

MINÉIA CAPPELLARI FAGUNDES

**OTIMIZAÇÃO COMBINATÓRIA PARA ALOCAÇÃO DE
FONTES RENOVÁVEIS EM MICRORREDES DE
CORRENTE CONTÍNUA**

Ilha Solteira - SP
2014



MINÉIA CAPPELLARI FAGUNDES

**OTIMIZAÇÃO COMBINATÓRIA PARA ALOCAÇÃO DE
FONTES RENOVÁVEIS EM MICRORREDES DE
CORRENTE CONTÍNUA**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Câmpus de Ilha Solteira - UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Engenharia Elétrica.

Especialidade: Automação.

Prof. Dr. Dionízio Paschoareli Júnior
Orientador

Ilha Solteira - SP

2014



FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

F151o Fagundes, Minéia Cappellari Fagundes.
Otimização combinatória para alocação de fontes renováveis em microrredes de corrente contínua / Minéia Cappellari Fagundes. – Ilha Solteira : [s.n.], 2014
308 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de Conhecimento: Automação, 2014

Orientador: Dionízio Paschoareli Júnior
Inclui bibliografia

1. Algoritmo genético Chu-Beasley. 2. Branch and bound. 3. Corrente contínua. 4. Geração Fotovoltaica. 5. Otimização.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Otimização Combinatória para Alocação de Fontes Renováveis em Microrredes de Corrente Contínua


AUTORA: MINÉIA CAPPELLARI FAGUNDES

ORIENTADOR: Prof. Dr. DIONIZIO PASCHOARELI JUNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ENGENHARIA ELÉTRICA, Área: AUTOMAÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. DIONIZIO PASCHOARELI JUNIOR
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. JOSE ROBERTO SANCHES MANTOVANI
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. RUBEN AUGUSTO ROMERO LAZARO
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. CARLOS ALBERTO CASTRO JUNIOR
Departamento de Sistemas de Energia Elétrica / Universidade Estadual de Campinas


Prof. Dr. SÉRGIO LUÍS HAFFNER
Departamento de Engenharia Elétrica / Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Data da realização: 07 de março de 2014.

À minha família, em especial
ao meu marido José Antonio,
ao meu filho Lucas,
aos meus pais Vilmar e Maria,
aos meus irmãos Rogério, Viviane e Marcelo,
por todo amor, apoio, confiança e incentivo em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a todos os familiares, amigos, professores e funcionários da FEIS-UNESP, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial, dedico meus agradecimentos:

- A Deus, e a Nossa Senhora Aparecida por ter me dado força e saúde para chegar até aqui;
- Aos meus pais Vilmar e Maria que sempre foram exemplo de força e amor verdadeiro em minha vida, sempre presentes em todas as horas, fazendo tudo que esteve ao seu alcance, as vezes até além, sem medir esforços para me ver feliz e satisfeita. Obrigada por tudo e por acreditarem em mim, amo vocês;
- Ao meu esposo José Antônio, pelo amor, pela confiança, pela compreensão e pelo incentivo oferecido durante este período de muitas ausências. Por partilhar comigo os momentos de alegrias e tristezas durante essa trajetória, e por estar sempre ao lado de nosso filho Lucas;
- Ao meu filho Lucas que é razão de minha vida, amo muito você filho;
- Aos meus irmãos Rogério, Viviane, Marcelo, pelo incentivo, força e carinho durante toda essa trajetória.
- Ao Prof. Dr. Dionízio Paschoareli Júnior pela orientação do trabalho, e compreensão durante essa trajetória.
- Ao Prof. Rubén Augusto Romero Lázaro por coordenar o DINTER (UNEMAT-UNESP), nos incentivando sempre à pesquisa.
- A todos os professores do DINTER (UNESP - UNEMAT), em especial aos professores Rubén Augusto Romero Lázaro e José Roberto Sanches Mantovani, pelas contribuições dadas ao meu trabalho.
- A Marina Lavorato de Oliveira e Emivan Ferreira da Silva, pelas ajudas prestadas e amizade. Muito obrigada.
- À UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso, pelo apoio à minha qualificação.

- A todos os meus colegas e amigos do DINTER (UNEMAT - UNESP) pelos momentos de estudo, trabalho e alegrias compartilhados, em especial, Vera Lucia V. de Camargo, Márcia Cristina Dal Toé, Marinez Cagnin Stieler, Emivan Ferreira da Silva, Adriana Rezende, Diego Piasson, Robinson A. Lemos, Rogério Reis Gonçalves, Donizete Ritter, Inédio Arcari, Epitácio P. da S. Júnior, Milton Luiz Neri Peris e Suzan Grazielle Benetti.
- A meus colegas e amigos de laboratório Julian, Patrick, Leonardo e Gisele, pelas ideias, alegrias vivenciadas nesses anos.
- Aos funcionários do DEE - Departamento de Engenharia Elétrica, pela atenção dedicada às nossas solicitações.
- À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal em Nível Superior) pela bolsa de estudos.
- À banca examinadora pelas correções, ideias e sugestões apresentadas.

“Ninguém é perfeito !

Não cobre de você mesmo a perfeição, pois ela não existe.

O importante é que você viva dentro dos princípios e valores morais,
esforçando-se a cada dia para contribuir para um mundo melhor.

O que lhe parece pouco, pode ser muito perante a vida”.

Orlando Ferraz

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se uma proposta para alocação de fontes renováveis em microrredes de energia elétrica para sistemas autônomos em corrente contínua através de um modelo matemático escrito como um problema quadrático inteiro misto (*PQIM*). O propósito do modelo matemático é minimizar os investimentos na instalação das fontes renováveis de energia e os custos relacionados com as perdas elétricas, atendendo as restrições de demandas de potências do sistema, limite da queda de tensão, capacidade de corrente dos condutores, máxima potência gerada pelo tipo de fonte renovável de energia alocada, capacidade máxima do número de fontes renováveis de energia a serem alocados em cada nó do sistema em estudo. Para resolver o problema foram utilizadas duas técnicas de solução. Primeiramente, foi usado o algoritmo de *Branch and Bound* (*B&B*) com a implementação do problema através da linguagem de modelagem algébrica (*AMPL*) e solucionado através do solver de otimização CPLEX, posteriormente o *PQIM* foi resolvido através do algoritmo genético Chu-Beasley implementado no MATrix LABoratory (*MATLAB*). Para o algoritmo de *B&B* implementou-se um método de redução do espaço de busca (*EBCR*), a fim de diminuir o tempo computacional. Para a validação do modelo matemático proposto, utilizou-se sistemas testes reais de 20, 99 e 297 nós, os quais são parte de um projeto de iluminação pública de um loteamento de residências populares do município de Ilha Solteira - SP, considerando alimentação em corrente contínua.

Palavras-chave: Algoritmo genético Chu-Beasley. Branch and bound. Corrente contínua. Fontes renováveis de energia. Otimização.

ABSTRACT

This study mainly presents a proposal for allocation of renewable energy sources in a microgrid for autonomous electric systems that uses direct current through a mathematical model written as a mixed integer quadratic problem (PQIM). The purpose of the mathematical model is to minimize the investment at the renewable energy installation and the costs related to electrical losses, attending the restrictions of system powers demands, the voltage drop limit, the current capacity of conductors, the maximum power generated by type of renewable energy allocated, the maximum capacity of the number of renewable energy sources to be allocated on each node of the system under study. To solve the problem two solution techniques were used. First, was used the *Branch and Bound* algorithm (*B&B*) with the implementation of the problem through the language of algebraic modeling (*AMPL*) and solved by the solver optimization CPLEX , subsequently the PQIM was solved through Chu-Beasley genetic algorithm implemented in Matrix Laboratory (*MATLAB*). For the B&B algorithm, was implemented a method for reducing the search space(*EBCR*) in order to reduce computational time . To validate the proposed mathematical model , was used a real test system with 20, 99 and 297 nodes, which is part of a project of public lighting of a popular residential subdivision in Ilha Solteira - SP , considering power in direct current.

Keywords: Chu-Beasley genetic algorithm. Branch and bound. Direct current. Renewable energy sources. Optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de produção de energia por métodos convencionais.	51
Figura 2	Esquema de produção de energia por métodos não convencionais.	52
Figura 3	Classificação das GDs quanto a tecnologia e tipo.	52
Figura 4	Usina Hidrelétrica de Itaipu.	59
Figura 5	Usina Sucroalcooleira Barralcool de Barra do Bugres - MT.	60
Figura 6	Parque Eólico de Osório - RS.	60
Figura 7	Aplicações práticas da energia solar.	61
Figura 8	Energia Solar Termelétrica.	61
Figura 9	Estrutura física da célula fotovoltaica.	62
Figura 10	Primeira Usina Solar do Brasil MPX Tauá com 4.680 painéis fotovoltaicos. . .	63
Figura 11	Comportamento da curva $V \times I$ de um painel fotovoltaico.	64
Figura 12	Curva do MPP de um painel fotovoltaico.	65
Figura 13	Reservatório geotérmico de alta temperatura.	66
Figura 14	Geração de energia maremotriz.	67
Figura 15	Geração de energia undimotriz.	67
Figura 16	Esquema do funcionamento de uma CaC.	69
Figura 17	Percentual das diferentes gerações de energia no mundo.	69
Figura 18	Percentual da matriz de geração de energia no Brasil.	70
Figura 19	Configuração de uma microrrede.	72
Figura 20	Ilustração de alocação de fontes fotovoltaica em um sistema fictício.	77
Figura 21	Árvore de B&B para o exemplo dado pelo problema 26.	89
Figura 22	Sistema de 6 nós para o exemplo numérico.	91

Figura 23	Árvore do Algoritmo Branch and Bound para o exemplo numérico dado pelas equações 28 a 63.	95
Figura 24	Esquema para encontrar o EBCR.	97
Figura 25	Fluxograma do Chu-Beasley implementado em Matlab.	98
Figura 26	Proposta de codificação binária.	100
Figura 27	Modelo de recombinação de um ponto.	101
Figura 28	Valores médios da função objetivo ao longo da simulação para o sistema exemplo.	102
Figura 29	Solução incumbente durante o NG para o sistema exemplo.	102
Figura 30	Sistemas testes: projeto do loteamento de residências populares do município de Ilha Solteira -SP.	106
Figura 31	Recorte do projeto de residências populares de Ilha Solteira - SP, com 20 nós.	107
Figura 32	Diagrama unifilar do sistema teste 1, com 20 nós radial.	107
Figura 33	Recorte do projeto de residências populares de Ilha Solteira - SP, com 99 nós.	109
Figura 34	Diagrama unifilar do sistema teste 2, com 99 nós radial.	110
Figura 35	Projeto de residências populares de Ilha Solteira - SP, com 297 nós.	112
Figura 36	Diagrama unifilar do sistema teste 3, com 297 nós radial.	113
Figura 37	Modelo simplificado da iluminação pública em corrente contínua.	114
Figura 38	Variação da tensão dos nós do sistema 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I	117
Figura 39	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II	118
Figura 40	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III: Caso B	121
Figura 41	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III: Caso C	121
Figura 42	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III: Caso D	121

Figura 43	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV: Caso B	123
Figura 44	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV: Caso C	123
Figura 45	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV: Caso D	123
Figura 46	Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I	125
Figura 47	Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/ArranjoII	126
Figura 48	Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I	135
Figura 49	Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II	137
Figura 50	Variação da tensão dos nós do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I	141
Figura 51	Variação da tensão dos nós do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II	143
Figura 52	Variação da tensão nos nós do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo III	146
Figura 53	Variação da tensão dos nós do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo IV	148
Figura 54	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo I; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo I.	150
Figura 55	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo II; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo II.	150

Figura 56	A esquerda: Valores médios da função objetivo para o Caso B; a direita: valores médios da função objetivo para o Caso C e abaixo: valores médios da função objetivo para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo III.	151
Figura 57	A esquerda: Solução incumbente durante o NG para o Caso B; a direita: solução incumbente durante o NG para o Caso C e abaixo: solução incumbente durante o NG para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo III.	152
Figura 58	A esquerda: Valores médios da função objetivo para o Caso B; a direita: valores médios da função objetivo para o Caso C e abaixo: valores médios da função objetivo para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo IV.	153
Figura 59	A esquerda: Solução incumbente durante o NG para o Caso B; a direita: solução incumbente durante o NG para o Caso C e abaixo: solução incumbente durante o NG para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo IV.	153
Figura 60	Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do algoritmo Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I	154
Figura 61	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo I; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo I.	155
Figura 62	Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do algoritmo Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I	156
Figura 63	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo II; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo II.	156
Figura 64	A esquerda: Valores médios da função objetivo para o Caso B; a direita: valores médios da função objetivo para o Caso C e abaixo: valores médios da função objetivo para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo III.	158

Figura 65	A esquerda: Solução incumbente durante o NG para o Caso B; a direita: solução incumbente durante o NG para o Caso C e abaixo: solução incumbente durante o NG para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo III.	158
Figura 66	A esquerda: Valores médios da função objetivo para o Caso B; a direita: valores médios da função objetivo para o Caso C e abaixo: valores médios da função objetivo para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo IV.	160
Figura 67	A esquerda: Solução incumbente durante o NG para o Caso B; a direita: solução incumbente durante o NG para o Caso C e abaixo: solução incumbente durante o NG para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo IV.	160
Figura 68	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo I; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo I.	162
Figura 69	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo I; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo I.	163
Figura 70	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 2/Arranjo III; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 2/Arranjo III.	164
Figura 71	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 2/Arranjo IV; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 2/Arranjo IV.	165
Figura 72	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 1	168
Figura 73	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 2	170
Figura 74	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 1	172
Figura 75	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 2	173

Figura 76	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III	198
Figura 77	Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV	199
Figura 78	Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III	207
Figura 79	Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV	208
Figura 80	Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III	224
Figura 81	Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo IV	226
Figura 82	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo III; a direita:Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo III.	255
Figura 83	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo IV; a direita:Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo IV.	255
Figura 84	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo III; a direita:Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo III.	261
Figura 85	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo IV; a direita:Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo IV.	263
Figura 86	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo III; a direita:Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo III.	287
Figura 87	A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo IV; a direita:Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo IV.	287
Figura 88	Dados técnicos dos painéis fotovoltaicos.	306

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dados das linhas para o exemplo numérico.	91
Tabela 2	Dados das demandas (P_d) dos nós e resistências das demandas para o exemplo numérico.	91
Tabela 3	Resultados do sistema referentes ao exemplo numérico.	96
Tabela 4	Dados das correntes nas linhas referentes ao exemplo numérico.	96
Tabela 5	Resultados do sistema referentes ao exemplo numérico.	103
Tabela 6	Dados das correntes nas linhas referentes ao exemplo numérico.	103
Tabela 7	Resultados para o sistema 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I .	116
Tabela 8	Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I	117
Tabela 9	Custo do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I . . .	117
Tabela 10	Resultados para o sistema 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II	118
Tabela 11	Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II	118
Tabela 12	Custo do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II . .	119
Tabela 13	Casos de restrição de alocação de SF	119
Tabela 14	Desempenho do algoritmo de B&B para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 1 - Alternativa 2/Arranjo III	120
Tabela 15	Custos para os casos de restrição de alocação aos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III	120
Tabela 16	Desempenho do algoritmo de B&B para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 1 - Alternativa 2/Arranjo IV	122
Tabela 17	Custos para os casos de restrição de alocação aos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV	122

Tabela 18	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I	125
Tabela 19	Custo do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I	125
Tabela 20	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II	126
Tabela 21	Custo do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II	127
Tabela 22	Casos de restrição de alocação de SF	127
Tabela 23	Desempenho do algoritmo de B&B para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 2 - Alternativa 2/Arranjo III	128
Tabela 24	Resultados para os casos de restrição de alocação no sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III	128
Tabela 25	Custos para os casos de restrição de alocação aos nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III	129
Tabela 26	Desempenho do algoritmo de B&B para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 2 - Alternativa 2/Arranjo IV	129
Tabela 27	Resultados para os casos de restrição de alocação no sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV	130
Tabela 28	Custos para os casos com restrição de alocação em alguns nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV	130
Tabela 29	Desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 1:Arranjo III - Alternativa 2	133
Tabela 30	Custos para os casos com restrição de alocação para alguns nós do sistema 1 através do B&B com EBCR - Alternativa 2	133
Tabela 31	Desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 1:Arranjo IV - Alternativa 2	134
Tabela 32	Custos para os casos de restrição de alocação para o sistema 1 através do B&B com EBCR - Alternativa 2	134
Tabela 33	Custo do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I	136

