	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC6	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316
EC7	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC8	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	1.129	1.129	1.129	1.129
EC9	2.277	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC10	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.050	1.050	1.050	1.050
EC11	893	893	893	893	893	893	893	893	893	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	19.885	18.860	19.144	19.144	19.144	19.144	20.352	20.352	20.352	18.045	18.045	18.045	18.045
Excedente	2.481	1.456	1.740	1.740	1.740	1.740	2.948	2.948	2.948	641	641	641	641

TABELA 26 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG000 (2.ª PARTE)

	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
EC1	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898
EC2	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234
EC3	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891
EC4	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092
EC5	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC6	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	856	856	856	856
EC7	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC8	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
EC9	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC10	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	18.045	18.045	18.045	18.045	18.045	18.045	18.045	17.198	17.198	15.738	15.738	15.738	15.738
Excedente	641	641	641	641	641	641	641	(206)	(206)	(1.666)	(1.666)	(1.666)	(1.666)
	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898
EC2	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234
EC3	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891
EC4	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	2.372
EC5	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC6	856	856	856	856	504	504	504	504	504	2.339	2.339	2.339	2.339
EC7	168	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939
EC8	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
EC9	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC10	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.940	18.712	18.712	18.712	18.360	18.360	18.360	18.360	18.360	20.195	20.195	20.195	21.443
Excedente	(464)	1.308	1.308	1.308	956	956	956	956	956	2.791	2.791	2.791	4.039

TABELA 27 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG001

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	2	2	2	23	23	23	23	23	12	12	12	12	12	12	12	22
EC3	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	24	24	24	24	24	24	24	24	24
EC4	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
EC6	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	9
EC7	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
EC8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3
EC9	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC11	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	21
EC2	22	22	22	22	22	22	22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25
EC3	24	24	24	24	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
EC4	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	14	14
EC6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
EC7	16	16	16	16	16	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
EC8	3	3	3	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	21
EC9	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC11	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELA 28 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG001 (1.ª PARTE)

	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0
EC2	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0
EC3	3.425	0	3.425	0	3.425	0	3.425	0	3.425	0	3.425	0	3.425	0	3.425	0	3.425	0
EC4	1.416	96	1.416	96	1.416	96	1.416	96	1.416	96	1.416	96	1.416	96	1.416	96	1.250	262
EC5	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC6	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.370
EC7	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0
EC8	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC9	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0
EC10	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.111	7.266	17.111	7.266	17.111	7.266	17.111	7.266	17.111	7.266	17.111	7.266	17.111	7.266	17.111	7.266	16.945	7.196
Estoque	60.066	35.028	60.132	35.056	60.198	35.084	60.264	35.112	60.331	35.140	60.397	35.168	60.463	35.197	60.529	35.225	60.429	35.182

	T10		T11		T12		T13		T14		T15		T16		T17		T18	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0
EC2	2.537	0	0	4.929	0	4.929	0	4.929	1.872	0	1.872	0	1.872	0	1.872	0	1.872	0
EC3	3.425	0	3.425	0	3.425	0	3.425	0	3.425	0	3.425	0	3.425	0	3.425	0	1.796	0
EC4	1.250	262	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	700	812	700	812	1.513	0	1.513	0
EC5	0	2.354	1.745	610	1.745	610	1.647	707	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC6	0	2.370	0	2.370	0	2.370	0	2.370	0	2.370	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0
EC7	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	0	1.806	0	1.806
EC8	0	2.209	2.209	0	2.209	0	2.209	0	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC9	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.513	0	1.351	162	0	1.513	0	1.513	797	715	1.283	230
EC10	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.945	7.196	18.625	7.909	18.625	7.909	18.855	8.006	16.708	7.095	16.222	6.888	16.222	6.888	16.685	7.085	15.542	6.600
Estoque	60.329	35.140	61.909	35.810	63.488	36.481	65.298	37.250	64.961	37.107	64.138	36.757	63.315	36.408	62.955	36.255	61.452	35.617

TABELA 29 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG001 (2.ª PARTE)

	T19		T20		T21		T22		T23		T24		T25		T26		T27	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0
EC2	3.897	0	3.897	0	3.897	0	3.897	0	3.897	0	3.897	0	3.897	0	1.817	0	1.817	0
EC3	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0
EC4	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC5	0	2.354	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412
EC6	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	3.294	0	3.294	0
EC7	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806
EC8	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.882	0	2.882
EC9	679	834	719	794	719	794	719	794	719	794	719	794	719	794	1.329	183	1.329	183
EC10	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.964	7.204	17.004	7.221	17.004	7.221	17.004	7.221	17.004	7.221	17.004	7.221	17.004	7.221	17.151	7.283	17.151	7.283
Estoque	61.372	35.582	61.331	35.565	61.290	35.548	61.250	35.531	61.209	35.513	61.168	35.496	61.128	35.479	61.234	35.524	61.340	35.569
	T28		T29		T30		T31		T32		T33		T34		T35		T36	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.478	109	2.478	109	2.587	0	2.587	0	2.587	0
EC2	1.817	0	1.817	0	1.817	0	1.817	0	1.817	0	1.817	0	0	3.888	0	3.888	0	3.888
EC3	1.796	0	1.796	0	1.796	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0
EC4	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	0	1.513	0	1.513	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC5	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	1.119	1.293	1.119	1.293	1.119	1.293
EC6	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC7	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294
EC8	0	2.882	0	2.882	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC9	1.329	183	1.329	183	698	814	629	884	0	1.513	0	1.513	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC10	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.151	7.283	17.151	7.283	16.521	7.015	16.685	7.085	17.730	7.529	17.730	7.529	16.871	7.164	16.871	7.164	16.871	7.164
Estoque	61.447	35.614	61.553	35.660	61.029	35.437	60.669	35.284	61.354	35.575	62.039	35.866	61.865	35.792	61.692	35.718	61.518	35.645

TABELA 30 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG001 (3.ª PARTE)

	T37		T38		T39		T40		T41		T42		T43		T44		T45	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0
EC2	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888
EC3	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0
EC4	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC5	1.119	1.293	1.119	1.293	1.119	1.293	1.119	1.293	1.119	1.293	1.119	1.293	1.119	1.293	1.119	1.293	1.119	1.293
EC6	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC7	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC8	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC9	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC10	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.871	7.164	16.871	7.164	16.871	7.164	16.871	7.164	16.871	7.164	16.871	7.164	16.871	7.164	16.871	7.164	16.871	7.164
Estoque	61.344	35.571	61.171	35.497	60.997	35.423	60.823	35.350	60.650	35.276	60.476	35.202	60.303	35.129	60.129	35.055	59.955	34.981

	T46		T47		T48		T49		T50		T51		T52	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	243	1.831
EC2	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	1.974	0
EC3	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0
EC4	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	0	1.513
EC5	1.119	1.293	1.119	1.293	1.119	1.293	1.119	1.293	1.119	1.293	1.522	0	1.522	0
EC6	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC7	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC8	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.037
EC9	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	485	1.028	0	1.513
EC10	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.871	7.164	16.871	7.164	16.871	7.164	16.871	7.164	16.871	7.164	16.247	6.899	13.880	5.894
Estoque	59.782	34.907	59.608	34.834	59.435	34.760	59.261	34.686	59.087	34.612	58.289	34.273	55.124	32.929