Tabela 34	Custo do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II	137
Tabela 35	Desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 2: Arranjo III - Alternativa 2	138
Tabela 36	Custos para os casos de restrição de alocação aos nós do sistema 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 2	138
Tabela 37	Desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 2 : Arranjo IV - Alternativa 2	139
Tabela 38	Custos para os casos de restrição de alocação aos nós do sistema 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 2	139
Tabela 39	Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II	142
Tabela 40	Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II	144
Tabela 41	Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo III	147
Tabela 42	Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo IV	149
Tabela 43	Parâmetros de controle do algoritmo genético Chu-Beasley	149
Tabela 44	Parâmetros de controle do algoritmo genético Chu-Beasley usados para o sistema teste 2	154
Tabela 45	Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I	155
Tabela 46	Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II	157
Tabela 47	Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III	159
Tabela 48	Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV	161

Tabela 49	Parâmetros de controle do algoritmo genético Chu-Beasley usados para o sistema teste 3	161
Tabela 50	Custo do sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I	162
Tabela 51	Custo do sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II	163
Tabela 52	Custo do sistema teste 3 através algoritmo Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III	165
Tabela 53	Custo do sistema teste 3 através algoritmo Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV	166
Tabela 54	Diferentes tipos de potências de painéis fotovoltaicos para autonomia do sistema de dois (2) dias e no máximo três (3) para o carregamento das baterias.	166
Tabela 55	Diferentes tipos de potências de painéis fotovoltaicos para autonomia do sistema de dois (2) dias e no máximo cinco (5) para o carregamento das baterias.	166
Tabela 56	Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Caso 1	167
Tabela 57	Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 1	168
Tabela 58	Custo do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 1	169
Tabela 59	Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Caso 2	169
Tabela 60	Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 2	170
Tabela 61	Custo do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 2	171
Tabela 62	Custo do sistema teste 2 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 1	172
Tabela 63	Custo do sistema teste 2 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 2	173

Tabela 64	Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR para diferentes tipos de painéis - Caso 1	175
Tabela 65	Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR para diferentes tipos de painéis - Caso 2	176
Tabela 66	Resumo dos resultados do sistema teste 1 - Alternativa 1	177
Tabela 67	Resumo dos resultados do sistema teste 1 - Alternativa 2	178
Tabela 68	Resumo dos resultados do sistema teste 2 - Alternativa 1	179
Tabela 69	Resumo dos resultados do sistema teste 2 - Alternativa 2	180
Tabela 70	Resumo dos resultados do sistema teste 3 - Alternativa 1	181
Tabela 71	Resumo dos resultados do sistema teste 3 - Alternativa 2	181
Tabela 72	Resumo dos resultados obtidos pelo sistema teste 1 através do algoritmo de B&B	182
Tabela 73	Resumo dos resultados obtidos pelo sistema teste 2 através do algoritmo de B&B com EBCR	182
Tabela 74	Resumo dos resultados obtidos pelo sistema teste 3 através do algoritmo de B&B com EBCR	183
Tabela 75	Dados das linhas do sistema teste 3.	194
Tabela 76	Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I .	197
Tabela 77	Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I	197
Tabela 78	Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II .	197
Tabela 79	Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II	198
Tabela 80	Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III .	198
Tabela 81	Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III	199
Tabela 82	Custo do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III	199
Tabela 83	Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV	199

Tabela 84	Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV	200
Tabela 85	Custo do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV	200
Tabela 86	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III	200
Tabela 87	Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III	201
Tabela 88	Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV	201
Tabela 89	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV	202
Tabela 90	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I	203
Tabela 91	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I	204
Tabela 92	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II	205
Tabela 93	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II	205
Tabela 94	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III	206
Tabela 95	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III	207
Tabela 96	Custo do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III	208
Tabela 97	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV	208
Tabela 98	Custo do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV	208
Tabela 99	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV	209

Tabela 100	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III	209
Tabela 101	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III	211
Tabela 102	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV	213
Tabela 103	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV	214
Tabela 104	Lista do EBCR para o sistema teste 1 - Alternativa 1/Arranjo I	217
Tabela 105	Lista do EBCR para o sistema teste 1 - Alternativa 1/Arranjo II	217
Tabela 106	Lista para o EBCR para o sistema teste 1 - Alternativa 2/Arranjo III	218
Tabela 107	Lista para o EBCR para o sistema teste 1 - Alternativa 2/Arranjo IV	218
Tabela 108	Lista do EBCR para o arranjo I do sistema teste 2 - Alternativa 1	219
Tabela 109	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I	219
Tabela 110	Corrente nas linhas para o sistema 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I	220
Tabela 111	Lista do EBCR para o arranjo II do sistema teste 2 - Alternativa 1	221
Tabela 112	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II	221
Tabela 113	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II	222
Tabela 114	Lista do EBCR para o arranjo III do sistema teste 2 - Alternativa 1	223
Tabela 115	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III	223
Tabela 116	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III	224
Tabela 117	Custo do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III	225

Tabela 118	Lista do EBCR para o arranjo IV do sistema teste 2 - Alternativa 1 . . .	225
Tabela 119	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo IV	225
Tabela 120	Custo do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo IV	226
Tabela 121	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II	227
Tabela 122	Lista para o EBCR para o arranjo III do sistema teste 2 - Alternativa 2	227
Tabela 123	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo IV	229
Tabela 124	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo IV	231
Tabela 125	Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I	233
Tabela 126	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I	234
Tabela 127	Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II	236
Tabela 128	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II	238
Tabela 129	Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III	240
Tabela 130	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III	241
Tabela 131	Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III	243
Tabela 132	Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo IV	243
Tabela 133	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV	245

Tabela 134	Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo IV	247
Tabela 135	Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo III	247
Tabela 136	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III	248
Tabela 137	Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo IV	250
Tabela 138	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III	252
Tabela 139	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I	257
Tabela 140	Corrente nas linhas para o sistema 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I	257
Tabela 141	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II	258
Tabela 142	Corrente nas linhas para o sistema 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II	259
Tabela 143	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo III	260
Tabela 144	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo III	260
Tabela 145	Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo III	261
Tabela 146	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV	262

Tabela 147	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV	262
Tabela 148	Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV	263
Tabela 149	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III	264
Tabela 150	Corrente nas linhas para o sistema teste2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III	265
Tabela 151	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV	267
Tabela 152	Corrente nas linhas para o sistema teste2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV	269
Tabela 153	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I	271
Tabela 154	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I	272
Tabela 155	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II	274
Tabela 156	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II	276
Tabela 157	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo III	278
Tabela 158	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo III	279
Tabela 159	Custo do sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo III	281

Tabela 160	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV	281
Tabela 161	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV	283
Tabela 162	Custo do sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV	285
Tabela 163	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III	285
Tabela 164	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III	288
Tabela 165	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV	289
Tabela 166	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV	291
Tabela 167	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 - Caso 1	295
Tabela 168	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 - Caso 1	295
Tabela 169	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 - Caso 2	296
Tabela 170	Corrente nas linhas para o sistema teste 2 - Caso 2	297
Tabela 171	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 - Caso 1	298
Tabela 172	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Caso 1	299
Tabela 173	Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 - Caso 2	301
Tabela 174	Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Caso 2	302

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Tecnologias das GDs.	55
Quadro 2	Dados das linhas do sistema teste 1 - 20 nós.	108
Quadro 3	Demandas nos nós do sistema teste 1 - 20 nós.	108
Quadro 4	Arranjos formados para os sistemas fotovoltaicos.	115
Quadro 5	Dados das linhas do sistema teste 2.	193

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

GD	Geração Distribuída
cc	corrente contínua
ca	corrente alternada
PQIM	Problema quadrático inteiro misto
B&B	<i>Branch and Bound</i>
AMPL	Linguagem de modelagem algébrico
CPLEX	Solver “Algoritmo Simplex com linguagem C++”
MATLAB	<i>MATrix LABoratory</i>
EBCR	Espaço de busca combinatório reduzido
SEE	Sistema de energia elétrica
AFC	<i>Alkaline fuel cell</i>
PAFC	<i>Phosforic acid fuel cell</i>
MCFC	<i>Molten carbonate fuel cell</i>
PEMFC	<i>Próton Exchange membrane fuel cell</i>
SOFC	<i>Solid oxide fuel cell</i>
ITSOFC	<i>Intermediate temperature solid oxide fuel cell</i>
DMFC	<i>Direct methanol fuel cell</i>
DEFC	<i>Direct ethanol fuel cell</i>
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
ANELL	Agência nacional de energia elétrica
ONS	Operador nacional do sistema elétrico
PCH	Pequena central hidrelétrica
CGH	Centrais geradoras hidrelétricas
UHE	Usina hidrelétrica de energia
CaC	Célula a combustível
NASA	<i>National aeronautics and space administration</i>
MIGDI	Mirossistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica
SIGFI	Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente
PO	Pesquisa operacional
PLIM	Problema linear inteiro misto
PL	Problema linear
AGB	Algoritmo genético básico
AG	Algoritmo genético
FO	Função objetivo

TS	Busca Tabu
AGCB	Algoritmo genético Chu-Beasley
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
SF	Sistema fotovoltaico
NG	Número de gerações

LISTA DE SÍMBOLOS

$C_g (US\$/W_P)$	Custo de geração
$P_{max} (W)$	Potência máxima fornecida pela fonte renovável de energia
n_i	Variável binária de alocação na barra i
$CP (US\$/W_P)$	Custo das perdas elétricas do sistema
V_i	Tensão na barra i
V_j	Tensão na barra j
$I_{g_i} (A)$	Corrente gerada pela fonte renovável de energia na barra i
G_{ij}	Matriz das condutâncias
R_{ij}	Resistências entre as barras ij
$I_{max} (A)$	Corrente máxima permitida pelos condutores
V_N	Tensão nominal do sistema
IFR	Corrente máxima gerada pela fonte renovável de energia
n_{min}	Número permitido de alocações na barra i
Ω_b	Conjunto de barras do sistema
Ω_l	Conjunto de linhas do sistema
$C_{g_k} (US\$/W_P)$	Custo de geração da fonte renovável do tipo t
$P_{max,k} (W)$	Potência máxima fornecida pela fonte renovável de energia do tipo t
$n_{i,k}$	Variável binária de alocação de fonte renovável de energia do tipo t , na barra i
IFR_k	Corrente máxima gerada pela fonte renovável de energia do tipo t
Ω_t	Conjunto de tipos de fontes renováveis

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	47
1.1	OBJETIVOS	48
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	49
2	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	51
2.1	DEFINIÇÕES DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA(GD)	53
2.1.1	Conceitos de Geração Distribuída	54
2.1.2	Geração Distribuída no Brasil	57
2.2	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E O USO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA	58
2.2.1	Energia Hidrelétrica	58
2.2.2	Energia de Biomassa	59
2.2.3	Energia Eólica	59
2.2.4	Energia Solar	60
<i>2.2.4.1</i>	<i>Energia Solar Termelétrica</i>	<i>61</i>
<i>2.2.4.2</i>	<i>Energia Solar Fotovoltaica</i>	<i>62</i>
2.2.5	Energia Geotérmica	65
2.2.6	Energia dos oceanos	66
<i>2.2.6.1</i>	<i>Energia maremotriz</i>	<i>66</i>
<i>2.2.6.2</i>	<i>Energia undimotriz</i>	<i>67</i>
2.2.7	Células a combustível	68
2.3	O USO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL E NO MUNDO	69
2.4	CONCLUSÕES	70
3	MICRORREDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	71

3.1	MICRORREDES DE BAIXA TENSÃO EM CORRENTE ALTERNADA	71
3.2	MICRORREDES DE BAIXA TENSÃO EM CORRENTE CONTÍNUA	73
3.3	PESQUISAS EM MICRORREDES	75
3.4	MICRORREDES EM SISTEMAS ISOLADOS DE ENERGIA	77
3.5	PESQUISAS EM MICRORREDES UTILIZANDO OTIMIZAÇÃO	78
3.6	CONCLUSÕES	78
4	MODELAGEM MATEMÁTICA PARA O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO EM CORRENTE CONTÍNUA	79
4.1	PROBLEMA QUADRÁTICO INTEIRO MISTO	79
4.2	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA	79
4.3	MODELO MATEMÁTICO QUADRÁTICO APLICADO À ALOCAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA	80
4.4	MODELO MATEMÁTICO QUADRÁTICO APLICADO À ALOCAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA CONSIDERANDO DIFERENTES TIPOS DE GERADORES RENOVÁVEIS DE ENERGIA	82
4.5	AUTONOMIA DO SISTEMA	84
4.6	CONCLUSÕES	85
5	ALGORITMOS PROPOSTOS PARA ALOCAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA	87
5.1	ALGORITMO DE <i>BRANCH AND BOUND</i> (<i>B&B</i>)	87
5.1.1	<i>Branch and Bound</i> (B&B)	87
5.1.2	Implementação do <i>Branch and Bound</i> (B&B)	89
5.1.3	Exemplo numérico para o algoritmo B&B	90
5.2	ALGORITMO DE <i>BRANCH AND BOUND</i> (<i>B&B</i>) COM ESPAÇO DE BUSCA COMBINATÓRIO REDUZIDO (<i>EBCR</i>)	96
5.3	ALGORITMO GENÉTICO CHU-BEASLEY	98
5.3.1	Exemplo numérico para o algoritmo genético Chu-Beasley (<i>AGCB</i>)	102

5.4	CONCLUSÕES	103
6	RESULTADOS COMPUTACIONAIS DA APLICAÇÃO DOS ALGORITMOS PROPOSTOS PARA ALOCAÇÃO	105
6.1	SISTEMAS TESTES	105
6.1.1	Sistema teste 1 - 20 nós	107
6.1.2	Sistema teste 2 - 99 nós	108
6.1.3	Sistema teste 3 - 297 nós	111
6.2	CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS TESTES PARA AS SIMULAÇÕES	114
6.3	ALOCAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS(<i>SF</i>) ATRAVÉS DO ALGORITMO DE (<i>B&B</i>)	115
6.3.1	Sistema teste 1 - 20 nós	116
<i>6.3.1.1</i>	<i>Alternativa 1</i>	<i>116</i>
<i>6.3.1.2</i>	<i>Alternativa 2</i>	<i>119</i>
6.3.2	Sistema teste 2 - 99 nós	124
<i>6.3.2.1</i>	<i>Alternativa 1</i>	<i>124</i>
<i>6.3.2.2</i>	<i>Alternativa 2</i>	<i>127</i>
6.4	ALOCAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ATRAVÉS DO ALGORITMO DE B&B COM ESPAÇO DE BUSCA COMBINATÓRIO REDUZIDO (<i>EBCR</i>)	130
6.4.1	Sistema teste 1 - 20 nós	131
<i>6.4.1.1</i>	<i>Alternativa 1</i>	<i>131</i>
<i>6.4.1.2</i>	<i>Alternativa 2</i>	<i>132</i>
6.4.2	Sistema teste 2 - 99 nós	134
<i>6.4.2.1</i>	<i>Alternativa 1</i>	<i>134</i>
<i>6.4.2.2</i>	<i>Alternativa 2</i>	<i>137</i>
6.4.3	Sistema teste 3 - 297 nós	139
6.4.4	Alternativa 1	139

6.4.4.1 Alternativa 2	144
6.5 ALOCAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ATRAVÉS DO ALGORITMO GENÉTICO CHU-BEASLEY	149
6.5.1 Sistema teste 1 - 20 nós	149
6.5.1.1 Alternativa 1	149
6.5.1.2 Alternativa 2	151
6.5.2 Sistema teste 2 - 99 nós	154
6.5.2.1 Alternativa 1	154
6.5.2.2 Alternativa 2	157
6.5.3 Sistema teste 3 - 297 nós	161
6.5.3.1 Alternativa 1	161
6.5.3.2 Alternativa 2	164
6.6 ALOCAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS COM DIFERENTES TIPOS DE POTÊNCIA DE GERAÇÃO	166
6.6.1 Sistema teste 1 - 20 nós	167
6.6.1.1 Caso 1	167
6.6.1.2 Caso 2	169
6.6.2 Sistema teste 2 - 99 nós	171
6.6.2.1 Caso 1	171
6.6.2.2 Caso 2	172
6.6.3 Sistema teste 3 - 297 nós	174
6.6.3.1 Caso 1	174
6.6.3.2 Caso 2	175
6.7 CONCLUSÕES	176
7 CONCLUSÕES	185
7.1 Trabalhos futuros	186

REFERÊNCIAS	187
APÊNDICE A - Dados das linhas e demandas dos sistemas testes	193
APÊNDICE B - SISTEMA TESTE 1 - 20 NÓS - B&B	197
B.1 Alternativa 1	197
B.2 Alternativa 2	200
APÊNDICE C - SISTEMA TESTE 2 - 99 NÓS - B&B	203
C.1 Alternativa 1	203
C.2 Alternativa 2	209
APÊNDICE D - SISTEMA TESTE 1 - 20 NÓS - B&B com EBCR	217
D.1 Alternativa 1	217
D.2 Alternativa 2	218
APÊNDICE E - SISTEMA TESTE 2 - 99 NÓS - B&B com EBCR	219
E.1 Alternativa 1	219
E.2 Alternativa 2	227
APÊNDICE F - SISTEMA TESTE 3 - 297 NÓS - B&B com EBCR	233
F.1 Alternativa 1	233
F.2 Alternativa 2	247
APÊNDICE G - SISTEMA TESTE 1 - 20 NÓS - CHU-BEASLEY	255
G.1 Alternativa 1	255
APÊNDICE H - SISTEMA TESTE 2 - 99 NÓS - CHU-BEASLEY	257
H.1 Alternativa 1	257
H.2 Alternativa 2	263
APÊNDICE I - SISTEMA TESTE 3 - 297 NÓS - CHU-BEASLEY	271
I.1 Alternativa 1	271

I.2	Alternativa 2	285
-----	---------------	-----

APÊNDICE J - RESULTADOS DO MODELO MATEMÁTICO COM DIFERENTES TIPOS DE POTÊNCIAS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS **295**

J.1	SISTEMA TESTE 2	295
-----	-----------------	-----

J.2	SISTEMA TESTE 3	297
-----	-----------------	-----

ANEXO A - DADOS TÉCNICOS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS **305**

1 INTRODUÇÃO

Na sociedade moderna, a disponibilidade de energia está fortemente ligada ao bem-estar, saúde e vida do ser humano. Nesta sociedade, os países mais pobres apresentam um menor consumo de energia, ao contrário dos industrializados. No entanto, este cenário mundial está mudando rapidamente, pois os países em desenvolvimento estão cada vez mais usando novas tecnologias que estão à disposição no mercado. Com isso, a demanda por energia cresce de maneira acelerada.

Segundo a EPE (2012), o uso de energias renováveis é promissor, pois a busca de um sistema de energia elétrica confiável e de qualidade é o que todos os consumidores almejam. O uso de energias renováveis atinge 16,7 % da geração de eletricidade mundial, onde somente 0,9% representa a energia solar, a biomassa, a eólica e a geotérmica. Essas fontes contribuem para a diversificação da matriz energética, aumentando a confiabilidade da geração, podendo garantir o suprimento de energia para regiões isoladas do sistema principal de alimentação (“ilhas energéticas”), sem que sejam necessários investimentos imediatos na ampliação dos sistemas de transmissão instalados (SCHEER, 2002).

Diante disso, temos as microrredes que são redes de distribuição formadas por um conjunto de sistemas de geração distribuída (GD), que é a expressão utilizada para a geração de energia elétrica próxima dos consumidores, independente da potência, tecnologia ou fonte de energia. As microrredes são uma possibilidade para os consumidores públicos, residenciais, comerciais e industriais produzirem energia elétrica para consumo, ao invés de comprá-la do sistema elétrico principal. As microrredes operam de duas formas: ligadas à rede principal ou de forma autônoma.

Na literatura, pesquisas como de Salomonsson e Soder (2006), Salomonsson e Sannino (2007), Salomonsson, Soder e Sannino (2008), Sannino, Postiglione e Bollen (2003), Becker e Sonnenberg (2011), Engelen et al. (2006), Kakigano, Miura e Ise (2010), entre outros, apresentam maneiras de explorar o potencial de geração das fontes renováveis de energia, por exemplo, energia hidráulica, energia de biomassa, energia eólica, energia solar térmica, energia solar fotovoltaica, energia do biogás, energia geotérmica, energia maremotriz, células a combustível, que geram energia em corrente contínua ou corrente alternada. Por exemplo, nos painéis fotovoltaicos, a energia pode ser distribuída diretamente em corrente contínua ou convertida em corrente alternada, através de inversores eletrônicos. Se a energia é distribuída sem a conversão para corrente alternada, está configurada uma microrrede de energia elétrica em corrente contínua (CC), que é o foco desse trabalho (TODD, 2009).

O uso de microrredes em CC é abordado em pesquisas da literatura, para alimentação de centro de dados (SALOMONSSON; SODER; SANNINO, 2009), alimentação em complexo residencial (KAKIGANO; MIURA; ISE, 2010), trabalhos voltados a ligação da microrrede CC ao sistema principal em corrente alternada (GUERRERO et al., 2011), entre outras. Trabalhos em microrredes CA que envolvem técnicas de otimização são apresentados por Graditi et al. (2010) através de um modelo matemático para minimização de custos e perdas de uma microrrede ilhada, e Chen et al. (2011) que apresenta um modelo de alocação ótima de sistemas de armazenamento de energia.

Nesse trabalho, é apresentada uma proposta para alocação de fontes renováveis de energia para microrredes em sistemas autônomos em corrente contínua. Para a alocação das fontes renováveis de energia é proposto um modelo matemático escrito como um Problema Quadrático Inteiro Misto (*PQIM*), cuja função objetivo é minimizar os investimentos na instalação das fontes renováveis e os custos relacionados com as perdas elétricas. As restrições atendem as demandas de potências do sistema, limite da queda de tensão, capacidade de corrente dos condutores, máxima potência gerada pelo tipo de fonte renovável de energia alocada, capacidade máxima do número de fontes renováveis de energia a serem alocadas em cada nó do sistema em estudo.

Para a solução do *PQIM*, utilizou-se dois métodos de resolução: o algoritmo de otimização clássica de *Branch and Bound (B&B)*, e uma metaheurística através do algoritmo Genético Chu-Beasley. Para a validação do modelo matemático proposto, foram realizadas simulações para sistemas testes reais de 20, 99 e 297 nós, os quais são parte de um projeto de iluminação pública de um loteamento de residências populares do município de Ilha Solteira - SP.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho consiste na utilização de técnicas de otimização para alocação de fontes renováveis em microrredes de energia elétrica. O foco principal é aplicação de análise de sistemas, para microrredes de corrente contínua que se apresentam como uma alternativa promissora às redes de corrente alternada, devido às características de várias fontes renováveis que geram em corrente contínua.

Entre os objetivos específicos podem ser destacados: o planejamento para alocação de fontes renováveis em um sistema autônomo em corrente contínua na forma de microrredes, determinando o estado de operação desse sistema garantindo a autonomia do sistema para t dias; proposta de um modelo matemático em sua forma padrão através de um problema quadrático inteiro misto para a alocação de fontes renováveis em corrente contínua; e utilização de ferramentas matemáticas da otimização clássica e metaheurísticas para solucionar o problema proposto, validando o modelo através de sistema teste.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Na sequência, o trabalho é estruturado como segue.

No Capítulo 2, a geração distribuída é definida em todas as suas características. Apresenta-se a geração distribuída e o uso das fontes renováveis de energia, tais como: Energia Hidrelétrica, Energia de Biomassa, Energia Eólica, Energia Solar, Energia Geotérmica, Energia maremotriz e Células a Combustível. Dados referentes ao uso de energias renováveis no Brasil e no mundo são contemplados no capítulo.

No Capítulo 3 são apresentadas as microrredes e o seu funcionamento. São abordadas as microrredes em corrente contínua, e algumas aplicações encontradas na literatura, assim como suas vantagens e desvantagens.

No Capítulo 4 é apresentado o modelo matemático proposto, formulado através de um problema quadrático inteiro misto para alocação de fontes renováveis de energia.

No Capítulo 5, apresentam-se os algoritmos e métodos propostos para a solução do problema quadrático inteiro misto para a alocação de fontes renováveis de energia em sistemas de corrente contínua, sendo o algoritmo de *Branch and Bound (B&B)* implementado através da linguagem de modelagem algébrica (*AMPL*) e solucionado através do solver de otimização CPLEX; e o algoritmo genético Chu-Beasley implementado no MATrix LABoratory (*MATLAB*). Em sequência expõe-se um método para redução do espaço de busca combinatório (*EBCR*), a fim de diminuir o tempo computacional baseado em Silva (2013).

No Capítulo 6 são apresentados os resultados obtidos da implementação dos modelos matemáticos descritos do Capítulo 4, obtidos pelos algoritmos descritos no Capítulo 5, para três sistemas testes de iluminação pública, em corrente contínua, de 20, 99 e 297 nós, considerando dois cenários de geração.

No Capítulo 7 são apresentadas as conclusões obtidas pelo trabalho e as sugestões para a sequência do trabalho.

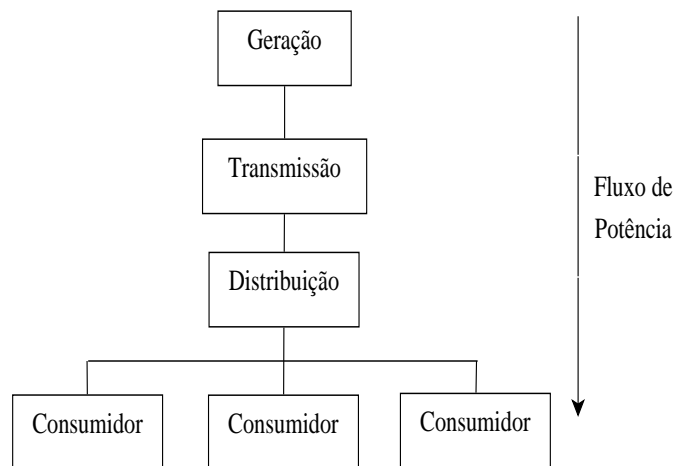
Nos Apêndices, são apresentados os resultados referentes aos sistemas testes nas simulações feitas para os Cenários avaliados, através dos algoritmos propostos.

Nos Anexos, apresentam-se as resoluções normativas Nº 482 e 493 da ANEEL, e dados técnicos de painéis fotovoltaicos.

2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

O sistema de energia elétrica (SEE) é responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (ELGERD, 1925). Ou seja, na concepção convencional o SEE tem como objetivo gerar energia elétrica em quantidade suficiente para transmitir a centros de carga, os quais distribuem aos consumidores finais. Na Figura 1, é mostrado um esquema de concepção convencional de geração, transmissão e distribuição de energia:

Figura 1 - Esquema de produção de energia por métodos convencionais.



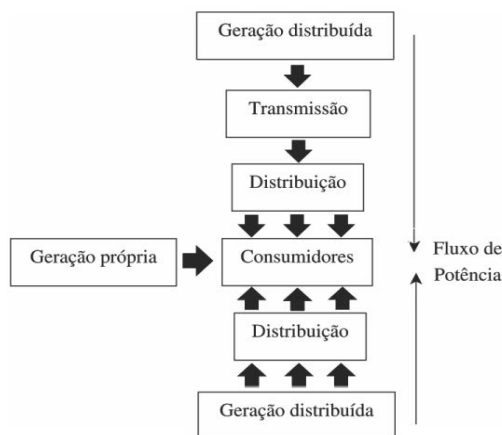
Fonte: Da própria autora

Nos métodos convencionais de produção de energia, a geração ocorre somente antes da transmissão. Atualmente essa forma de produção de energia está desencadeando problemas do esgotamento gradual de combustíveis fósseis, baixa eficiência energética e poluição ambiental. Diante disso, segundo Chowdhury, Chowdhury e Crossley (2009), esses problemas levam a novas tendências de geração e distribuição de energia por métodos não convencionais, através das fontes renováveis de energia como gás natural, biogás, energia eólica, células fotovoltaicas, células de combustíveis, veículos elétricos e outros. Essa nova concepção “desverticaliza” a geração de energia ilustrada na Figura 1 e o esquema nesse processo de produção de energia pode assumir a forma apresentada na Figura 2.

Na Figura 2 é apresentado o novo modelo de geração de energia, que inclui a geração distribuída próxima às unidades consumidoras. A desverticalização da geração de energia elétrica nos últimos anos ocorre de forma acelerada, devido ao aumento da energia necessária para suprir

as demandas da sociedade. A geração distribuída pode ser alocada tanto na rede de distribuição (até 138kV), bem como na transmissão.

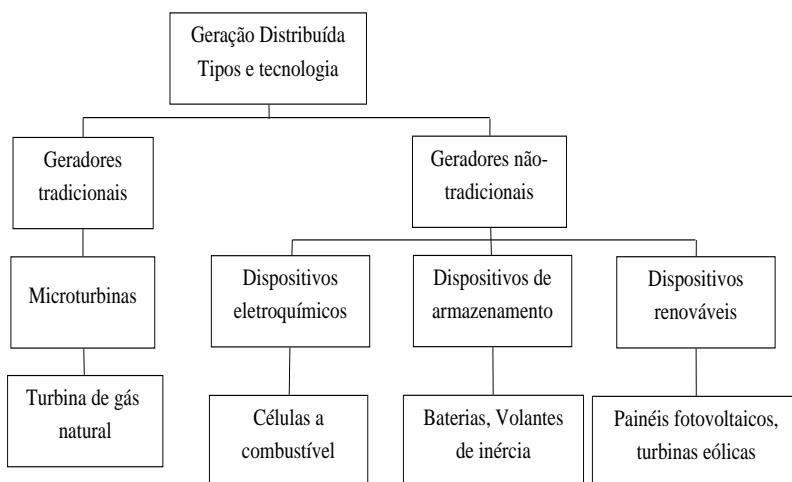
Figura 2 - Esquema de produção de energia por métodos não convencionais.



Fonte: Da própria autora

Existem diferentes tipos de geração distribuída (GD), as quais são definidas dependendo do local de construção e da tecnologia de geração utilizada. Na Figura 3, mostra-se um esquema adaptado de El-Khattam e Salama (2004), o qual apresenta diversos tipos e tecnologias das GDs.

Figura 3 - Classificação das GDs quanto a tecnologia e tipo.



Fonte: El-Khattam e Salama (2004).

Na Figura 3, são apresentados vários tipos de geração distribuída, os quais podem ser comparados para ajudar na decisão sobre qual tipo é mais adequado para as diferentes situações que

são encontradas na hora de gerar energia.

[...] esta futura geração de eletricidade deverá também se adequar às necessidades do mercado energético brasileiro, respeitando as características únicas de seu sistema elétrico, introduzindo ganhos de eficiência, confiabilidade e flexibilidade, e procurando ao mesmo tempo responder aos desafios de sempre: aumentar a eficiência de utilização dos recursos energéticos e minimizar os impactos ambientais decorrentes do seu processo (LORA; HADDAD, 2006, p. 4).

Existem diversas formas de gerar energia elétrica. Nas seções que seguem são discutidas a geração distribuída e suas tecnologias renováveis, que são o foco desse trabalho.