TABELA 31 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG001 (1.ª PARTE)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
EC1	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336
EC2	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	840	840	840
EC3	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190
EC4	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC5	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108
EC6	856	856	856	856	856	856	856	856	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092
EC7	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316
EC8	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC9	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	1.949
EC10	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC11	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.626	20.626	20.626	20.626	20.626	20.626	20.626	20.626	20.862	20.862	18.470	18.470	18.142
Excedente	3.222	3.222	3.222	3.222	3.222	3.222	3.222	3.222	3.458	3.458	1.066	1.066	738
	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336
EC2	3.897	3.897	3.897	3.897	3.897	1.872	1.872	1.872	1.872	1.872	1.872	1.872	3.952
EC3	1.190	1.190	1.190	1.190	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819
EC4	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC5	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC6	1.092	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	168
EC7	2.316	2.316	2.316	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656
EC8	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	580
EC9	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC10	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC11	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	21.200	21.893	21.893	21.233	22.861	20.835	20.778	20.778	20.778	20.778	20.778	20.778	20.568
Excedente	3.796	4.489	4.489	3.829	5.457	3.431	3.374	3.374	3.374	3.374	3.374	3.374	3.164

TABELA 32 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG001 (2.ª PARTE)

	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
EC1	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336
EC2	3.952	3.952	3.952	3.952	3.952	3.952	3.952	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881
EC3	2.819	2.819	2.819	2.819	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584
EC4	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC5	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC6	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC7	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	168	168	168	168	168	168	168	168
EC8	580	580	580	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479
EC9	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC10	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC11	168	168	168	168	168	168	168	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.568	20.568	20.568	21.467	21.232	19.744	19.744	17.505	17.505	17.505	17.505	17.505	17.505
Excedente	3.164	3.164	3.164	4.063	3.828	2.340	2.340	101	101	101	101	101	101
	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.848
EC2	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	3.795
EC3	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584
EC4	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC5	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.940	1.940
EC6	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC7	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC8	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	2.425
EC9	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC10	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.505	17.505	17.505	17.505	17.505	17.505	17.505	17.505	17.505	17.505	17.505	18.395	21.767
Excedente	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	991	4.363

TABELA 33 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG010

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	18	18	18	18	18	18
EC2	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC3	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC4	23	23	23	23	23	23	23	23	23	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
EC5	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
EC6	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	8	8	8	8
EC7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
EC8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	15	15	15	15	15	15	15
EC9	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
EC10	4	4	4	4	4	4	4	4	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	1	1
EC11	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	12	12
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC2	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC3	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC4	11	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
EC5	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
EC6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
EC7	6	6	6	6	6	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
EC8	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
EC9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
EC10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EC11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	3	3	3	3	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELA 34 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG010 (1.ª PARTE)

	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.133	388
EC3	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0
EC4	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0
EC5	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC6	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC7	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC8	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC9	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0
EC10	1.783	823	1.783	823	1.783	823	1.783	823	1.783	823	1.783	823	1.783	823	1.783	823	1.146	0
EC11	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.355	7.370	17.355	7.370	17.355	7.370	17.355	7.370	17.355	7.370	17.355	7.370	17.355	7.370	17.355	7.370	16.331	6.935
Estoque	60.310	35.132	60.621	35.264	60.931	35.395	61.241	35.527	61.551	35.659	61.862	35.791	62.172	35.922	62.482	36.054	61.768	35.751
	T10		T11		T12		T13		T14		T15		T16		T17		T18	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.014	507	2.014	507	2.014	507	2.014	507	1.839	681	1.210	1.310	1.210	1.310	1.210	1.310	1.210	1.310
EC3	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0
EC4	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC5	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC6	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC7	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC8	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC9	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0
EC11	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.611	7.054	16.611	7.054	16.611	7.054	16.611	7.054	17.022	7.228	18.503	7.857	18.503	7.857	18.503	7.857	18.503	7.857
Estoque	61.334	35.566	60.899	35.382	60.465	35.198	60.031	35.013	60.008	35.004	61.467	35.623	62.925	36.242	64.384	36.861	65.842	37.481

TABELA 35 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG010 (2.ª PARTE)

	T19		T20		T21		T22		T23		T24		T25		T26		T27	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0
EC2	1.210	1.310	0	2.520	296	2.224	296	2.224	597	1.924	597	1.924	2.379	142	2.491	29	2.491	29
EC3	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0
EC4	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC5	1.037	0	141	897	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC6	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412
EC7	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.370	0	2.370
EC8	0	2.354	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC11	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	18.503	7.857	17.920	7.610	15.111	6.417	15.111	6.417	15.412	6.545	15.412	6.545	16.710	7.096	16.823	7.144	16.823	7.144
Estoque	67.300	38.100	68.175	38.472	66.242	37.650	64.308	36.829	62.675	36.136	61.042	35.443	60.707	35.300	60.485	35.206	60.262	35.111
	T28		T29		T30		T31		T32		T33		T34		T35		T36	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0
EC2	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	1.784	736	1.784	736	1.784	736	1.784	736	1.784	736
EC3	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0
EC4	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806
EC5	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC6	1.693	719	1.693	719	1.693	719	1.693	719	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412
EC7	0	2.370	0	2.370	0	2.370	0	2.370	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0
EC8	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC11	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.022	7.228	17.022	7.228	17.022	7.228	17.022	7.228	17.162	7.288	17.162	7.288	17.162	7.288	17.162	7.288	17.162	7.288
Estoque	60.239	35.102	60.216	35.092	60.193	35.082	60.170	35.072	60.287	35.122	60.404	35.172	60.521	35.221	60.638	35.271	60.755	35.321

TABELA 36 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG010 (3.ª PARTE)

	T37		T38		T39		T40		T41		T42		T43		T44		T45	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0
EC2	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0
EC3	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0
EC4	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	1.348	0	1.348	0	1.348	0
EC5	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC6	1.983	428	1.983	428	1.983	428	1.983	428	2.037	374	2.037	374	368	2.044	368	2.044	368	2.044
EC7	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0
EC8	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC11	0	2.882	0	2.882	0	2.882	0	2.882	0	2.958	0	2.958	0	2.958	0	2.958	0	2.958
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.543	7.449	17.543	7.449	17.543	7.449	17.543	7.449	17.597	7.472	17.597	7.472	17.275	7.335	17.275	7.335	17.275	7.335
Estoque	61.253	35.532	61.751	35.743	62.249	35.955	62.747	36.166	63.298	36.401	63.850	36.635	64.080	36.732	64.309	36.830	64.539	36.927

	T46		T47		T48		T49		T50		T51		T52	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0	2.587	0
EC2	811	1.709	811	1.709	811	1.709	811	1.709	811	1.709	811	1.709	811	1.709
EC3	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0
EC4	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0
EC5	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC6	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412
EC7	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0
EC8	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	15.198	6.454	15.198	6.454	15.198	6.454	15.198	6.454	15.198	6.454	15.198	6.454	15.198	6.454
Estoque	62.692	36.143	60.845	35.359	58.998	34.575	57.151	33.790	55.304	33.006	53.457	32.222	51.610	31.437

TABELA 37 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG010 (1.ª PARTE)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
EC1	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335
EC2	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249
EC3	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587
EC4	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	1.940	1.940	1.940	1.940
EC5	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC6	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479
EC7	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC8	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108
EC9	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277
EC10	856	856	856	856	856	856	856	856	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316
EC11	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.278	20.278	20.278	20.278	20.278	20.278	20.278	20.278	21.738	21.339	21.339	21.339	21.339
Excedente	2.874	2.874	2.874	2.874	2.874	2.874	2.874	2.874	4.334	3.935	3.935	3.935	3.935
	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	335	335	335	335	335	335	335	335	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336
EC2	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249
EC3	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587
EC4	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC5	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC6	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.050	1.050	1.050	1.050
EC7	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.092
EC8	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939
EC9	2.277	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC10	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	1.129	1.129
EC11	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.123	1.123
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.752	18.642	18.642	18.642	18.642	18.642	19.474	23.475	23.475	23.046	23.046	21.197	21.037
Excedente	3.348	1.238	1.238	1.238	1.238	1.238	2.070	6.071	6.071	5.642	5.642	3.793	3.633

TABELA 38 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG010 (2.ª PARTE)