2.1 DEFINIÇÕES DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA(GD)

A década de 70 pode ser descrita como a década da consciência energética. Acontecimentos como o acidente nuclear da Usina Three Miles Island e o embargo do petróleo árabe durante os anos de 1973 e 1974, com a rápida aceleração inflacionária, mudaram profundamente o conceito do uso de energia e aumentaram as pesquisas sobre fontes renováveis de energia (GROUMPOS; PAPAGEORGIU, 2009).

O uso de energias renováveis é promissor nos dias atuais, pois a busca de um sistema de energia elétrica confiável e de qualidade é o que todos os consumidores almejam. Diante disso, surge o uso do termo Geração Distribuída (GD), que é uma expressão utilizada para a geração de energia elétrica próxima dos consumidores, independente da potência, tecnologia e fonte de energia.

A capacidade dos consumidores residenciais, comerciais, industriais produzirem energia elétrica para consumo, ao invés de comprá-la do sistema elétrico principal, resultará em grande mudança na tecnologia, na organização e na forma de fazer negócios na indústria da energia elétrica (SEVERINO, 2008).

Com isso, a geração distribuída passa a ter um importante papel no futuro da geração de energia elétrica. Li, Vilathgamuwa e Loh (2004) descrevem as vantagens como a facilidade de expansão ambiental e flexibilidade que fizeram com que a GD, alimentada por várias microfuentes renováveis, viesse a ser uma opção atraente para a configuração do futuro das redes elétricas. Para Guerrero et al. (2011), o uso de GD em sistemas de energia não faz sentido sem o uso de sistemas de armazenamento para lidar com as variações energéticas.

Existem vários termos utilizados ao se referir a geração distribuída, por exemplo: na América do Norte temos o termo “Geração Dispersa”, nos países sul-americanos o termo utilizado é “geração integrada”, e “geração descentralizada” é utilizado na Europa e alguns países asiáticos.

No mundo apresentam-se várias definições para geração distribuída, dependendo da capacidade de geração, do nível de tensão, da tecnologia, do impacto ambiental, etc.

2.1.1 Conceitos de Geração Distribuída

Para Ackermann, Andersson e Sader (2001) e El-Khattam e Salama (2004), o conceito de GD é o seguinte: uma fonte de energia elétrica conectada diretamente à rede de distribuição ou do lado do cliente, no entanto uma lista de aspectos podem ser levados em consideração ao se elaborar o conceito de geração distribuída que são os seguintes.

- a) **O propósito** - O propósito da GD é fornecer uma fonte de potência ativa, ou seja, não precisa necessariamente fornecer potência reativa.
- b) **A localização** - A localização da GD varia muito entre diferentes autores, no entanto a maioria define a localização da GD conectadas a rede de distribuição ou conectadas à rede no lado do consumidor.
- c) **A capacidade de geração** - Para a capacidade de geração, são apresentadas categorias da geração distribuída em relação a sua capacidade de geração, a seguir temos as categorias.
 - Micro: 1 watt a 5 kW;
 - Pequeno porte: 5 kW a 5 MW;
 - Médio: 5 MW a 50 MW;
 - Grande: 50 MW a 300 MW.
- d) **A área de entrega da energia gerada** - Não há nenhuma definição específica para a área de entrega da geração distribuída. No entanto, é comum estabelecer que a energia gerada deve ser consumida dentro da rede de distribuição. No entanto em algumas situações definir a área de entrega não é muito útil. Por exemplo: a empresa Wairarapa, da Nova Zelândia, que administra uma fazenda eólica, tem sua energia produzida sendo consumida totalmente dentro de sua rede, mas durante as noites com uma demanda muito baixa de energia e altas velocidades de vento, o parque eólico exporta energia para o sistema de transmissão.
- e) **A tecnologia** - As tecnologias disponíveis para GDs podem ser renováveis ou não renováveis. No Quadro 1, apresentam-se essas tecnologias, juntamente com suas capacidades de geração.

Quadro 1: Tecnologias das GDs.

Tecnologia	Capacidade típica disponível por módulo
Não - renováveis	
Turbina a gás de ciclo combinado	35MW - 400MW
Motores de combustão interna	5kW - 10MW
Turbina a combustão	1MW - 250MW
Microturbina	35kW - 1 MW
Renováveis	
Pequena Hidrelétrica	1MW - 100MW
Microhidrelétrica	25kW - 1MW
Turbina Eólica	200W - 3MW
Arranjo Fotovoltaico	20W - 100kW
Térmica - solar	1MW - 10MW
Biomassa (exemplo: gaseificação)	100kW - 20MW
Célula a combustível: PAFC	200kW - 2MW
Célula a combustível: MCFC	250kW - 2MW
Célula a combustível: PEMFC	1kW - 250kW
Célula a combustível: SOFC	250kW - 5MW
Geotérmica	5MW - 100MW
Undimotriz/Marémotriz	100kW - 1MW
Motor Stirling	2kW - 10kW

Fonte: Ackermann, Andersson e Sader (2001).

- f) **O impacto ambiental** - Comumente se assume que as tecnologias de GDs são menos impactantes ambientalmente em relação às gerações centralizadas. Todavia a análise dos impactos ambientais é algo muito complexo, segundo Severino (2008), pelas razões dadas a seguir.
- Possui caráter intrinsecamente multidisciplinar, em que há diversos fatores relevantes inter-relacionados;
 - Envolve fatores de natureza distinta, como a técnica de engenharia, humana, social e ambiental;
 - Envolve fatores de variação não previsíveis;
 - Não possuem em muitos casos, dados históricos anteriores relacionados às situações consideradas equivalentes.
- g) **A propriedade** - A propriedade de uma GD comumente dever ser de produtores de energia independentes ou dos próprios clientes, para se qualificar como DG.

- h) **O nível de penetração** - O nível de penetração, em relação à quantidade total de GD ligada a uma rede de distribuição, alguns autores acreditam que a GD tende para a geração de energia completamente desverticalizada, a qual não requer linhas de transmissão ou grandes usinas geradoras centralizadas. Já outros autores com posicionamento mais conservador acreditam que a geração distribuída será capaz de fornecer apenas parte da demanda de energia local, ou seja, as GDs continuam na dependência dos sistemas elétricos convencionais.

Segundo Chowdhury, Chowdhury e Crossley (2009), existem algumas características comuns que são universalmente aceitas de geração distribuída, que são elencadas a seguir.

- a) Não possui um local central de produção e distribuição;
- b) Possui capacidade pequena, normalmente até 50MW;
- c) As fontes de potência da geração distribuída são usualmente conectadas no sistema de distribuição, os quais são tipicamente com tensões que variam de 230/415 V até 145 kV.

A conexão da geração distribuída ao sistema principal de energia elétrica traz benefícios econômicos e ambientais. De acordo com Chowdhury, Chowdhury e Crossley (2009), isso ocorre pelos motivos a seguir.

- a) Devido ao crescimento da demanda de energia elétrica, o aumento da produção convencional seria inevitável e com isso viria uma degradação contínua da reserva de combustível fóssil, então a maioria dos países estão à procura de recursos energéticos como uma alternativa não convencional.
- b) A atenção à redução da poluição ambiental global é um fator para o uso de fontes renováveis. Como parte do Protocolo de Kyoto (1997), a UE, o Reino Unido e em muitos outros países planejam reduzir gases de efeito estufa (carbono e nitrogênio subprodutos) das emissões a fim de combater o clima de alerta global. Portanto, eles estão trabalhando na geração de nova energia e as políticas de utilização para apoiar a utilização adequada dessas fontes de energia. Espera-se que a exploração de fontes renováveis de energia ajude a gerar energia limpa com menor impacto ambiental.
- c) A geração distribuída desempenha um papel fundamental nas aplicações de co- geração (produção combinada de energia elétrica e calor), e o aumento da eficiência da energia.
- d) O acesso rápido de energia elétrica em regiões isoladas.

A coordenação de todas essas unidades de geração e carga é uma questão bastante desafiadora que exige muito cuidado. Em função disso, estes sistemas de distribuição modernos também são referidos como Smart Grids (GRADITI et al., 2010).

2.1.2 Geração Distribuída no Brasil

No Brasil a legislação que aborda a distribuição de energia elétrica está na Resolução Normativa Nº 395, de 15 de dezembro de 2009, a qual “aprova os procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional - PRODIST, e dá outras providências”. Essa resolução trata das questões técnicas referentes tanto aos consumidores quanto às unidades produtoras de energia. O PRODIST possui 9 módulos:

- Módulo 1 - Introdução;
- Módulo 2 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição;
- Módulo 3 - Acesso ao Sistema de Distribuição;
- Módulo 4 - Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição;
- Módulo 5 - Sistemas de Medição;
- Módulo 6 - Informações Requeridas e Obrigações;
- Módulo 7 - Cálculo de Perdas na Distribuição;
- Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica;
- Módulo 9- Ressarcimento de Danos Elétricos;
- Cartilha de Acesso ao Sistema de Distribuição.

No módulo 1 do PRODIST a geração distribuída é definida como a seguir.

Centrais geradoras de energia elétrica, de qualquer potência, com instalações conectadas diretamente no sistema elétrico de distribuição ou através de instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou de forma isolada e despachadas - ou não - pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (ANEEL. . . , 2009).

Quanto à capacidade de geração os módulos 1 e 3 do PRODIST , apresentam duas categorias:

- Microgeração distribuída: até 100 kW;
- Minigeração distribuída: de 100kW até 1MW.

Essas categorias são regulamentadas, através da Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012.

Na seção 2.2, apresentam-se as principais características das tecnologias das GDs com fontes renováveis de energia renovável.

2.2 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E O USO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

A geração de energia elétrica está intimamente ligada às questões ambientais e à busca do desenvolvimento sustentável. Segundo Reis (2003), isso ocorre por dois motivos: 1) para o desenvolvimento econômico sustentável ocorrer é necessária energia eficiente; 2) vários desastres ecológicos e humanos ocorreram nos últimos tempos com ligação direta ao fornecimento de energia elétrica. Diante disso, vem a forte argumentação do desenvolvimento sustentável.

O uso de fontes de energia renováveis é uma forma de minimizar os impactos ambientais causados pelo setor energético, pois com as fontes renováveis a natureza repõe-se de forma mais rápida que sua utilização energética, e isso leva à redução na emissão de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases causadores do efeito estufa, pois com essas fontes de energia se reduz a dependência dos combustíveis fósseis, como carvão e petróleo.

Diante disso, o mundo discute formas de explorar o potencial de geração das fontes renováveis de energia, das quais destacam-se a energia hidráulica, energia de biomassa, energia eólica, energia solar térmica, energia solar fotovoltaica, energia biogás, energia geotérmica, energia maremotriz e células a combustível.

2.2.1 Energia Hidrelétrica

A energia hidráulica foi uma das primeiras formas de substituição do trabalho animal pelo mecânico, particularmente para bombeamento de água e moagem de grãos (ANEEL. . . , 2008). A água é uma das poucas fontes para produção de energia que não contribui para o aquecimento global o principal problema ambiental da atualidade. E, ainda, é renovável: pelos efeitos da energia solar e da força da gravidade, de líquido transforma-se em vapor que se condensa em nuvens, que retornam à superfície terrestre sob a forma de chuva.

A potência instalada determina se a usina é de grande porte, médio porte ou uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH). A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) adota três classificações:

- Centrais Geradoras Hidrelétricas (com até 1 MW de potência instalada),
- Pequenas Centrais Hidrelétricas (entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada) e;
- Usina Hidrelétrica de Energia (UHE, com mais de 30 MW).

Na Figura 4 é apresentado a imagem da Usina Hidrelétrica de Itaipu, a qual possui 14.000 MW de potência instalada.

Figura 4 - Usina Hidrelétrica de Itaipu.



Fonte: Binacional (2010).

2.2.2 Energia de Biomassa

A Biomassa é matéria orgânica de origem animal ou vegetal, a qual pode ser utilizada para geração de energia. Para Tolmasquim (2003), a tecnologia de geração de energia a partir de biomassa está ligada à necessidade, ou não, de conversão da biomassa antes da combustão, portanto ou ocorre a combustão direta da biomassa ou ocorre a queima de combustíveis líquidos ou gasosos derivados da biomassa.

Rosillo-Calle, Bajay e Rothman (2005) especifica os setores industriais que usam a biomassa como fonte de energia que são: 1) produção de álcool combustível através da cana-de-açúcar; 2) uso de biomassa como fonte de energia na indústria de papel e celulose; e 3) uso do carvão vegetal como agente térmico e redutor na indústria de ferro-gusa e aço.

Na Figura 5 a Usina Sucroalcoleira Barralcool de Barra do Bugres - MT é ilustrada para a geração de energia por biomassa, pois a mesma produz energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar que atende as necessidades internas da empresa, assim como o excedente é ofertado ao mercado consumidor. Segundo a ANEEL, a Usina Sucroalcoleira Barralcool possui 30 MW de potência instalada.

2.2.3 Energia Eólica

A energia eólica é gerada pela utilização do vento, o qual é gerado principalmente pelo maior aquecimento da Terra perto do Equador que perto dos pólos. Ou seja, o vento é influenciado pela rotação da terra, ocorrendo variações sazonais, as quais devem ser avaliadas para poder utilizá-lo como geração de energia (REIS, 2003). A energia eólica iniciou-se na Europa com a Alemanha, Dinamarca e Holanda e também nos Estados Unidos, e hoje está presente em

Figura 5 - Usina Sucroalcooleira Barralcool de Barra do Bugres - MT.



Fonte: Barralcool (2012).

vários outros países de todos os continentes.

Na Figura 6, tem-se a imagem do complexo gerador de energia eólico da América Latina, com 150 MW de energia instalada, localizado no município de Osório no RS.

Figura 6 - Parque Eólico de Osório - RS.



Fonte: Brasil (2011).

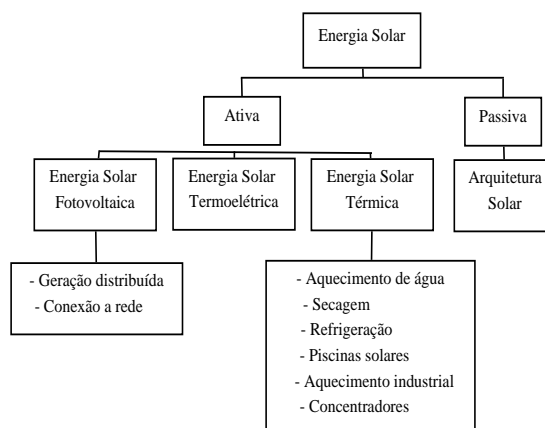
2.2.4 Energia Solar

Para Tolmasquim (2003) a Energia solar é a designação dada a todo tipo de captação de energia luminosa, energia térmica (e suas combinações) proveniente do sol, e posterior transformação dessa energia captada em alguma forma utilizável pelo homem, seja diretamente para aquecimento de água ou ainda como energia elétrica ou energia térmica.

Conforme a definição acima, a energia solar pode ser aproveitada de duas maneiras: em forma térmica e luminosa. Na Figura 7, tem-se aplicações práticas da energia solar.

Na Figura 7, observa-se que a energia solar é subdividida em dois grupos de energia solar ativa e energia solar passiva. Nosso enfoque será dado na energia solar ativa, a qual é dividida em dois grupos que tratam da energia solar fotovoltaica e energia solar térmica. Nas próximas

Figura 7 - Aplicações práticas da energia solar.



Fonte: Tolmasquim (2003).

seções apresenta-se, brevemente, a energia solar termelétrica, e em detalhes a energia solar fotovoltaica que é foco de nosso trabalho.

2.2.4.1 Energia Solar Termelétrica

A energia solar termelétrica utiliza os raios solares para aquecer um líquido e transformá-lo em vapor, que será convertido em energia elétrica através de um sistema turbo-gerador. Normalmente, utiliza-se concentradores, cuja finalidade é concentrar os raios solares incidentes em uma grande área, para uma área menor, de tal forma que a temperatura seja significativamente aumentada nessa área menor. Os concentradores têm forma parabólica ou esférica. Na Figura 8, tem-se um exemplo de energia solar termelétrica, onde observam-se os concentradores solares.