	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
EC1	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336
EC2	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249
EC3	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587
EC4	1.940	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656
EC5	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC6	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC7	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	893	893	893	893	893	893	893	893
EC8	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939
EC9	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC10	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
EC11	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	580	580	580
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	21.037	20.753	20.753	20.753	20.753	20.553	20.553	20.553	20.553	20.553	20.011	20.011	20.011
Excedente	3.633	3.349	3.349	3.349	3.349	3.149	3.149	3.149	3.149	3.149	2.607	2.607	2.607
	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336	4.336
EC2	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249
EC3	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587
EC4	1.656	1.656	1.656	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114
EC5	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC6	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC7	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893
EC8	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939
EC9	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC10	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
EC11	580	504	504	504	504	504	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.011	19.934	19.934	20.393	20.393	20.393	19.889	19.889	19.889	19.889	19.889	19.889	19.889
Excedente	2.607	2.530	2.530	2.989	2.989	2.989	2.485	2.485	2.485	2.485	2.485	2.485	2.485



TABELA 39 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG011

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	13	13	13	13	13	13
EC2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC3	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
EC4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4
EC5	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC6	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	5
EC7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EC8	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
EC9	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC11	23	23	23	23	23	23	23	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	13	13	13	13	13	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	21
EC2	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	16	16	16	16
EC4	4	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC5	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	23	23
EC7	1	1	1	1	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	15	15	15	15	15	15	15	15	15
EC8	24	24	24	24	24	24	24	24	2	2	2	2	2	3	3	3	3	6	6	6	6	6	6	21	21	21
EC9	18	18	18	18	18	18	18	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC11	15	15	15	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELA 40 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG011 (1.ª PARTE)

	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0
EC3	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644
EC4	110	2.245	110	2.245	110	2.245	110	2.245	110	2.245	110	2.245	110	2.245	0	2.354	0	2.354
EC5	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC6	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0
EC7	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC8	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0
EC9	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC10	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.503	9	1.503	9
EC11	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.523	0	1.523	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.007	7.222	17.007	7.222	17.007	7.222	17.007	7.222	17.007	7.222	17.007	7.222	17.007	7.222	17.288	7.341	17.288	7.341
Estoque	59.962	34.984	59.924	34.968	59.886	34.952	59.848	34.936	59.811	34.920	59.773	34.903	59.735	34.887	59.978	34.991	60.221	35.094

	T10		T11		T12		T13		T14		T15		T16		T17		T18	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.537	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0
EC3	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	298	2.917	298	2.917
EC4	0	2.354	104	2.250	104	2.250	104	2.250	104	2.250	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC5	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC6	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0
EC7	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC8	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.348	0	1.348	0
EC9	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC10	1.503	9	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.470	42	1.470	42	1.513	0	1.513	0
EC11	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.288	7.341	17.020	7.228	17.020	7.228	17.020	7.228	17.020	7.228	17.366	7.374	17.366	7.374	17.908	7.604	17.908	7.604
Estoque	60.464	35.197	60.439	35.186	60.414	35.176	60.390	35.165	60.365	35.155	60.686	35.291	61.006	35.427	61.869	35.794	62.731	36.160

TABELA 41 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG011 (2.ª PARTE)

	T19		T20		T21		T22		T23		T24		T25		T26		T27	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0
EC2	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0
EC3	298	2.917	0	3.215	0	3.215	0	3.215	0	3.215	0	3.215	0	3.215	351	2.863	351	2.863
EC4	0	2.354	475	2.131	907	1.699	907	1.699	907	1.699	907	1.699	907	1.699	2.606	0	2.606	0
EC5	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC6	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	0	2.209	0	2.209
EC7	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC8	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0
EC9	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC10	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC11	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.908	7.604	18.084	7.679	17.066	7.247	17.066	7.247	17.066	7.247	17.066	7.247	17.066	7.247	17.440	7.406	17.440	7.406
Estoque	63.594	36.526	64.633	36.967	64.654	36.976	64.675	36.985	64.696	36.994	64.717	37.003	64.738	37.012	65.133	37.179	65.527	37.347
	T28		T29		T30		T31		T32		T33		T34		T35		T36	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0
EC3	675	2.540	675	2.540	675	2.540	0	3.215	0	3.215	0	3.215	387	2.828	2.865	349	2.865	349
EC4	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC5	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC6	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC7	0	2.333	0	2.333	0	2.333	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0
EC8	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	0	2.958	0	2.958
EC9	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	0	1.806	0	1.806	0	1.806
EC10	1.513	0	1.513	0	1.513	0	225	1.288	246	1.266	246	1.266	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC11	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.678	7.082	16.678	7.082	16.678	7.082	15.806	6.712	15.755	6.690	15.755	6.690	16.115	6.843	17.245	7.323	17.245	7.323
Estoque	65.161	37.191	64.794	37.036	64.427	36.880	63.188	36.354	61.898	35.806	60.608	35.258	59.677	34.863	59.878	34.948	60.078	35.033

TABELA 42 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG011 (3.ª PARTE)

	T37		T38		T39		T40		T41		T42		T43		T44		T45	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0
EC3	2.865	349	2.865	349	2.865	349	3.118	0	3.118	0	3.118	0	3.118	0	3.118	0	3.118	0
EC4	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC5	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	441	1.072	441	1.072
EC6	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC7	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.523	0	1.523	0
EC8	0	2.958	0	2.958	0	2.958	0	2.882	0	2.882	0	2.882	0	2.882	0	2.370	0	2.370
EC9	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	1.522	0	1.522	0
EC10	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.138	374	1.138	374	1.138	374	1.138	374	0	1.513	0	1.513
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.245	7.323	17.245	7.323	17.245	7.323	17.124	7.271	17.124	7.271	17.124	7.271	17.124	7.271	16.868	7.163	16.868	7.163
Estoque	60.278	35.118	60.479	35.203	60.679	35.288	60.758	35.322	60.836	35.355	60.915	35.389	60.994	35.422	60.817	35.347	60.640	35.272

	T46		T47		T48		T49		T50		T51		T52	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	2.075	0
EC2	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0
EC3	3.118	0	3.118	0	3.118	0	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408
EC4	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC5	441	1.072	441	1.072	441	1.072	1.513	0	1.088	425	0	1.513	548	965
EC6	0	2.209	0	2.209	0	2.209	35	2.174	0	2.209	1.123	0	1.123	0
EC7	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC8	0	2.370	0	2.370	0	2.370	0	2.370	1.037	0	240	798	1.037	0
EC9	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC10	0	1.513	0	1.513	0	1.513	1.513	0	0	1.513	0	1.513	0	1.513
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.868	7.163	16.868	7.163	16.868	7.163	16.370	6.951	15.435	6.554	14.673	6.231	11.505	4.885
Estoque	60.463	35.197	60.286	35.122	60.110	35.047	59.435	34.760	57.825	34.076	55.452	33.069	49.912	30.716

TABELA 43 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG011 (1.ª PARTE)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
EC1	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335
EC2	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.613	3.613	3.613
EC3	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971
EC4	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108
EC5	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC6	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277
EC7	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
EC8	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316
EC9	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC10	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC11	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.774	20.774	20.774	20.774	20.774	20.774	20.774	20.374	20.374	20.374	20.755	20.755	20.755
Excedente	3.370	3.370	3.370	3.370	3.370	3.370	3.370	2.970	2.970	2.970	3.351	3.351	3.351
	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	335	335	335	335	335	335	335	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786
EC2	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613
EC3	1.971	1.971	1.971	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
EC4	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	856	856	856	856	856	856	856
EC5	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC6	2.277	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.253
EC7	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
EC8	2.316	2.316	2.316	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114
EC9	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC10	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC11	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.755	20.263	20.263	19.491	19.491	19.491	19.240	20.690	20.690	20.690	20.690	20.690	20.158
Excedente	3.351	2.859	2.859	2.087	2.087	2.087	1.836	3.286	3.286	3.286	3.286	3.286	2.754

TABELA 44 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG011 (2.ª PARTE)

	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
EC1	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	335	335	335	335	335	335	335	335
EC2	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613
EC3	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
EC4	856	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC5	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC6	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC7	1.129	1.129	1.129	1.129	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372
EC8	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	504	504	504	504	504
EC9	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656
EC10	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC11	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.158	21.242	21.242	21.242	22.485	19.096	19.096	18.583	16.973	16.973	16.973	16.973	16.973
Excedente	2.754	3.838	3.838	3.838	5.081	1.692	1.692	1.179	(431)	(431)	(431)	(431)	(431)
	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	4.848
EC2	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613
EC3	1.497	1.497	1.497	1.497	1.497	1.497	1.497	1.497	1.497	2.207	2.207	2.207	2.207
EC4	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC5	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC6	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	2.339	2.339
EC7	2.372	2.372	2.372	2.372	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939
EC8	580	580	580	580	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	2.425	2.425	2.425
EC9	1.656	1.656	1.656	1.656	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC10	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.146	17.146	17.146	17.146	17.510	17.510	17.510	17.510	17.510	18.220	19.552	20.638	25.151
Excedente	(258)	(258)	(258)	(258)	106	106	106	106	106	816	2.148	3.234	7.747

TABELA 45 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG100

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC2	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC3	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	17
EC4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5
EC5	2	2	2	2	2	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	1	1	1	1	1	1
EC6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
EC7	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	11	11	11	11
EC8	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC9	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
EC10	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
EC11	6	6	6	6	6	6	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC2	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC3	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	4	4	4	4	4	4	21	21	21	21	21
EC4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	25	25	25	25	25	25	25	25
EC5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23	23
EC6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
EC7	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
EC8	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
EC10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	22	22	22	22	22
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELA 46 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG100 (1.ª PARTE)

	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	2.371	653	2.731	294	2.731	294	2.731	294
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0
EC3	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0
EC4	155	2.199	155	2.199	155	2.199	155	2.199	155	2.199	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC5	0	2.958	0	2.958	0	2.958	0	2.958	0	2.958	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806
EC6	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC7	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0
EC8	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC9	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0
EC10	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0
EC11	0	2.370	0	2.370	0	2.370	0	2.370	0	2.370	0	2.370	0	2.882	0	2.882	0	2.882
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.726	7.527	17.726	7.527	17.726	7.527	17.726	7.527	17.726	7.527	16.917	7.184	17.277	7.336	17.277	7.336	17.277	7.336
Estoque	60.681	35.289	61.361	35.578	62.042	35.867	62.723	36.156	63.403	36.445	63.276	36.391	63.507	36.489	63.739	36.588	63.971	36.686
	T10		T11		T12		T13		T14		T15		T16		T17		T18	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.731	294	708	2.317	226	2.799	226	2.799	226	2.799	226	2.799	226	2.799	2.260	764	2.260	764
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0
EC3	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0
EC4	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC5	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806	0	1.806
EC6	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC7	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0
EC8	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC9	1.677	0	1.677	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	0	2.412	0	2.412
EC11	0	2.882	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.277	7.336	15.254	6.477	16.389	6.960	16.389	6.960	16.389	6.960	16.389	6.960	16.389	6.960	17.278	7.337	17.278	7.337
Estoque	64.202	36.784	62.411	36.024	61.756	35.746	61.100	35.467	60.445	35.189	59.789	34.910	59.134	34.632	59.366	34.731	59.599	34.830



TABELA 47 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG100 (2.ª PARTE)

	T19		T20		T21		T22		T23		T24		T25		T26		T27	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	2.260	764	2.158	866	2.528	497	2.528	497	2.840	185	2.840	185	2.840	185	3.025	0	3.025	0
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0
EC3	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	2.031	0	0	2.644	0	2.644
EC4	0	2.354	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC5	0	1.806	0	1.806	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC6	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC7	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC8	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	2.277	135	2.277	135
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.278	7.337	17.176	7.293	17.545	7.450	17.545	7.450	16.811	7.139	16.811	7.139	16.811	7.139	17.241	7.321	17.241	7.321
Estoque	59.831	34.928	59.962	34.984	60.462	35.196	60.963	35.409	60.728	35.309	60.494	35.210	60.260	35.110	60.456	35.194	60.652	35.277
	T28		T29		T30		T31		T32		T33		T34		T35		T36	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0
EC3	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644
EC4	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC5	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC6	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC7	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC8	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	2.277	135	2.277	135	2.277	135	2.277	135	2.277	135	2.277	135	2.277	135	2.277	135	2.277	135
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.241	7.321	17.241	7.321	17.241	7.321	17.241	7.321	17.241	7.321	17.241	7.321	17.241	7.321	17.241	7.321	17.241	7.321
Estoque	60.848	35.360	61.045	35.444	61.241	35.527	61.437	35.610	61.633	35.694	61.830	35.777	62.026	35.860	62.222	35.944	62.418	36.027

TABELA 48 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG100 (3.ª PARTE)

	T37		T38		T39		T40		T41		T42		T43		T44		T45	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0
EC3	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	0	2.644	3.196	278	3.196	278	3.196	278	1.292	2.182
EC4	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	202	2.007	0	2.209	0	2.209	0	2.209	1.185	0
EC5	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC6	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0
EC7	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0
EC8	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	2.277	135	2.277	135	2.277	135	2.277	135	2.412	0	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.241	7.321	17.241	7.321	17.241	7.321	17.241	7.321	16.448	6.984	17.031	7.232	17.031	7.232	17.031	7.232	16.311	6.926
Estoque	62.615	36.110	62.811	36.194	63.007	36.277	63.203	36.360	62.606	36.107	62.592	36.101	62.577	36.094	62.563	36.088	61.829	35.777
	T46		T47		T48		T49		T50		T51		T52					
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO				
EC1	3.025	0	3.025	0	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025	0	3.025				
EC2	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0	2.535	0				
EC3	1.292	2.182	1.292	2.182	832	552	832	552	832	552	0	1.383	0	1.383				
EC4	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0				
EC5	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	1.123	0	1.123	0				
EC6	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0				
EC7	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0				
EC8	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	153	1.141	153	1.141				
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0				
EC10	0	2.412	0	2.412	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0				
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Produção	16.311	6.926	16.311	6.926	13.916	5.909	13.916	5.909	13.916	5.909	13.067	5.549	13.067	5.549				
Estoque	61.096	35.465	60.362	35.154	57.233	33.825	54.104	32.496	50.975	31.168	46.997	29.478	43.018	27.789				

TABELA 49 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG100 (1.ª PARTE)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
EC1	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898
EC2	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234
EC3	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584
EC4	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108
EC5	504	504	504	504	504	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656
EC6	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC7	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893
EC8	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC9	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	168	168
EC10	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316
EC11	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	580	580	580	580	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	19.750	19.750	19.750	19.750	19.750	20.902	20.390	20.390	20.390	20.390	19.810	18.192	18.192
Excedente	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	3.498	2.986	2.986	2.986	2.986	2.406	788	788
	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898
EC2	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234
EC3	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	1.971
EC4	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC5	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.656	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
EC6	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC7	893	893	893	893	893	893	893	893	893	1.940	1.940	1.940	1.940
EC8	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC9	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC10	2.316	2.316	2.316	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	18.192	18.192	18.192	16.927	16.927	16.927	17.072	16.545	16.545	17.592	17.592	17.592	16.978
Excedente	788	788	788	(477)	(477)	(477)	(332)	(859)	(859)	188	188	188	(426)

TABELA 50 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG100 (2.ª PARTE)