Figura 8 - Energia Solar Termelétrica.



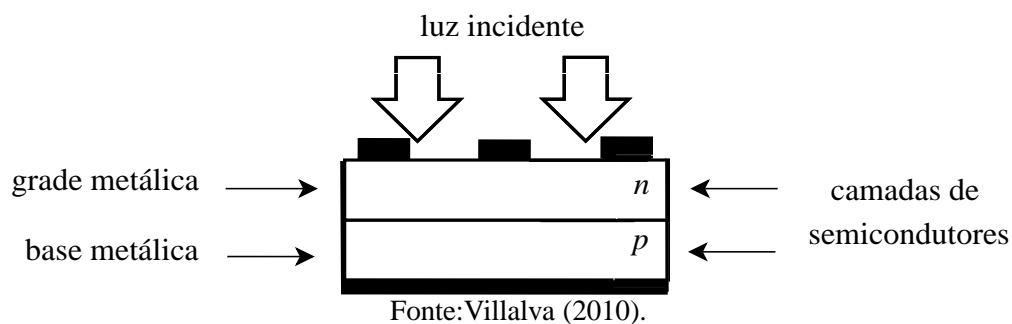
Fonte: Villalva (2010).

2.2.4.2 Energia Solar Fotovoltaica

A energia luminosa é aquela onde a radiação é transformada diretamente em energia elétrica em CC. A energia solar é transformada em energia elétrica através de células fotovoltaicas a qual é armazenada em baterias, formando um sistema chamado sistema fotovoltaico.

Na Figura 9, vemos a estrutura física em um corte transversal de uma célula fotovoltaica, a qual é formada por placas de material semicondutor, geralmente de silício (*Si*), do tipo *p* e *n* com diferentes condutividades, uma positiva (*p*) e outra negativa (*n*), formando uma junção “*pn*”. Quando a luz do sol incide sobre essa junção ocorre diferença de potencial, ocasionando o efeito fotovoltaico.

Figura 9 - Estrutura física da célula fotovoltaica.



Segundo Tolmasquim (2003) o desenvolvimento da célula solar, compreende três períodos.

1. No começo dos anos 50, quando as células eram usadas como sensores de radiação luminosa. A conversão de energia não era o objetivo principal.
2. Em um período intermediário onde os sistemas fotovoltaicos eram a principal fonte de energia em naves espaciais.
3. E a partir dos anos 70, quando as células passam a ser utilizadas em sistemas terrestres.

O silício é o material mais comum na fabricação das células solares que compõem os módulos. Cada célula de silício produz aproximadamente 0,5 V em CC sob a luz solar. Tensões elétricas superiores a 0,5V são produzidas quando várias células são conectadas em série, como em um módulo (ROBERTS, 1990). Portanto, a interligação dos módulos em série ou paralelo define as características de saída em tensão e corrente. Um módulo solar pode ter de 20 a 40 células solares geralmente dispostas em 4 linhas paralelas, produzem corrente contínua em 12 ou 24V. Com isso em algumas situações, faz-se necessário a utilização de sistemas inversores ou conversores de tensão, que não apenas elevam/abaixam aos valores desejados as tensões produzidas como também transformam as correntes contínuas em alternada (MARINI, 2001).

Em situações reais onde são necessárias tensão e potência maiores, os módulos solares podem ser distribuídos em série e paralelo para suprir a demanda desejada, pois segundo Marini (2001) um metro quadrado de módulos produz uma potência equivalente a 0,2 a 0,3 kWh nos dias nublados e 0,5 a 0,6 kWh em dias ensolarados. Na Figura 10 tem-se módulos fotovoltaicos distribuídos em série e paralelo, da primeira usina solar da América Latina localizada no Brasil no município de Tauá - CE, no Sertão dos Inhamuns.

Figura 10 - Primeira Usina Solar do Brasil MPX Tauá com 4.680 painéis fotovoltaicos.

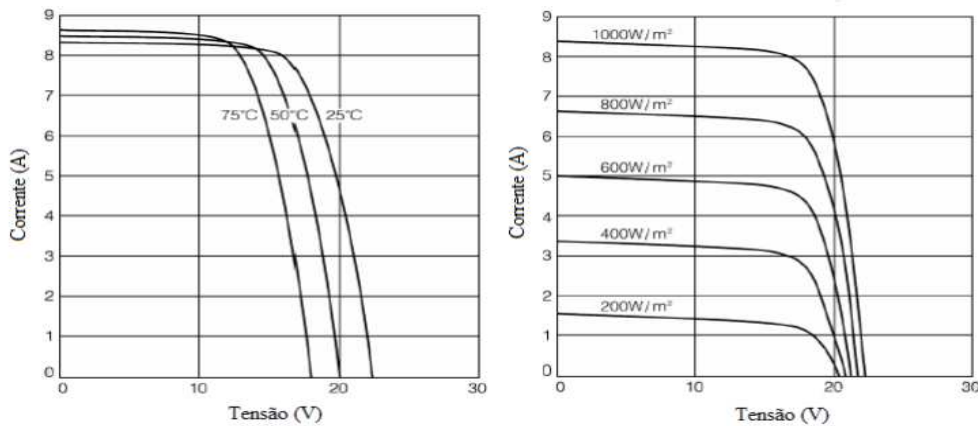


Fonte: Cunha (2011).

O projeto recebeu investimento de R\$ 10 milhões e conta com 4.680 painéis fotovoltaicos, espalhados por 12 mil metros quadrados e com capacidade inicial para a produção de um megawatt. No entanto, o planejamento é de que esse potencial chegue a 50 MW.

A Figura 11 mostra as curvas “tensão x corrente” de um painel fotovoltaico, cuja corrente de máxima potência é de 9A.

Figura 11 - Comportamento da curva $V \times I$ de um painel fotovoltaico.



Fonte: EPE (2012).

Na esquerda da Figura 11, tem-se o gráfico $V \times I$ para diferentes níveis de temperatura das células, onde verifica-se que a temperatura influencia diretamente na máxima corrente do painel, sendo $25^{\circ}C$ a temperatura ideal para que isso ocorra, pois a medida que a temperatura aumenta, diminui a máxima corrente do painel.

Na direita da Figura 11, tem-se o gráfico $V \times I$, que caracteriza a máxima corrente do painel de acordo com a radiação global, verifica-se que a medida que à radiação global diminui, a corrente do painel também diminui, sendo que a máxima corrente ocorre quando incidir sobre a superfície terrestre $1.000W/m^2$ de radiação global.

Segundo Villalva (2010) apud Rauschenbach (1980), a equação básica da teoria de semicondutores que modela as características da curva $V \times I$ de uma célula fotovoltaica ideal é dada pela Equação 1.

$$I = I_{pv,cell} - I_{0,cell} \left[\exp \left(\frac{qV}{akT} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

onde

$I_{pv,cell}$ é a corrente gerada pela incidência da luz;

$I_{0,cell}$ é a corrente de saturação reversa do diodo;

q é a carga elementar do elétron [$1,60217646 \cdot 10^{-19}C$];

V é a tensão;

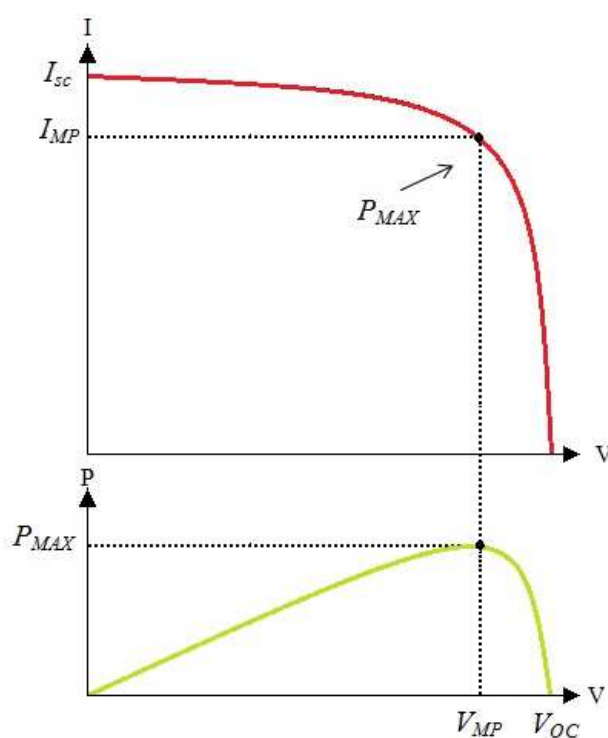
a é a constante de idealidade do diodo;

k é a constante de Boltzmann [$1,3806503 \cdot 10^{-23}J/K$];

T é a temperatura da junção $p - n$.

Na Figura 12, tem-se o gráfico da representação do Ponto de Máxima Potência (*MPP*) de um painel fotovoltaico, o qual é obtido quando temos a condição ideal, ou seja, uma radiação global de $1.000W/m^2$ e uma temperatura de $25^{\circ}C$.

Figura 12 - Curva do MPP de um painel fotovoltaico.



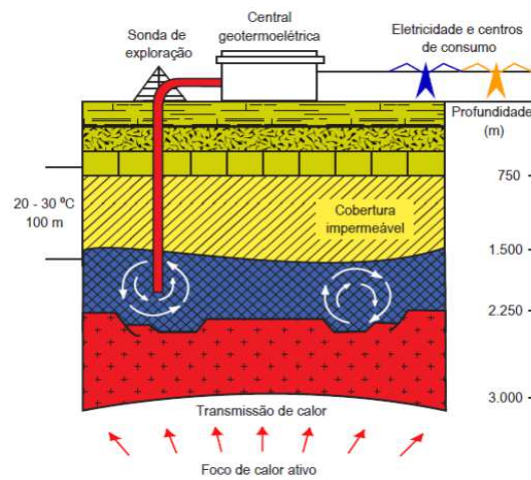
Fonte:EPE (2012).

2.2.5 Energia Geotérmica

Geo significa terra e térmica significa calor, por isso geotérmica é a energia calorífica que vem da terra, portanto a energia geotérmica é aquela obtida pelo calor que existe no interior da Terra.

Segundo ANEEL... (2008), os principais recursos para essa geração de energia são os gêiseres (fontes de vapor no interior da Terra que apresentam erupções periódicas) e, em locais onde eles não estão presentes, o calor existente no interior das rochas para o aquecimento da água. A partir desta água aquecida é produzido o vapor que gira a turbina produzindo energia elétrica. A Figura 13, ilustra que a água aquecida produz vapor que é utilizado em usinas termelétricas.

Figura 13 - Reservatório geotérmico de alta temperatura.



Fonte: ANEEL... (2008).

A produção de energia geotérmica teve aumento significativo nos últimos anos, onde a capacidade instalada de geração cresceu de 1300MW em 1975 para quase 10.715 MW em 2010 (XIANBIAO; WEIBIN; HUASHAN, 2011).

2.2.6 Energia dos oceanos

2.2.6.1 Energia maremotriz

A energia maremotriz é a geração de energia através da movimentação da água dos oceanos, a qual é provocada pelas marés. Esse tipo de geração resulta em dois tipos de energia que são: energia cinética das correntes devido às marés e energia potencial pela diferença de altura entre as marés alta e baixa.

Para que ocorra a geração de energia maremotriz, é necessária a construção de uma barragem, formando-se um reservatório junto ao mar. Quando a maré é alta, a água enche o reservatório, passando através da turbina hidráulica, tipo bulbo, produzindo energia elétrica. Na maré baixa, a água sai do reservatório passando novamente através da turbina, em sentido contrário, produzindo a energia elétrica (ANEEL..., 2008). A Figura 14, ilustra esse movimento das ondas através das turbinas.

Figura 14 - Geração de energia maremotriz.



Fonte: ANEEL... (2008).

2.2.6.2 Energia undimotriz

A energia undimotriz é aquela gerada pelas ondas marinhas. Segundo Pelissero et al. (2011), a energia produzida pelas ondas, é:

- Energia cinética que é função da velocidade da onda.
- Energia potencial que é função da altura da onda.
- Energia hidráulica que é função do empuxo da água.

Na Figura 15, tem-se um equipamento denominado “Pelamis”, na forma de cilindros ou “serpente marinha”, ele está instalado em Portugal com potência média de 750kW. Segundo Pelissero et al. (2011),

A geração de energia ocorre, pois esses cilindros estão unidos através de articulações conformadas por pistões que comprimem o fluido hidráulico, a liberação controlada desse fluido coloca em funcionamento uma turbina conectada a um gerador de eletricidade. O fluido elétrico é enviado até a costa mediante um cabo submarino. Em resumo, o equipamento copia o movimento ondular da superfície do mar e o transforma em energia elétrica (PELISSERO et al., 2011, p. 4).

Figura 15 - Geração de energia undimotriz.



Fonte: Pelissero et al. (2011).

2.2.7 Células a combustível

O termo célula a combustível (CaC), vem do termo inglês fuel cell. O conceito de célula combustível foi desenvolvido há mais de 100 anos, no entanto somente na década de 60 do século XX, células foram fabricadas para o programa espacial norte americano. Esse programa tinha necessidade de energia segura, eficiente e compacta para as naves, e a célula combustível atendia a essas necessidades. Então as CaCs fizeram parte dos projetos de Gemini e Apollo. De acordo com Lora e Haddad (2006), a NASA continua a usar células combustíveis para o fornecimento de eletricidade em veículos espaciais.

As células combustíveis têm semelhança com uma bateria, pois ocorre uma reação eletroquímica para criar corrente elétrica. No entanto, segundo Severino (2008), há diferenças, pois na bateria a energia é acumulada em componentes do interior dela; já nas CaCs a energia elétrica é mantida enquanto for mantido o fluxo dos reagentes não existindo acúmulo de energia dentro dela. Como pode-se ver, as CaC não necessitam de recargas, pois o reagente é fornecido constantemente a elas, com isso produzido energia continuamente.

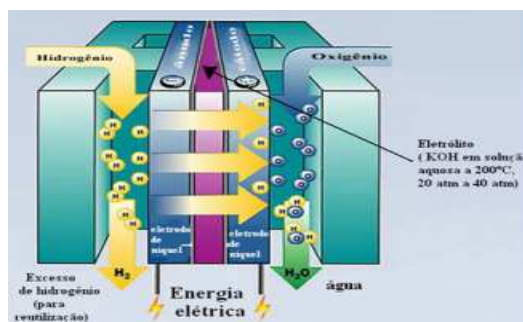
Existem vários tipos de células combustíveis, dentre elas:

1. CaC com eletrólito alcalino ou CaC alcalina - *alkaline fuel cell (AFC)*
2. CaC com eletrólito de membrana polimérica ou CaC de membrana polimérica - *próton Exchange membrane fuel cell (PEMFC)*
3. CaC com eletrólito de ácido ou CaC ácida - *phosphoric acid fuel cell (PAFC)*
4. CaC com eletrólito de carbono fundido ou CaC de carbono fundido - *molten carbonate fuel cell (MCFC)*
5. CaC com eletrólito de óxido sólido ou CaC de óxido sólido - *solid oxide fuel cell (SOFC)*

6. CaC de óxido sólido de temperatura intermediária - *intermediate temperature solid oxide fuel cell (ITSOFC)*
7. CaC alimentada diretamente com metanol - *direct methanol fuel cell (DMFC)*
8. CaC alimentada diretamente com etanol - *direct ethanol fuel cell (DEFC)*

Na Figura 16, tem-se a ilustração do funcionamento de uma CaC alimentado por Hidrogênio H_2 e Oxigênio O_2 .

Figura 16 - Esquema do funcionamento de uma CaC.