	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
EC1	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898
EC2	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234
EC3	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971	1.971
EC4	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC5	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
EC6	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC7	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC8	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC9	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC10	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.978	16.978	16.978	16.978	16.978	16.978	16.978	16.978	16.978	16.978	16.978	16.978	16.978
Excedente	(426)	(426)	(426)	(426)	(426)	(426)	(426)	(426)	(426)	(426)	(426)	(426)	(426)
	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898	3.898
EC2	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234	3.234
EC3	1.971	1.971	1.141	1.141	1.141	1.141	1.141	1.141	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232
EC4	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277
EC5	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	2.339	2.339
EC6	168	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123
EC7	1.940	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114
EC8	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC9	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC10	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.978	18.109	17.279	17.279	17.279	18.303	18.303	18.303	21.716	21.716	21.716	22.926	22.926
Excedente	(426)	705	(125)	(125)	(125)	899	899	899	4.312	4.312	4.312	5.522	5.522

TABELA 51 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG101

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	13	13	13	13	13	13
EC2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EC3	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	12	12
EC4	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
EC5	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	23	23	23	23	23	23	23	23	23	8	8	8	8	8	8
EC6	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5
EC8	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	2	2	2	14
EC9	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC10	4	4	4	4	4	4	4	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC11	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	13	13	13	13	13	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	2
EC2	1	1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	6	6	6	6
EC3	12	12	12	12	12	12	12	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC4	22	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4
EC6	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	21	21	21	21
EC8	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC9	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC10	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC11	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELA 52 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG101 (1.ª PARTE)

	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0
EC3	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408
EC4	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0
EC5	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0
EC6	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0
EC7	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC8	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC9	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.188	325	1.188	325
EC10	1.890	716	1.890	716	1.890	716	1.890	716	1.890	716	1.890	716	1.890	716	1.294	0	1.294	0
EC11	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.572	7.462	17.572	7.462	17.572	7.462	17.572	7.462	17.572	7.462	17.572	7.462	17.572	7.462	16.651	7.071	16.651	7.071
Estoque	60.527	35.224	61.055	35.448	61.582	35.672	62.109	35.896	62.637	36.120	63.164	36.344	63.691	36.568	63.297	36.400	62.903	36.233

	T10		T11		T12		T13		T14		T15		T16		T17		T18	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.537	0	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888
EC3	0	2.408	0	2.408	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0
EC4	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0
EC5	1.677	0	1.677	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0
EC6	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.294	0	1.294	0
EC7	0	2.354	2.354	0	1.100	1.255	1.100	1.255	1.100	1.255	1.128	1.227	1.128	1.227	1.084	1.270	1.084	1.270
EC8	0	1.983	806	1.177	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC9	1.188	325	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC10	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC11	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.651	7.071	17.599	7.473	16.782	7.126	16.782	7.126	16.782	7.126	16.715	7.098	16.715	7.098	16.819	7.142	16.819	7.142
Estoque	62.509	36.066	63.064	36.301	62.800	36.189	62.537	36.077	62.273	35.965	61.944	35.825	61.614	35.685	61.388	35.589	61.161	35.493

TABELA 53 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG101 (2.ª PARTE)

	T19		T20		T21		T22		T23		T24		T25		T26		T27	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0
EC2	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888	0	3.888
EC3	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0	1.796	0	3.118	0	3.118	0	3.118	0
EC4	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0
EC5	1.123	0	1.123	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	1.202	1.209	1.202	1.209
EC6	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC7	1.084	1.270	982	1.227	1.030	1.179	1.030	1.179	1.715	494	1.715	494	1.321	888	0	2.209	0	2.209
EC8	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	2.958	0	2.958	0	2.958	1.522	0	1.522	0
EC9	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC10	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC11	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.819	7.142	16.716	7.099	16.603	7.050	16.603	7.050	17.287	7.341	17.287	7.341	18.214	7.735	17.206	7.306	17.206	7.306
Estoque	60.935	35.397	60.606	35.257	60.164	35.070	59.721	34.882	59.963	34.984	60.205	35.087	61.375	35.584	61.536	35.652	61.697	35.720
	T28		T29		T30		T31		T32		T33		T34		T35		T36	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	0	3.888	2.538	0	2.538	0	2.538	0	2.538	0	2.538	0	2.538	0	2.538	0	2.538	0
EC3	3.118	0	3.118	0	3.118	0	3.118	0	3.118	0	3.118	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0
EC4	1.513	0	616	897	616	897	616	897	183	1.329	183	1.329	508	1.004	508	1.004	508	1.004
EC5	1.076	1.335	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412
EC6	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC7	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC8	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC9	1.513	0	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513
EC10	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC11	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.503	7.432	16.555	7.030	16.555	7.030	16.555	7.030	17.573	7.462	17.573	7.462	16.809	7.138	16.809	7.138	16.809	7.138
Estoque	62.154	35.915	61.664	35.707	61.174	35.499	60.685	35.291	61.213	35.515	61.741	35.739	61.505	35.639	61.269	35.539	61.032	35.438

TABELA 54 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG101 (3.ª PARTE)

	T37		T38		T39		T40		T41		T42		T43		T44		T45	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.538	0	2.538	0	2.538	0	2.538	0	2.538	0	2.538	0	2.538	0	2.538	0	2.538	0
EC3	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0
EC4	508	1.004	508	1.004	508	1.004	508	1.004	508	1.004	508	1.004	508	1.004	508	1.004	980	532
EC5	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412
EC6	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC7	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.882
EC8	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC9	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513
EC10	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC11	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.809	7.138	16.809	7.138	16.809	7.138	16.809	7.138	16.809	7.138	16.809	7.138	16.809	7.138	16.809	7.138	17.281	7.338
Estoque	60.796	35.338	60.560	35.238	60.323	35.137	60.087	35.037	59.850	34.937	59.614	34.836	59.378	34.736	59.141	34.635	59.377	34.736
	T46		T47		T48		T49		T50		T51		T52					
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO				
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	2.798	3.118				
EC2	2.538	0	2.538	0	2.538	0	0	3.949	0	3.949	0	3.949	0	3.949				
EC3	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0	2.028	0				
EC4	980	532	980	532	980	532	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0				
EC5	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	2.606	0				
EC6	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0				
EC7	0	2.882	0	2.882	0	2.882	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0				
EC8	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0				
EC9	0	1.513	0	1.513	0	1.513	664	849	664	849	664	849	1.513	0				
EC10	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0				
EC11	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0				
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Produção	17.281	7.338	17.281	7.338	17.281	7.338	16.976	7.209	16.976	7.209	16.976	7.209	16.641	7.066				
Estoque	59.613	34.836	59.849	34.936	60.084	35.036	60.016	35.007	59.947	34.977	59.878	34.948	59.474	34.777				



TABELA 55 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG101 (1.ª PARTE)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
EC1	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335
EC2	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	1.881	1.881	1.881
EC3	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.819	2.819
EC4	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277
EC5	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	2.339	2.339
EC6	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316
EC7	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108
EC8	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479
EC9	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC10	856	856	856	856	856	856	856	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC11	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	19.969	19.969	19.969	19.969	19.969	19.969	19.969	21.281	21.281	21.281	19.930	21.095	21.095
Excedente	2.565	2.565	2.565	2.565	2.565	2.565	2.565	3.877	3.877	3.877	2.526	3.691	3.691
	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	335	335	335	335	335	335	335	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786
EC2	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881	1.881
EC3	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819	2.819	1.497	1.497
EC4	2.277	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372
EC5	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC6	2.316	2.316	2.316	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC7	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC8	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	504	504	504	1.940
EC9	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC10	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC11	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	21.095	21.190	21.190	21.043	21.043	21.043	21.188	21.350	21.350	20.375	20.375	19.054	20.491
Excedente	3.691	3.786	3.786	3.639	3.639	3.639	3.784	3.946	3.946	2.971	2.971	1.650	3.087