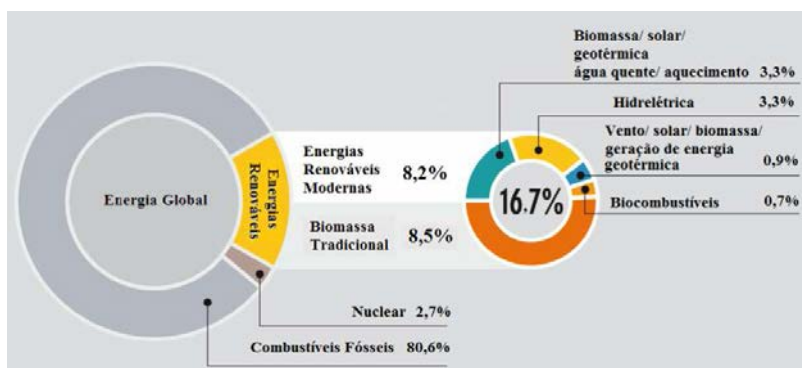
Fonte: Severino (2008).

2.3 O USO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL E NO MUNDO

A busca por geração de eletricidade com fontes renováveis no Brasil e no mundo tem se ampliado, devido a grande preocupação com a emissão de gases causadores do efeito estufa. Segundo o meteorologista Walt Meier que trabalha no Centro Nacional de Neve e Gelo em Boulder, no Colorado, o degelo do Polo norte registrou recorde novamente no ano de 2012, sendo que hoje o gelo do Pólo norte representa somente a metade do gelo de 1980, sendo a principal causa a emissão de gases. No entanto, segundo o meteorologista, o degelo não é irreversível, a redução de emissão dos gases que aquecem a atmosfera, a capa de gelo que cobre o Pólo Norte voltará a crescer, restabelecendo o equilíbrio do clima no planeta.

Diante disso, segundo o REN21 (2012), o uso de energias renováveis atinge 16,7% da geração de eletricidade mundial, conforme a Figura 17, ou seja, muito pode ser explorado, pesquisado e investido em fontes renováveis de energia.

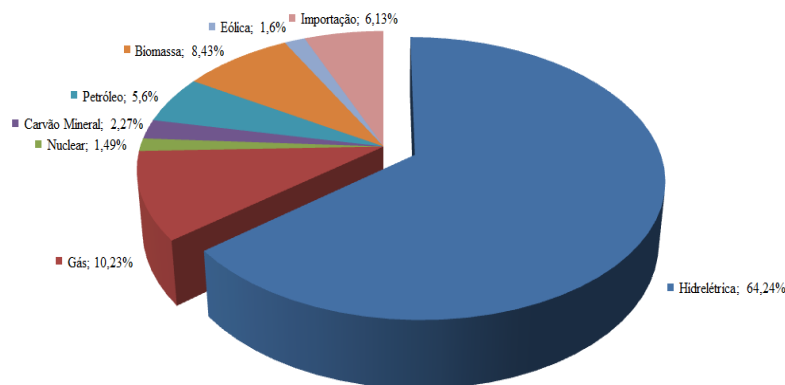
Figura 17 - Percentual das diferentes gerações de energia no mundo.



Fonte: REN21 (2012).

No Brasil, a participação na Matriz Elétrica Brasileira das fontes renováveis de energia produzidas no Brasil atingem 74,27% segundo a ANEEL. A Figura 18, ilustra o percentual das diferentes formas de geração de energia no Brasil.

Figura 18 - Percentual da matriz de geração de energia no Brasil.



Fonte: ANEEL... (2012).

2.4 CONCLUSÕES

Neste Capítulo abordou-se a geração distribuída, que é uma expressão utilizada para a geração de energia próxima ao consumidor, nas suas diferentes fontes renováveis de energia. São abordadas em especial as características das diferentes formas de geração de energia renováveis, dentre as quais a geração de energia fotovoltaica que será um dos focos dessa pesquisa. As informações sobre GD tornaram-se necessárias nesse capítulo a fim permitir a compreensão dessa maneira de geração de energia, que está inserida dentro das microrredes que são analisadas neste trabalho.

3 MICRORREDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O termo “microrrede” tem sido muito utilizado no planejamento e na análise da operação de sistemas elétricos modernos, onde a presença de geração distribuída a partir da utilização de fontes renováveis de energia ou mesmo de fontes convencionais de porte menor do que as grandes centrais elétricas, torna-se uma realidade (MARINHO, 2011).

Definições aplicadas às microrredes são encontradas na literatura onde, segundo Marnay (2010), a microrrede pode ser definida como um grupo semi-autônomo de fontes de geração e cargas, que são colocadas e operadas de forma a atender clientes agrupados ou dispersos, pertencentes à microrrede que, todavia, operam de forma coordenada. Os componentes da microrrede podem ser conjuntos de microturbinas, células de combustível, painéis fotovoltaicos e outros pequenos geradores de energia, dispositivos de armazenamento e cargas controláveis. Outro conceito aceito sobre as microrredes foi o apresentado por Smith (2011), que diz que

Uma microrrede é um grupo de cargas e de recursos de energia distribuída interconectadas dentro de um limite elétrico claramente definido que atua como uma entidade controlável única com relação à rede. Uma microrrede pode conectar e desconectar-se da rede de modo que lhe permita operar conectado ou isolado da rede (“modo ilha”) (SMITH, 2011, p.12).

No módulo 1 do PRODIST a definição dada a microrrede é a seguinte: “Rede de distribuição de energia elétrica que pode operar isoladamente do sistema de distribuição, atendida diretamente por uma unidade de geração distribuída” (ANEEL... , 2009, p.5).

Associados às definições de microrredes, outros conceitos têm sido incorporados no cotidiano do setor elétrico mundial, tais como: minirredes (*minigrids*), redes inteligentes (*smart-grids*), geração integrada (*embedded generation*), geração distribuída ou dispersa, entre outros (MARNAY, 2010).

3.1 MICRORREDES DE BAIXA TENSÃO EM CORRENTE ALTERNADA

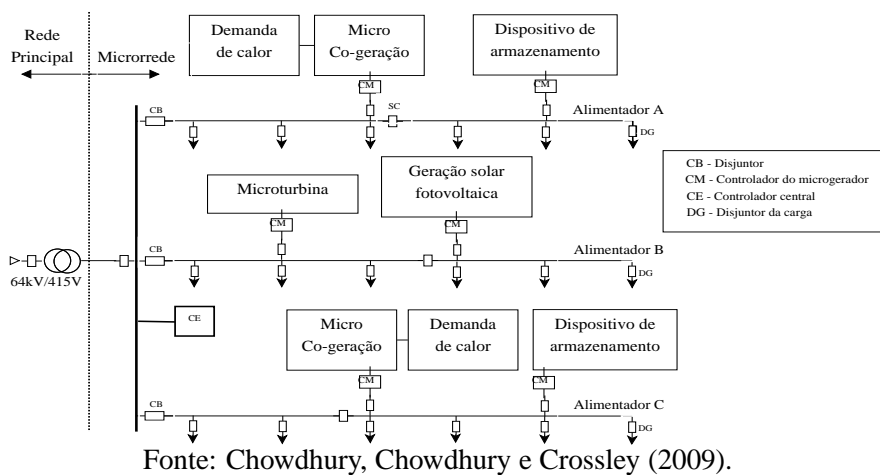
A geração de energia em uma microrrede ocorre geralmente através de fontes renováveis, ou seja, fontes não convencionais de energia. Segundo Elshaer, Mohamed e Mohammed (2011), as GDs desempenham um papel importante para as microrredes, pois proporcionam ao cliente com potencial de geração de energia, vender o excedente de energia para a rede principal.

Segundo Chowdhury, Chowdhury e Crossley (2009), as diferenças entre microrredes e usinas convencionais são as seguintes.

1. Microrredes são de capacidade muito menor em relação aos grandes geradores em usinas de energia convencionais.
2. Energia gerada na tensão de distribuição pode ser levada diretamente à rede de distribuição.
3. Microrredes são normalmente instaladas perto das instalações dos clientes para que as cargas elétricas possam ser alimentadas com tensão e frequência suficientes e as perdas nas linhas se tornem insignificantes.

Na Figura 19, tem-se uma configuração de uma microrrede:

Figura 19 - Configuração de uma microrrede.



Observa-se na Figura 19, que as microrredes são redes de distribuição formadas por um conjunto de sistemas de GD com o nível de tensão de distribuição. As microrredes operam de duas formas: ligadas à rede principal de energia elétrica ou de forma autônoma no modo de ilhamento.

Kakigano, Miura e Ise (2010) diz que o modo ilhamento, ou seja, a microrrede quando desconectada da rede principal, pode ocorrer de duas formas: o ilhamento intencional, o qual ocorre de forma planejada para eventual manutenção da rede; e ilhamento não intencional, não sendo planejado.

Segundo Vandoorn et al. (2010) e Salomonsson, Soder e Sannino (2008), quando as microrredes estão ligadas à rede principal de energia elétrica, por possuírem características diferentes em relação aos sistemas tradicionais, as mesmas necessitam de diferentes métodos de controle

para operar com confiabilidade. Já no modo ilhamento, a microrrede opera de forma autônoma, ou seja, independente da rede principal, onde as gerações distribuídas, as cargas, e os armazenadores de energia devem manter o funcionamento da microrrede.

No módulo 1 do PRODIST o ilhamento é definido como: “Operação em que a central geradora supre uma porção eletricamente isolada do sistema de distribuição da acessada”(ANEEL. . . , 2009).

As microrredes são de pequena escala, ou seja, as redes de geração de energia são projetadas para fornecer energia elétrica para uma comunidade, setores públicos ou acadêmicos, como por exemplo, uma universidade ou escola, uma área comercial ou industrial, entre outros. Alguns trabalhos são encontrados na literatura referentes a implantação de microrredes em setores comerciais, tais como Salomonsson e Soder (2006), Salomonsson e Sannino (2007), Salomonsson, Soder e Sannino (2008), Sannino, Postiglione e Bollen (2003), Becker e Sonnenberg (2011) e residenciais, (ENGELEN et al., 2006; KAKIGANO; MIURA; ISE, 2010).

Muitos trabalhos se voltam à questão de controle em microrredes, como (VANDOORN et al., 2010) que apresenta métodos de controle da tensão para um sistema ilhado com cargas constantes ou variáveis com um ou múltiplos geradores. Jin et al. (2010) apresenta um controle “droop” para microrredes na forma híbrida CA-CC.

Sofla e Wang (2011) trabalha com controladores de fluxo interno e de energia de baterias em microrredes. Verifica-se que os trabalhos encontrados na literatura levam em conta as microrredes em CC/CA.

Em termos de normas para a implementação de microrredes no Brasil podem-se citar duas resoluções que estabelecem algumas normas.

- Resolução Normativa ANEEL nº 493, de 5 de junho de 2012 que estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica - MIGDI ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente - SIGFI.
- Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012 que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

3.2 MICRORREDES DE BAIXA TENSÃO EM CORRENTE CONTÍNUA

A demanda de energia é cada vez maior nos dias atuais, e com isso a qualidade e a segurança do fornecimento de energia sem interrupções são necessárias. Diante disso a distribuição de energia em CC é sugerida como um método para fornecimento de energia elétrica, sendo assim, pesquisas são voltadas ao uso da geração de energia local como forma de garantir alta confiabilidade aos clientes, e dentre elas podem-se citar (SALOMONSSON; SODER; SANNINO, 2009; JIANG; YU, 2008; JIANG; YU, 2009; KAKIGANO; MIURA; ISE, 2010).

No entanto, segundo Jiang e Yu (2008), para evitar consequências negativas referentes a segurança e confiabilidade da geração de energia local, deve-se ter atenção no momento de sua integração na infraestrutura de energia elétrica já existente, nesse caso para que a microrrede opere interligada à rede principal.

A seguir são apresentados os componentes utilizados para microrredes em CC de baixa tensão.

a) Fontes

As fontes de energia classificam-se em renováveis e não renováveis. As fontes de energia renováveis são aquelas onde a natureza tem capacidade de regenerar-se naturalmente de forma mais rápida que o seu consumo. Por exemplo a energia solar, hídrica e eólica, de biomassa, oceânica e geotérmica. Já as fontes de energia não renováveis, são aquelas que sua regeneração é muito lenta, ou seja, sujeitas a serem extintas. Por exemplo, a energia nuclear e os combustíveis derivados de petróleo.

b) Conversores CC-CC

Os conversores de tensão CC-CC são utilizados quando a tensão em corrente contínua gerada está em níveis de tensão distintos do desejado para sua utilização. Os conversores CC-CC que são utilizados são conversor Buck (abaixador de tensão), ou conversor Boost (elevador de tensão), possibilitando adequar o nível de tensão ao valor de interesse.

c) Armazenadores de energia

Os dispositivos de armazenamento disponíveis são baterias, super capacitores, sistemas de volantes *flywheel*, os quais são utilizados para armazenar energia durante o período de tempo de baixa demanda ou, por exemplo, para armazenar a energia gerada por um painel fotovoltaico o qual necessita de radiação solar o que não ocorre à noite. Para que a vida útil dos sistemas de armazenamento seja prolongada, são utilizados reguladores de carga, que são conectados em paralelo ou em série.

Os reguladores conectados em paralelo são constituídos por transistores que dissipam a potência gerada em excesso, quando a tensão nos polos da bateria atingir um determinado valor. Os reguladores conectados em série, desconectam os painéis das baterias quando a tensão atinge um determinado valor pré-fixado. O interruptor utilizado pode ser um dispositivo eletromecânico (relê) ou estático (transistores, tiristores).

d) Cargas

As cargas são os dispositivos que consomem energia elétrica. Uma microrrede de baixa tensão pode ser utilizada para alimentar cargas que requerem uma fonte de energia com alta disponibilidade (SALOMONSSON; SODER; SANNINO, 2009).

Salomonsson, Soder e Sannino (2009) apud IEEE(1995), apresentam exemplos dessas cargas que são sistemas de iluminação, sistemas de comunicação, sistemas de controle, sistemas de segurança e equipamentos para aquecimento, ventilação e ar condicionado. Muitas dessas cargas podem ser alimentadas em CC sem qualquer modificação, especialmente cargas eletrônicas como computadores e aparelhos de iluminação (SALOMONSSON; SANNINO, 2007).

e) Condutores, conexões e suportes

Os condutores, conexões e suportes são os meios de transmissão da energia. A utilização de fios impróprios causa prejuízos devido às maiores perdas, tornando a energia gerada mais cara. Os suportes e fixações devem ser escolhidos e instalados de forma a garantir um longo período de vida útil (tipicamente 20 anos) sob exposição a diversas condições climáticas. Estes componentes do sistema não representam aumento significativo nos custos da instalação como um todo. Portanto, economizar neste quesito não representará elevados ganhos financeiros, além de expor o sistema às falhas ou até danificar-se.

As discussões sobre a geração de energia em corrente contínua têm aumentado nos últimos tempos. No Brasil o uso de corrente contínua na distribuição é abordado na Resolução Normativa N^o 493, de 5 de junho de 2012, que estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica - MIGDI ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente - SIGFI, em seu artigo 4^o e parágrafos 1^o e 2^o.

3.3 PESQUISAS EM MICRORREDES

Diante da viabilidade do uso de sistemas de distribuição em CC, pesquisas estão sendo realizadas. Mohamed e Mohammed (2011) menciona que as microrredes CC têm voltado a atenção de pesquisadores como uma solução para o problema de GDs. Pesquisas são encontradas na literatura sobre microrredes em CC, dentre elas Salomonsson, Soder e Sannino (2009),

que apresenta sistemas de proteção para uma microrrede CC de baixa tensão para diferentes tipos de falhas, quando a microrrede é ligada à rede principal (CA) através de conversores com alimentação bidirecional. Guerrero et al. (2011), apresenta um controle hierárquico para operar com microrredes no modo ilhamento e conectado a rede principal. Kwasinski e Onwuchekwa (2011) apresenta um estudo da estabilidade das microrredes CC com cargas de potências constantes. Balog e Krein (2011) apresenta uma proposta de uma microrrede CC com múltiplas barras, onde é feita a seleção da barra onde as cargas tiram energia do barramento que possuir a maior tensão, no entanto a carga pode ser mudada de barra caso as condições de segurança determinem isso.

Salomonsson, Soder e Sannino (2009) apresentam uma experiência de microrredes em CC para alimentação de um Centro de dados. Kakigano, Miura e Ise (2010) apresenta um sistema de microrrede CC para um complexo residencial onde cada casa tem um sistema de cogeração (motores a gás e célula de combustível). Bosque et al. (2010) apresenta um estudo para adaptar outras fontes renováveis em uma microrrede alimentada somente com energia fotovoltaica. Anand e Fernandes (2010) compara o desempenho do sistema de CC com um sistema de corrente alternada convencional. Kwasinski e Onwuchekwa (2011) apresenta uma proposta de microrrede levando em conta a melhor arquitetura e topologia dos conversores. Yu e Wei (2011), projeta um inversor bidirecional para regular a tensão das barras CC para diferentes tipos de fontes de energia e armazenamento de energia. Radwan e Mohamed (2012), apresenta um estudo sobre a estabilização de uma microrrede em CC. Mohamed e Mohammed (2011) apresenta uma proposta de controle para o fluxo de potência.

Na literatura são encontradas as vantagens e desvantagens em torno do uso de CC. Segundo Kakigano, Miura e Ise (2010), as microrredes CC apresentam algumas vantagens que são mostradas a seguir.

1. A melhor eficiência do sistema em função da redução de perdas de conversão em cargas e fontes CC;
2. Não possui necessidade de ocorrer a sincronização da rede elétrica e a potência reativa;
3. Quando um afundamento de tensão ocorre na rede elétrica, ele não afeta a tensão do barramento CC da microrrede diretamente, devido à energia armazenada no capacitor CC e do controle de tensão do conversor AC / DC;

Kwasinski e Onwuchekwa (2011) apresentam duas vantagens das microrredes CC sobre as redes de energia convencionais CA: a eliminação das longas linhas de transmissão e distribuição, e que os sistemas de energia em CC são mais adequados para a integração de fontes e armazenamento de energias renováveis, pois a maioria deles produzem energia em CC. A

vantagem citada por Balog e Krein (2011) é que cargas eletrônicas como computadores e servidores em *data centers*, precisam de energia CC, ou mesmo cargas tradicionais de corrente alternada como motores de indução se tornam cargas CC quando conduzidos por um variador de velocidade. Diante disso, a vantagem da microrrede CC sobre a CA é que a operação dos sistemas de energia é mais simples porque o controle de frequência ou de fase é desnecessário.

Anand e Fernandes (2010) menciona que a eficiência de um sistema CC é esperada ser 10-22% mais elevada que um sistema CA.

Por outro lado, segundo Kakigano, Miura e Ise (2010) as desvantagens em microrredes CC, são:

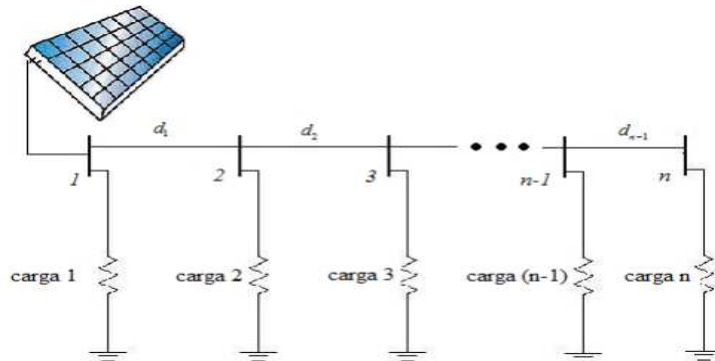
1. É necessária a construção de linhas privadas de distribuição em corrente contínua;
2. A proteção em um sistema CC é mais difícil que a de um sistema CA, pois no sistema CA existe um instante de tempo no qual a corrente é zero;
3. São necessárias cargas adaptadas ao fornecimento de energia em CC.

Balog e Krein (2011) descrevem que os problemas em microrredes CC ocorrem na estabilidade, devido à necessidade de conversão de energia através de interfaces de eletrônica de potência, a fim de alcançar diferentes níveis de tensões desejados.

Enfim, pode-se verificar o interesse com os sistemas de distribuição de CC e suas aplicações. Muitos pesquisadores estão trabalhando na solução dos problemas relacionados a esses sistemas. Problemas referentes a controle, estabilidade, confiabilidade, e outros. Neste trabalho, o foco é resolver o problema de alocação ótima de fontes de energia renováveis em sistemas autônomos, procurando viabilizar a implantação de um sistema elétrico em CC, representando de forma adequada o estado de operação para o sistema de distribuição com cargas de resistência constante.

Na Figura 20, apresenta-se um sistema simplificado ilustrando a alocação de fontes fotovoltaicas em um sistema elétrico fictício.

Figura 20 - Ilustração de alocação de fontes fotovoltaica em um sistema fictício.



Fonte: Melo, Gewehr e Paschoareli (2008).

3.4 MICRORREDES EM SISTEMAS ISOLADOS DE ENERGIA

O uso de sistemas elétricos isolados ocorre em situações específicas como levar energia às comunidades que se situam em locais distantes da rede elétrica ou de difícil acesso e não são atendidas por algum motivo, pela concessionária através da rede elétrica convencional (MARINI, 2001). No entanto, sistemas autônomos são encontrados em outras aplicações reais:

Sistemas autônomos também encontram aplicação na iluminação pública, na sinalização de estradas, na alimentação de sistemas de telecomunicações e no carregamento de veículos elétricos. Podem ser usados para fornecer eletricidade para veículos terrestres e náuticos e para um grande número de aplicações, desde pequenos aparelhos eletrônicos portáteis até sistemas aeroespaciais (VILLALVA, 2012, p. 4).

3.5 PESQUISAS EM MICRORREDES UTILIZANDO OTIMIZAÇÃO

Pesquisas em microrredes utilizando a ferramenta matemática de otimização são encontradas na literatura, e abaixo destacamos algumas delas.

- Graditi et al. (2010) apresentam um modelo matemático com função objetivo e restrições não lineares para a alocação de fontes em microrredes, considerando custo de instalação

e perdas para uma microrrede ilhada em CA na função objetivo, no entanto as restrições apresentam somente limites de potência ativa e reativa.

- Chen et al. (2011) apresentam um modelo de análise econômica e alocação ótima para o sistema de armazenamento de energia em uma microrrede em CC.
- No estudo de Liang e Gooi (2010) o objetivo foi minimizar o custo operacional de uma microrrede no modo de ilhamento e maximizar os lucros quando conectada a rede principal, através do algoritmo genético melhorado e o uso do *Simulated Annealing* para acelerar a convergência.
- Melo, Gewehr e Paschoareli (2008) apresentam a alocação de geradores em sistemas isolados de corrente contínua através do algoritmo genético, levando em conta o número de alocações no sistema.

3.6 CONCLUSÕES

Neste capítulo são mostradas as características físicas de uma microrrede, assim como sua definição. A característica principal da microrrede é o uso de fontes renováveis de energia. Trabalhos são encontrados na literatura sobre microrredes em CC, com conexão a CA, como mostrado neste capítulo. Diante disso, esse capítulo apresenta informações importantes para o foco de nosso trabalho que é o estudo de uma microrrede em CC com análise para a alocação das fontes renováveis de energia, de tal forma que minimize os investimentos de instalação e custos das perdas elétricas no funcionamento do sistema. O uso de CC torna-se atrativo, pois como visto no capítulo 2, muitas fontes renováveis de energia geram energia em CC, e se as cargas são alimentadas em CC então dispensam o uso dos inversores.

4 MODELAGEM MATEMÁTICA PARA O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO EM CORRENTE CONTÍNUA

A modelagem matemática é definida por Bassanezi (2002) da seguinte maneira.

A modelagem matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real (BASSANEZI, 2002).

Portanto, os problemas do mundo real, em especial os problemas da engenharia podem ser resolvidos através da modelagem matemática, a qual prevê etapas de criação e validação dos modelos matemáticos propostos. Neste capítulo apresenta-se o modelo matemático proposto para o problema de alocação de fontes renováveis de energia em corrente contínua, o qual é descrito como um problema quadrático inteiro misto.

4.1 PROBLEMA QUADRÁTICO INTEIRO MISTO

Um problema quadrático inteiro misto (PQIM) tem sua formulação geral dada pela Equação 2.

$$\min f(x) \text{ s.a. } x \in D = \left\{ x \in \Omega \left| \begin{array}{l} h(x) = 0, \\ g(x) \leq 0. \end{array} \right. \right\} \quad (2)$$

onde $\Omega \subset R^n$, $f: R^n \rightarrow R$, $f \in C^2$, $h: R^n \rightarrow R^l$, $g: R^n \rightarrow R^m$, n é o número de variáveis de decisão, l é o número de restrições de igualdade e m é o número de restrições de desigualdade.

Como vimos na Equação 2, os problemas quadráticos são caracterizados por possuir termos quadráticos na função objetivo, e suas restrições lineares. Diante disso, propomos nosso modelo matemático que é dado a seguir.

4.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

No modelo matemático para alocação ótima de fontes renováveis de energia em corrente contínua a função objetivo consiste em minimizar os custos operacionais do sistema elétrico

em corrente contínua (perdas elétricas) e o investimento dos elementos físicos que compõem o sistema, e as restrições atendem as questões técnicas e físicas do problema real. As perdas são minimizadas, a fim de que o sistema opere em perdas mínimas, garantindo uma autonomia mais eficiente, pois permite a alocação com melhor aproveitamento da energia a ser gerada. O modelo matemático para a alocação de fontes renováveis de energia foi formulado como um problema de Programação Quadrático Inteiro Misto (PQIM), onde genericamente é escrito da seguinte forma:

$$\text{Minimizar} \begin{cases} \text{Investimentos (compra e instalação das fontes renováveis de energia)} \\ + \\ \text{Custos Operacionais (perdas elétricas).} \end{cases}$$

Sujeito às restrições:

- Leis de Kirchhoff
- Limite de queda de tensão máxima
- Limite de corrente dos condutores
- Limite da máxima geração das fontes de energia

Para o modelo matemático as resistências das cargas, e a potência das cargas são consideradas constantes. A seguir apresenta-se o modelo matemático proposto para o problema de alocação de fontes renováveis de energia em um sistema autônomo em corrente contínua, em seu formato padrão.

4.3 MODELO MATEMÁTICO QUADRÁTICO APLICADO À ALOCAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Matematicamente, o Problema Quadrático Inteiro Misto (PQIM) para alocação de fontes renováveis de energia em corrente contínua, pode ser escrito como:

$$\min Cg \cdot P_{max} \sum_{i \in \Omega_b} n_i + Cp \sum_{ij \in \Omega_l} \frac{(V_i - V_j)^2}{R_{ij}} \quad (3)$$

s.a.

$$I g_i - \sum_{i \in \Omega_b, ij \in \Omega_l} G_{ij} \cdot V_i = 0 \quad \forall i \in \Omega_b \quad (4)$$

$$\frac{|V_i - V_j|}{R_{ij}} \leq I_{max} \quad \forall ij \in \Omega_l \quad (5)$$

$$V_{min} (1 - n_i) + VN \cdot n_i \leq V_i \quad \forall i \in \Omega_b \quad (6)$$

$$V_i \leq VN \quad \forall i \in \Omega_b \quad (7)$$

$$I_{g_i} \leq n_i \cdot IFR \quad \forall i \in \Omega_b \quad (8)$$

$$n_i \leq n_{min} \quad \forall i \in \Omega_b \quad (9)$$

$$n \in \{0, 1\}$$

onde

Cg (US\$/W_p) - Custo de geração;

$P_{max}(W)$ - Potência máxima fornecida pela fonte renovável de energia;

n_i - Variável binária de alocação na barra i ;

Cp (US\$/W_p) - Custo das perdas elétricas do sistema;

V_i - Tensão na barra i ;

V_j - Tensão na barra j ;

$I_{g_i}(A)$ - Corrente gerada pela fonte renovável de energia na barra i ;

G_{ij} - condutâncias entre as barras i ;

R_{ij} - Resistências entre as barras ij ;

$I_{max}(A)$ - Corrente máxima permitida pelos condutores;

VN - Tensão nominal do sistema;

IFR - Corrente máxima gerada pela fonte renovável de energia;

n_{min} - Número permitido de alocações na barra i ;

Ω_b - Conjunto de barras do sistema;

Ω_l - Conjunto de linhas do sistema.

Neste modelo matemático tem-se:

Função Objetivo na Equação 3 - As duas parcelas da função objetivo, envolvem as questões de investimentos fixos e custos variáveis do sistema de distribuição de energia, respectivamente. Os investimentos fixos representam a compra e instalação das fontes renováveis de energia (Por exemplo: Sistemas fotovoltaicos, células combustíveis, e outros); os custos variáveis representam as perdas de potência no sistema elétrico.

Restrição das duas Leis de Kirchhoff na Equação 4 - Esse conjunto de restrições representa as restrições físicas naturais do problema, as quais garantem o balanço entre geração, cargas e perdas do sistema.

Restrições de limite de corrente na Equação 5 - Essas restrições limitam o valor da corrente do sistema, respeitando os limites dos condutores.

Restrições de queda de tensão nas Equações 6 e 7 - Essas restrições definem o perfil de tensão para cada nó do sistema, ou seja, a tensão é mantida dentro dos limites toleráveis,

obedecendo as normas de regulação. Adicionalmente, se na barra i for alocada uma fonte de tensão, então a tensão nessa barra deve ser $V_i = VN$.

Restrições da corrente máxima gerada pela fonte renovável de energia na Equação 8

- Essa restrição garante que a corrente gerada seja menor ou igual a corrente máxima que pode ser gerada pela fonte renovável de energia.

Restrições do número de fontes renováveis de energia a serem instalados na Equação 9

- Essa restrição permite limitar o número de fontes renováveis a serem instaladas por barra i do sistema.

4.4 MODELO MATEMÁTICO QUADRÁTICO APLICADO À ALOCAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA CONSIDERANDO DIFERENTES TIPOS DE GERADORES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Matematicamente, o Problema Quadrático Inteiro Misto (PQIM) para alocação de fontes renováveis de energia em corrente contínua considerando diferentes tipos de geradores renováveis de energia, pode ser escrito como:

$$\min Cg_k \cdot P_{max,k} \sum_{i \in \Omega_b, k \in \Omega_t} n_{i,k} + Cp \sum_{ij \in \Omega_l} \frac{(V_i - V_j)^2}{R_{ij}} \quad (10)$$

s.a.

$$I g_i - \sum_{i \in \Omega_b, ij \in \Omega_l} G_{ij} \cdot V_i = 0 \quad \forall i \in \Omega_b \quad (11)$$

$$\frac{|V_i - V_j|}{R_{ij}} \leq I_{max} \quad \forall ij \in \Omega_l \quad (12)$$

$$V_{min} (1 - n_{i,k}) + VN \cdot n_{i,k} \leq V_i \quad \forall i \in \Omega_b \forall k \in \Omega_t \quad (13)$$

$$V_i \leq VN \quad \forall i \in \Omega_b \quad (14)$$

$$I g_i \leq n_{i,k} \cdot IFR_k \quad \forall i \in \Omega_b \forall k \in \Omega_t \quad (15)$$

$$\sum_{k \in \Omega_t} n_{i,k} \leq n_{min} \quad \forall i \in \Omega_b \forall k \in \Omega_t \quad (16)$$

$$n \in \{0, 1\}$$

onde

Cg_k ($US\$/W_p$) - Custo de geração da fonte renovável do tipo k ;

$P_{max,k}$ (W) - Potência máxima fornecida pela fonte renovável de energia do tipo k ;

$n_{i,k}$ - Variável binária de alocação de fonte renovável de energia do tipo k , na barra i ;

Cp ($US\$/W_p$) - Custo das perdas elétricas do sistema;

V_i - Tensão na barra i ;
 V_j - Tensão na barra j ;
 $Ig_i(A)$ - Corrente gerada pela fonte renovável de energia na barra i ;
 G_{ij} - condutâncias entre as barras i ;
 R_{ij} - Resistências entre as barras ij ;
 $I_{max}(A)$ - Corrente máxima permitida pelos condutores;
 VN - Tensão nominal do sistema;
 IFR_k - Corrente máxima gerada pela fonte renovável de energia;
 n_{min} - Número permitido de alocações na barra i ;
 Ω_b - Conjunto de barras do sistema;
 Ω_l - Conjunto de linhas do sistema;
 Ω_t - Conjunto de tipos de fontes renováveis.