TABELA 56 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG101 (2.ª PARTE)

	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
EC1	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	335	335	335	335	335	335	335	335
EC2	1.881	1.881	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231
EC3	1.497	1.497	1.497	1.497	1.497	1.497	1.497	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587
EC4	2.372	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC5	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC6	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC7	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC8	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC9	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC10	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC11	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.491	20.068	21.418	21.418	21.418	19.967	19.967	21.057	21.057	21.057	21.057	21.057	21.057
Excedente	3.087	2.664	4.014	4.014	4.014	2.563	2.563	3.653	3.653	3.653	3.653	3.653	3.653
	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	1.007
EC2	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231	3.231	1.820	1.820	1.820	1.820
EC3	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587	2.587
EC4	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC5	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	856
EC6	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC7	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	580	580	580	580	2.425	2.425	2.425	2.425
EC8	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC9	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC10	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC11	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	21.057	21.057	21.057	21.057	21.057	20.384	20.384	20.384	20.384	20.818	20.818	20.818	21.296
Excedente	3.653	3.653	3.653	3.653	3.653	2.980	2.980	2.980	2.980	3.414	3.414	3.414	3.892

TABELA 57 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG110

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	16	16	16	16	16	16
EC2	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC3	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5
EC5	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	13	13	13	13	13	13	13	13
EC6	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
EC7	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
EC8	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC9	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
EC10	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	8	8	8	8
EC11	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	6	6	11	11	11	11	11	11	11
EC2	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC3	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	23	23	23	23	23	23	23
EC5	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
EC6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	22	22	22	22	22	22	22
EC7	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
EC8	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
EC10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
EC11	26	26	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELA 58 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG110 (1.ª PARTE)

	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.149	372	2.149	372	2.149	372	2.149	372	2.149	372	2.149	372	2.149	372	2.149	372	2.342	178
EC3	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0
EC4	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC5	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0
EC6	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0
EC7	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC8	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC9	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0
EC10	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC11	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.606	0	2.882
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.228	7.316	17.228	7.316	17.228	7.316	17.228	7.316	17.228	7.316	17.228	7.316	17.228	7.316	17.228	7.316	17.422	7.398
Estoque	60.183	35.078	60.367	35.156	60.550	35.234	60.734	35.312	60.917	35.390	61.101	35.468	61.284	35.545	61.468	35.623	61.845	35.783
	T10		T11		T12		T13		T14		T15		T16		T17		T18	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.342	178	2.342	178	2.388	133	2.497	23	2.497	23	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	2.520
EC3	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0
EC4	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC5	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0
EC6	1.677	0	1.677	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC7	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	432	606	432	606	432	606	432	606
EC8	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC9	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC11	0	2.882	0	2.882	0	2.882	1.146	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.422	7.398	17.422	7.398	17.314	7.352	16.096	6.835	16.096	6.835	17.577	7.464	17.577	7.464	17.577	7.464	17.577	7.464
Estoque	62.222	35.943	62.599	36.104	62.868	36.218	61.919	35.815	60.970	35.412	61.502	35.638	62.034	35.864	62.567	36.090	63.099	36.316

TABELA 59 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG110 (2.ª PARTE)

	T19		T20		T21		T22		T23		T24		T25		T26		T27	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	0	3.612	0	3.612	0	3.612	0	3.612	0	3.612	0	3.612	0	3.612
EC2	0	2.520	0	2.520	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0
EC3	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0
EC4	0	2.354	0	2.209	907	1.302	907	1.302	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC5	2.569	0	2.535	34	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0
EC6	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC7	68	970	0	1.037	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC8	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	1.208	1.204	1.208	1.204	1.208	1.204	1.208	1.204	1.208	1.204
EC11	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	18.434	7.828	18.332	7.785	16.244	6.898	16.244	6.898	16.544	7.025	16.544	7.025	16.544	7.025	16.544	7.025	16.544	7.025
Estoque	64.488	36.906	65.775	37.453	64.974	37.112	64.173	36.772	63.672	36.559	63.172	36.347	62.671	36.134	62.170	35.922	61.669	35.709
	T28		T29		T30		T31		T32		T33		T34		T35		T36	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	0	4.666	0	4.666	0	4.666	0	4.666	0	4.666	0	4.666	0	4.666	0	4.666	0	4.666
EC2	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0
EC3	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0
EC4	0	2.209	1.954	256	1.954	256	1.954	256	1.954	256	1.954	256	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC5	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0
EC6	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC7	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC8	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	1.947	465	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.289	123	2.289	123	2.289	123
EC11	1.146	0	0	2.958	0	2.958	0	2.958	0	2.958	0	2.958	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.284	7.339	18.556	7.879	18.556	7.879	18.556	7.879	18.556	7.879	18.556	7.879	16.479	6.998	16.479	6.998	16.479	6.998
Estoque	61.908	35.810	63.419	36.452	64.929	37.093	66.440	37.735	67.950	38.376	69.461	39.018	68.895	38.777	68.329	38.537	67.763	38.297

TABELA 60 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG110 (3.ª PARTE)

	T37		T38		T39		T40		T41		T42		T43		T44		T45	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	0	4.666	0	4.666	0	4.666	0	4.666	0	4.666	0	4.666	0	4.738	0	4.738	0	4.738
EC2	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0
EC3	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0	1.724	0
EC4	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	1.123	0
EC5	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.569	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0
EC6	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.090	0
EC7	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0
EC8	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	2.289	123	2.289	123	2.289	123	2.289	123	2.357	54	2.357	54	2.408	3	2.408	3	652	1.760
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	16.479	6.998	16.479	6.998	16.479	6.998	16.479	6.998	16.318	6.929	16.318	6.929	16.369	6.951	16.369	6.951	15.302	6.498
Estoque	67.198	38.056	66.632	37.816	66.066	37.576	65.500	37.336	64.773	37.027	64.045	36.718	63.369	36.431	62.693	36.143	60.950	35.403

	T46		T47		T48		T49		T50		T51		T52	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	3.044	0	3.044	0	3.044	0	3.044	0	3.044	0	3.044	0	3.044	0
EC2	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520	0	2.520
EC3	1.701	24	1.701	24	1.701	24	1.701	24	1.701	24	1.701	24	1.701	24
EC4	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0
EC5	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0
EC6	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0	1.090	0
EC7	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037	0	1.037
EC8	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC9	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0	3.294	0
EC10	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	14.113	5.993	14.113	5.993	14.113	5.993	14.113	5.993	14.113	5.993	14.113	5.993	14.113	5.993
Estoque	58.018	34.158	55.086	32.913	52.155	31.669	49.223	30.424	46.291	29.179	43.359	27.934	40.427	26.689

TABELA 61 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG110 (1.ª PARTE)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
EC1	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335
EC2	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249
EC3	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891
EC4	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108
EC5	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114
EC6	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.939	1.939
EC7	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC8	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC9	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277
EC10	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479
EC11	856	856	856	856	856	856	856	856	580	580	580	580	2.316
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.459	20.459	20.459	20.459	20.459	20.459	20.459	20.459	20.183	20.183	20.183	20.336	22.072
Excedente	3.055	3.055	3.055	3.055	3.055	3.055	3.055	3.055	2.779	2.779	2.779	2.932	4.668
	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	335	335	335	335	335	335	335	3.311	3.311	3.311	3.311	3.311	3.311
EC2	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249
EC3	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891
EC4	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC5	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	893	893	893	893	893	893	893	893
EC6	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939
EC7	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC8	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC9	2.277	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC10	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.050	1.050	1.050	1.050
EC11	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	22.072	19.962	19.962	19.962	19.962	18.741	18.886	21.862	21.862	21.433	21.433	21.433	21.433
Excedente	4.668	2.558	2.558	2.558	2.558	1.337	1.482	4.458	4.458	4.029	4.029	4.029	4.029

TABELA 62 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG110 (2.ª PARTE)

	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
EC1	3.311	2.257	2.257	2.257	2.257	2.257	2.257	2.257	2.257	2.257	2.257	2.257	2.257
EC2	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249
EC3	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891
EC4	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC5	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	893
EC6	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939
EC7	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC8	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC9	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC10	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC11	2.316	2.316	504	504	504	504	504	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	21.433	20.380	18.568	18.568	18.568	18.568	18.568	18.064	18.064	18.064	18.064	18.064	18.064
Excedente	4.029	2.976	1.164	1.164	1.164	1.164	1.164	660	660	660	660	660	660
	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	2.257	2.257	2.257	2.185	2.185	2.185	3.879	3.879	3.879	3.879	3.879	3.879	3.879
EC2	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249	3.249
EC3	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891	2.891
EC4	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339
EC5	893	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123
EC6	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372	2.372
EC7	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC8	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC9	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
EC10	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	18.064	18.294	18.294	18.222	18.222	19.741	21.435	21.435	21.435	21.435	21.435	21.435	21.435
Excedente	660	890	890	818	818	2.337	4.031	4.031	4.031	4.031	4.031	4.031	4.031



TABELA 63 – PROGRAMAÇÃO DA COLHEITA DE MADEIRA DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG111

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	13	13	13	13	13	13
EC2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC3	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	20	20	20	20	20
EC4	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
EC5	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	14	14	14	14
EC6	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
EC7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	4
EC8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
EC9	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC10	19	19	19	19	19	19	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC11	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	13	13	13	13	13	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	21
EC2	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
EC3	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC4	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	19	19	19	19	19
EC5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	24	24
EC7	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
EC8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	21	21	21	21	21
EC9	18	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
EC10	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
EC11	8	8	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELA 64 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG111 (1.ª PARTE)

	T1		T2		T3		T4		T5		T6		T7		T8		T9	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0	2.537	0
EC3	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408	0	2.408
EC4	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0
EC5	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC6	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0
EC7	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC8	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0	2.339	0
EC9	630	664	630	664	630	664	630	664	630	664	630	664	676	617	676	617	676	617
EC10	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.449	7.409	17.449	7.409	17.449	7.409	17.449	7.409	17.449	7.409	17.449	7.409	17.340	7.363	17.340	7.363	17.340	7.363
Estoque	60.404	35.171	60.807	35.343	61.211	35.514	61.615	35.686	62.018	35.857	62.422	36.028	62.717	36.154	63.011	36.279	63.306	36.404

	T10		T11		T12		T13		T14		T15		T16		T17		T18	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.537	0	2.156	0	822	1.333	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0
EC3	0	2.408	0	2.408	1.453	0	1.453	0	1.453	0	1.453	0	1.453	0	1.453	0	1.453	0
EC4	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.185	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC5	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983
EC6	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.146	0	1.123	0	1.123	0
EC7	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354	0	2.354
EC8	2.339	0	2.339	0	2.339	0	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC9	676	617	790	504	0	1.294	1.001	292	1.001	292	900	393	900	393	1.294	0	1.294	0
EC10	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.348	0	1.708	703	1.708	703
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.340	7.363	17.072	7.250	16.402	6.965	16.398	6.963	16.398	6.963	16.636	7.064	16.636	7.064	17.366	7.374	17.366	7.374
Estoque	63.601	36.529	63.628	36.541	62.985	36.268	62.338	35.993	61.691	35.718	61.282	35.544	60.872	35.370	61.194	35.507	61.515	35.643

TABELA 65 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG111 (2.ª PARTE)

	T19		T20		T21		T22		T23		T24		T25		T26		T27	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0
EC2	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0
EC3	1.453	0	1.453	0	1.453	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0
EC4	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC5	0	1.983	0	1.983	0	1.983	0	1.983	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC6	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	1.123	0	0	2.209	0	2.209
EC7	0	2.354	0	2.370	0	2.370	0	2.370	0	2.370	0	2.370	0	2.370	2.189	417	2.189	417
EC8	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC9	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0
EC10	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	1.708	703	1.719	693	2.151	260	1.983	428	138	2.274	138	2.274	138	2.274	0	2.412	0	2.412
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.366	7.374	17.377	7.379	16.359	6.947	16.754	7.114	16.430	6.977	16.430	6.977	16.430	6.977	17.358	7.371	17.358	7.371
Estoque	61.836	35.780	62.168	35.921	61.482	35.629	61.191	35.506	60.576	35.244	59.960	34.983	59.345	34.722	59.658	34.855	59.971	34.988
	T28		T29		T30		T31		T32		T33		T34		T35		T36	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	5.137	0	5.137	0	5.137	0	5.137	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0
EC3	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0
EC4	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC5	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC6	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	192	2.017	192	2.017	192	2.017
EC7	2.189	417	2.189	417	2.189	417	2.189	417	1.757	849	64	2.542	0	2.882	0	2.882	0	2.882
EC8	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333
EC9	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.294	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC10	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.358	7.371	17.358	7.371	17.358	7.371	17.358	7.371	18.376	7.803	16.683	7.084	17.031	7.232	17.031	7.232	17.031	7.232
Estoque	60.284	35.121	60.597	35.253	60.910	35.386	61.223	35.519	62.554	36.085	62.193	35.931	62.178	35.925	62.164	35.919	62.149	35.913

TABELA 66 – DESTINO DA MADEIRA DE PROCESSO PARA A MELHOR SOLUÇÃO DO AG111 (3.ª PARTE)

	T37		T38		T39		T40		T41		T42		T43		T44		T45	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0
EC2	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0
EC3	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0	2.016	0
EC4	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0	1.523	0
EC5	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC6	192	2.017	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209
EC7	0	2.882	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	301	2.111	301	2.111	301	2.111
EC8	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.333	0	2.958	0	2.958	0	2.958
EC9	1.513	0	1.375	138	1.375	138	1.375	138	1.375	138	1.375	138	1.513	0	1.513	0	1.513	0
EC10	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.031	7.232	16.701	7.092	16.701	7.092	16.701	7.092	16.701	7.092	16.701	7.092	17.139	7.278	17.139	7.278	17.139	7.278
Estoque	62.135	35.907	61.790	35.760	61.446	35.614	61.102	35.468	60.757	35.322	60.413	35.175	60.507	35.215	60.601	35.255	60.696	35.295

	T46		T47		T48		T49		T50		T51		T52	
	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO	OTA	CPO
EC1	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	6.588	0	2.075	0
EC2	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0	2.156	0
EC3	2.016	0	2.016	0	1.398	618	1.398	618	1.398	618	0	2.016	791	1.225
EC4	1.523	0	1.523	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0	1.677	0
EC5	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC6	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	0	2.209	1.348	0	1.348	0
EC7	301	2.111	301	2.111	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412	0	2.412
EC8	0	2.958	0	2.958	1.037	0	1.037	0	1.037	0	483	554	1.037	0
EC9	1.513	0	1.513	0	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513	0	1.513
EC10	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0	1.522	0
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.139	7.278	17.139	7.278	15.899	6.751	15.899	6.751	15.899	6.751	15.294	6.494	12.126	5.149
Estoque	60.790	35.335	60.884	35.375	59.738	34.889	58.592	34.402	57.445	33.915	55.694	33.172	50.775	31.083

TABELA 67 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG111 (1.ª PARTE)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
EC1	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335
EC2	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.232	3.613	3.613	3.613
EC3	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	3.162	3.162
EC4	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277	2.277
EC5	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479
EC6	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316	2.316
EC7	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108
EC8	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.123	1.129
EC9	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC10	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC11	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114	2.114
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.145	20.145	20.145	20.145	20.145	20.145	20.300	20.300	20.300	20.300	20.681	21.636	21.642
Excedente	2.741	2.741	2.741	2.741	2.741	2.741	2.896	2.896	2.896	2.896	3.277	4.232	4.238
	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
EC1	335	335	335	335	335	335	335	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786
EC2	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613
EC3	3.162	3.162	3.162	3.162	3.162	3.162	3.162	3.162	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599
EC4	2.277	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939
EC5	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.479	1.940	1.940	1.940	1.940
EC6	2.316	2.316	2.316	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	2.339	1.253
EC7	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.108	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	856
EC8	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
EC9	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168
EC10	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC11	2.114	2.114	2.114	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	21.642	21.303	21.303	20.262	20.262	20.262	20.247	21.698	21.135	21.597	21.597	21.597	20.274
Excedente	4.238	3.899	3.899	2.858	2.858	2.858	2.843	4.294	3.731	4.193	4.193	4.193	2.870

TABELA 68 – PRODUÇÃO DA MADEIRA DE COMÉRCIO DA MELHOR SOLUÇÃO DO AG111 (2.ª PARTE)

	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
EC1	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	335	335	335	335	335	335	335	335
EC2	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613
EC3	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599
EC4	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939
EC5	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC6	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
EC7	856	856	856	856	856	856	856	580	580	580	580	1.050	1.050
EC8	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
EC9	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	2.168	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC10	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC11	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	20.274	20.274	20.274	20.274	20.274	18.823	17.773	17.279	17.279	17.279	17.279	17.749	17.749
Excedente	2.870	2.870	2.870	2.870	2.870	1.419	369	(125)	(125)	(125)	(125)	345	345
	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
EC1	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335	4.848
EC2	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613	3.613
EC3	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599
EC4	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.939	1.785	1.785	1.785	1.785	1.785
EC5	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC6	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	2.114	2.114
EC7	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050	1.050
EC8	1.129	1.129	1.129	504	504	504	504	504	2.425	2.425	2.425	2.425	2.425
EC9	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949	1.949
EC10	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940	1.940
EC11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EC12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Produção	17.749	17.749	17.749	17.124	17.124	17.124	17.124	17.124	18.891	18.891	18.891	19.753	24.266
Excedente	345	345	345	(280)	(280)	(280)	(280)	(280)	1.487	1.487	1.487	2.349	6.862

**APÊNDICE 5 – NÚMERO DE ITERAÇÕES E TEMPO DE  
PROCESSAMENTO DAS TRINTA EXECUÇÕES INDEPENDENTES DAS  
OITO VARIEDADES DE ALGORITMOS GENÉTICOS**

TABELA 69 – NÚMERO DE ITERAÇÕES E TEMPO DE PROCESSAMENTO DAS TRINTA EXECUÇÕES DAS OITO VARIEDADES DE ALGORITMOS GENÉTICOS

Execução n.º	AG000		AG001		AG010		AG011		AG100		AG101		AG110		AG111	
	n.º ite	Tempo (min)	n.º ite	Tempo (min)	n.º ite	Tempo (min)	n.º ite	Tempo (min)	n.º ite	Tempo (min)	n.º ite	Tempo (min)	n.º ite	Tempo (min)	n.º ite	Tempo (min)
1	26.945	2.596	11.929	1.673	3.196	338	13.017	1.925	12.547	1.277	20.555	2.567	2.583	321	20.782	2.908
2	21.879	2.043	6.130	1.012	8.746	786	18.737	2.491	2.823	314	14.248	1.690	2.565	276	9.677	1.358
3	3.813	442	11.737	1.790	6.011	624	25.384	3.221	24.390	2.270	13.943	1.728	6.387	668	12.031	1.577
4	14.552	1.456	6.522	1.054	3.304	350	20.404	2.602	9.703	985	8.966	1.199	2.615	285	15.178	2.067
5	19.925	2.191	11.280	1.488	4.219	460	13.106	1.552	18.262	2.120	7.015	985	3.847	429	14.680	1.957
6	15.052	1.463	9.684	1.354	8.105	791	11.180	1.647	25.684	2.698	15.687	2.111	2.688	294	8.273	1.191
7	4.753	512	9.656	1.494	2.501	7.048	7.090	1.071	22.285	2.312	17.141	2.235	4.008	423	15.358	1.783
8	29.580	2.995	11.772	1.629	7.071	689	7.314	1.102	38.815	4.490	10.590	1.430	8.712	822	16.005	2.093
9	6.372	730	13.626	1.991	5.942	589	14.822	1.996	10.285	992	24.123	2.982	5.700	566	24.553	3.161
10	10.564	1.180	11.558	1.479	3.469	367	10.586	1.547	11.805	1.186	7.179	1.008	17.225	1.690	9.800	1.354
11	14.385	1.484	11.195	1.694	2.684	296	38.125	4.908	8.648	880	11.779	1.552	5.001	552	5.826	886
12	14.262	1.447	9.016	1.322	6.015	624	16.282	2.343	52.893	N.D.	9.416	1.150	5.729	585	8.467	1.082
13	15.778	1.718	7.491	1.176	13.688	1.471	17.062	2.337	13.136	1.403	17.364	2.291	3.846	405	7.370	997
14	7.328	817	5.312	912	6.701	705	10.933	1.576	7.560	913	14.410	1.825	2.762	297	13.692	N.D.
15	10.319	1.096	9.603	1.517	2.747	429	23.051	2.844	5.214	554	8.520	1.215	8.513	836	18.873	2.512
16	6.147	687	9.384	1.464	2.563	2.536	9.366	1.433	34.678	3.769	29.991	3.952	4.350	497	16.130	2.002
17	19.758	N.D.	5.135	914	3.064	344	6.328	915	10.593	960	21.308	2.526	5.318	537	14.024	1.942
18	7.017	750	7.249	1.174	10.456	911	14.720	2.140	14.344	1.433	10.696	1.573	3.208	457	14.692	1.976
19	14.786	1.477	12.833	1.862	13.191	1.266	17.255	2.168	11.952	1.240	15.898	2.122	2.895	310	24.932	3.105
20	8.675	1.004	12.515	1.853	3.236	365	17.831	2.618	25.794	2.810	28.013	3.543	13.580	1.310	13.431	1.838
21	13.766	1.663	41.752	5.600	4.518	447	10.316	1.444	18.250	1.854	34.751	4.392	2.673	300	20.873	2.616
22	7.808	933	17.882	2.403	5.270	545	9.444	1.433	4.894	464	23.303	2.836	2.748	296	6.641	1.020
23	17.509	1.593	19.188	2.877	25.623	N.D.	4.616	816	11.794	1.113	21.683	2.939	6.165	610	7.988	1.184
24	10.634	1.019	8.787	1.310	6.235	646	22.216	3.026	15.972	1.566	13.149	1.678	4.117	451	8.835	1.240
25	31.268	3.300	7.020	1.114	3.928	392	9.021	1.374	3.830	392	14.041	1.779	2.501	359	6.975	900
26	14.396	1.533	15.682	2.178	2.598	291	8.658	1.289	14.401	1.597	13.083	1.722	6.687	709	11.894	1.580
27	19.469	1.886	13.120	1.826	2.501	284	12.424	1.758	28.125	2.791	18.688	2.256	5.917	634	12.984	1.847
28	8.314	787	9.647	1.377	9.567	925	21.678	3.043	27.774	2.876	13.887	1.767	8.443	773	37.321	4.878
29	11.820	1.205	21.110	2.968	4.946	487	16.457	2.209	20.716	2.350	18.298	2.463	2.501	290	10.298	1.425
30	14.414	1.404	12.048	1.789	2.692	298	9.429	1.528	23.731	2.535	17.013	2.401	2.573	368	16.636	2.258

NOTA: A sigla N.D. indica que o tempo de processamento da execução não está disponível