Neste modelo matemático tem-se:

Função Objetivo na Equação 10 - As duas parcelas da função objetivo, envolvem as questões de investimentos fixos e custos variáveis do sistema de distribuição de energia, respectivamente. Os investimentos fixos representam a compra e instalação das fontes renováveis de energia (Por exemplo: Sistemas fotovoltaicos, células combustíveis, e outros); os custos variáveis representam as perdas de potência no sistema elétrico.

Restrição das duas Leis de Kirchhoff na Equação 11 - Esse conjunto de restrições representa as restrições físicas naturais do problema, as quais garantem o balanço entre geração, cargas e perdas do sistema.

Restrições de limite de corrente na Equação 12 - Essas restrições limitam o valor da corrente do sistema, respeitando os limites dos condutores.

Restrições de queda de tensão nas Equações 13 e 14 - Essas restrições definem o perfil de tensão para cada nó do sistema, ou seja, a tensão é mantida dentro dos limites toleráveis, obedecendo as normas de regulação. Adicionalmente, se na barra i for alocada uma fonte de tensão, então a tensão nessa barra deve ser $V_i = VN$.

Restrições da corrente máxima gerada pela fonte renovável de energia na Equação 15 - Essa restrição garante que a corrente gerada seja menor ou igual a corrente máxima que pode ser gerada pela fonte renovável de energia do tipo t .

Restrições do número de fonte renovável de energia a serem instalados na Equação 16 - Essa restrição permite limitar o número de fontes renováveis do tipo t a serem instaladas por barra i do sistema.

Na seção 4.5, apresenta-se o equacionamento que permite determinar o valor do *IFR*, que é o parâmetro do modelo matemático que limita a corrente máxima que pode ser gerada pela fonte de energia renovável.

4.5 AUTONOMIA DO SISTEMA

O sistemas testes que serão utilizados para validação do modelo matemático proposto, serão na forma de microrredes em corrente contínua autônomos. Em nossas simulações, serão utilizadas como fontes renováveis sistemas fotovoltaicos, os quais dependem da radiação solar para gerar energia, portanto, para garantir a autonomia do sistema, é necessário o uso de equipamentos de armazenamento de energia. Nesse trabalho, são consideradas as baterias, as quais precisam ser recarregadas, após sua descarga, para garantir tal autonomia. Diante disso, apresenta-se o equacionamento utilizado para garantir a geração de energia necessária dentro dos limites de tempo que são predefinidos.

O cálculo da energia a ser gerada pelos painéis fotovoltaicos, é dada pela equação 17.

$$E_{pf} = n_{pf} \cdot P_{max} \cdot t_{rad} \quad (17)$$

onde

$E_{pf}(Wh)$ é a energia máxima diária gerada pelos painéis fotovoltaicos;

P_{max} é a máxima potência fornecida pelo painel fotovoltaico;

n_{pf} é o número de painéis fotovoltaicos;

t_{rad} (horas) é o tempo de radiação solar diária que atinge $1000W/m^2$.

O cálculo para a estimativa da energia diária consumida em *Wh*, em cada ponto de alocação de SF, é baseado na corrente máxima permitida a ser instalada, e é dada pela equação 18.

$$E_{diaria} = i_{fornecida} \cdot VN \cdot t_d \quad (18)$$

onde

$E_{diaria}(Wh)$ é a estimativa da energia consumida diária;

$i_{fornecida}(Ah)$ é a máxima corrente fornecida pelo sistema;

$VN(V)$ é a tensão nominal do sistema;

$t_d(h)$ é o tempo de uso diário de energia pelo sistema.

O cálculo da energia necessária em Wh para uma autonomia de t dias é dada pela equação 19.

$$E_{aut} = i_{fornecida} \cdot VN \cdot t_{aut} \quad (19)$$

onde

$E_{aut}(Wh)$ é a energia necessária para autonomia de t dias;

$i_{fornecida}(Ah)$ é a máxima corrente fornecida pelo sistema;

$VN(V)$ é a tensão nominal do sistema;

$t_{aut}(horas)$ é o tempo de autonomia para o sistema.

O cálculo do tempo necessário para recarregar as baterias, após o descarregamento da mesma é dada pela equação 20.

$$t_{rb} = \frac{E_{aut}}{E_{pf} - E_{diaria}} \quad (20)$$

onde

$t_{rb}(h)$ é o tempo necessário para recarregar as baterias e garantir a autonomia do sistema novamente.

4.6 CONCLUSÕES

Neste capítulo, apresenta-se os modelos matemáticos propostos para o problema de alocação de fontes renováveis em corrente contínua em seu formato padrão. Esse modelo matemático, será solucionado através de técnicas de otimização clássica de *Branch and Bound* e o Algoritmo Genético Chu-Beasley, as quais são apresentadas no capítulo 5. O modelo matemático será validado com uma aplicação em um sistema real, cujos resultados apresentam-se no capítulo 6.

5 ALGORITMOS PROPOSTOS PARA ALOCAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

Neste capítulo, será abordado o uso da otimização clássica através do algoritmo de *Branch and Bound* e da metaheurística através do algoritmo génético modificado *Chu-Beasley*, para a solução do problema de alocação de fontes renováveis de energia em corrente contínua, o qual é formulado através dos modelos matemáticos dados pelas equações 3 a 9 e 10 a 16 .

5.1 ALGORITMO DE *BRANCH AND BOUND*(B&B)

5.1.1 *Branch and Bound* (B&B)

A técnica de solução chamada *Branch and Bound* (B&B) é utilizada para resolver problemas de Programação Linear Inteira Mista (PLIM), que são representados de acordo com as Equações 21 a 24.

$$\min f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (21)$$

s.a.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (22)$$

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (23)$$

$$x_j \text{ inteiro para } j = 1, 2, \dots, I (I \leq n) \quad (24)$$

Segundo Oliveira (2010) apud (TAHA, 1975), de uma forma geral, o algoritmo B&B resolve um problema de PLIM utilizando um conjunto de subproblemas de Programação Linear (PL), que nada mais são que as versões relaxadas do problema de PLIM. Para encontrar a solução de um PLIM, o primeiro passo é relaxar a integralidade das variáveis inteiras, e resolver o Problema Linear (PL) correspondente (problema original), caso a solução encontrada seja inteira, para as variáveis consideradas na equação , o ótimo global foi encontrado, caso contrário, a estrutura geral do algoritmo B&B apresenta três elementos fundamentais: dividir, limitar e sondar (RENDON; ZULUAGA; ROMERO, 2007).

1. Dividir (*Branching*): Nesse momento é iniciada a árvore enumerativa de B&B, onde o problema P_0 é dividido em dois subproblemas lineares P_1 e P_2 , para isso é escolhida uma

variável do problema P_0 , por exemplo x_j , então determinamos x_j^* sendo o maior inteiro menor ou igual a x_j , e assim é adicionada ao subproblema P_1 a restrição $x_j \leq \lfloor x_j^* \rfloor$ e ao subproblema P_2 é adicionada a restrição $x_j \leq \lfloor x_j^* \rfloor + 1$. Esse processo de divisão deve continuar até que todos os nós da árvore de B&B sejam sondados (os critérios de sondagem serão explicadas a seguir).

2. Limitar (*Bounding*): Seja o problema original do tipo minimização, o valor ótimo da função objetivo para cada subproblema criado pelo “*branching*”, representa um limite inferior para a função objetivo dada por δ , e podemos afirmar que a melhor solução inteira $f(x)$ para os subproblemas deve satisfazer a Equação 25.

$$f(x) \geq \delta \tag{25}$$

3. Sondar: Quando um subproblema é sondado, o nó correspondente a esse subproblema é eliminado para outras iterações, a sondagem ocorre por três motivos: no caso da solução do PL relaxado ser inteira, ou que a limitante do subproblema seja maior que a incumbente, ou no caso do PL ser infactível.

Em Rendon, Zuluaga e Romero (2007), são apresentados os critérios de sondagem para o algoritmo de B&B.

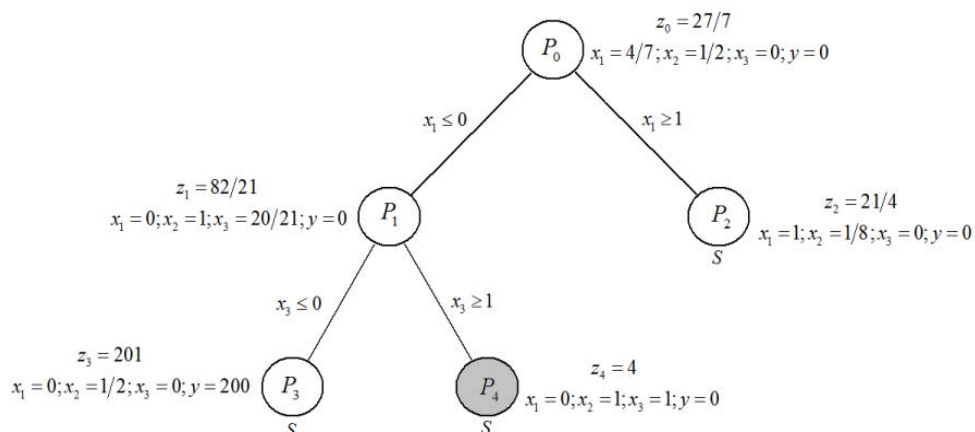
- Critério 1: Se a limitante satisfaz onde é a incumbente, ou seja, a melhor solução inteira já encontrada (problema de minimização).
- Critério 2: Se o PL correspondente é infactível.
- Critério 3: Se a solução do PL correspondente é inteira. No caso da solução inteira ser menor que a solução incumbente, então deve-se atualizar a incumbente e aplicar novamente o critério 1.

O algoritmo B&B baseia-se na construção de uma árvore enumerativa, no problema 26 tem-se um exemplo de um problema simples para aplicação do algoritmo de B&B, em um PLIM.

$$(PLIM) \Rightarrow \begin{cases} \min z = 5x_1 + 2x_2 + 2x_3 + y \\ \text{s.a.} \\ 350x_1 + 400x_2 + y \geq 400 \\ 350x_1 + 210x_3 + y \geq 200 \\ y \geq 1 \\ x_j \geq 0 \quad \forall j \\ x_1, x_2 \text{ e } x_3 \text{ inteiros} \end{cases} \quad (26)$$

Na Figura 21, ilustra-se a árvore de B&B para a encontrar a solução do exemplo 26.

Figura 21 - Árvore de B&B para o exemplo dado pelo problema 26.



Fonte: Adaptado de Rendon, Zuluaga e Romero (2007).

Conforme a Figura 21, a resolução ocorre a partir do problema P_0 , onde se resolve um problema de PL em cada iteração com a integralidade das variáveis relaxada, onde o espaço de busca do problema inteiro é somente um subconjunto do espaço contínuo. Para cada iteração são feitos testes de sondagem para verificar se a solução foi encontrada, após todos os nós da árvore serem sondados, temos a solução ótima para o problema dada pelo P_4 . Os problemas P_2 e P_3 foram sondados pelo critério 1. O algoritmo B&B, embora seja conceitualmente simples, apresenta complexidade na implementação computacional. Este algoritmo apresenta excelente desempenho para sistema pequenos, em sistemas reais apresenta várias limitações relacionadas com o esforço computacional (TAGLIALENHA, 2008).

5.1.2 Implementação do *Branch and Bound* (B&B)

A implementação do algoritmo é feita através da linguagem de modelagem algébrica AMPL (*A Modeling Language for Mathematical Programming*) e resolvido usando o solver CPLEX.

O software de otimização CPLEX usa a ferramenta de otimização clássica B&B, a qual originalmente foi formulada para PLIMs. No entanto, segundo Ilog (2008), o software comercial, tem condições de reconhecer problemas de ordem quadrática, seja na forma contínua PQ, ou PQIM, e pode ser utilizado em problemas de programação quadrática, desde que sejam atendidas as seguintes condições:

1. Todas as restrições devem ser lineares.
2. A função objetivo deve ser uma soma de termos, onde os termos são lineares e quadráticos.
3. Para todos os valores das variáveis (que satisfaçam ou não as restrições), a parte quadrática da função objetivo deve ter um valor positivo se o problema é de minimização ou um valor negativo caso o problema seja de maximização.

Portanto, nosso modelo matemático atende a essas especificações, podendo ser resolvido através dessa ferramenta computacional. O solver CPLEX, possui um conjunto de diretivas que auxiliam na convergência do modelo matemático proposto, onde para o modelo proposto as seguintes diretivas foram usadas:

mipgap - essa diretiva é usada para garantir uma solução de boa qualidade. Os programas inteiros possuem, à medida que o número de variáveis e restrições aumentam, problemas de convergência, sendo assim a diretiva *mipgap* permite relaxar o critério de otimalidade para o algoritmo B&B do CPLEX, onde podemos definir que a solução ótima deve estar dentro de um “gap” $\alpha\%$ pré definido pela diretiva $mipgap = \alpha$, ou seja, se $custo_i$ é o valor para a função objetivo da solução i e $custo$ é o valor para a melhor solução ótima inteira, o CPLEX converge quando, atender a Equação 27.

$$\frac{(custo - custo_i)}{(1 + custo)} < \frac{\alpha}{100} custo \quad (27)$$

nodefile - essa diretiva auxilia o CPLEX na capacidade de armazenar todos os dados dos nós da árvore de B&B, que dependendo da dimensão do problema inteiro, a árvore toma proporções fora do limite de memória necessária.

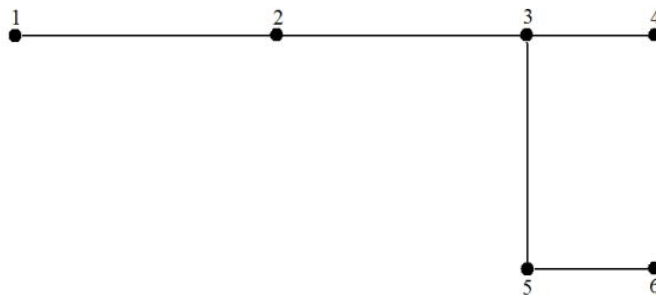
mipdisplay - essa diretiva permite a impressão de resultados desejados ao longo da execução do algoritmo.

A seguir, apresenta-se um exemplo numérico para ilustrar o processo de solução do algoritmo de B&B.

5.1.3 Exemplo numérico para o algoritmo B&B

O objetivo do exemplo, é mostrar passo a passo o algoritmo de B&B proposto, para o modelo matemático dado pelas equações 3 a 9. Para o exemplo, vamos considerar a alocação de sistemas fotovoltaicos, como sendo a fonte renovável de energia a ser alocada. Na Figura 22 temos a ilustração do sistema fictício de 6 nós para o exemplo proposto.

Figura 22 - Sistema de 6 nós para o exemplo numérico.



Fonte: Da própria autora

Os dados referentes às linhas e demandas do nós, utilizados para encontrar a solução do exemplo numérico são dados pelas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Dados das linhas para o exemplo numérico.

Linha	De	Para	Comprimento (m)	Resistências das linhas (Ω)
1	1	2	36	0,0619
2	2	3	35	0,0602
3	3	4	26	0,0447
4	3	5	36	0,619
5	5	6	26	0,0447

Fonte: Da própria autora

Tabela 2 - Dados das demandas (P_d) dos nós e resistências das demandas para o exemplo numérico.

Nó	$P_d (W)$	Resistências das cargas (Ω)
1	50	2,88
2	30	4,8
3	50	2,88
4	30	4,8
5	30	4,8
6	50	2,88

Fonte: Da própria autora

Nas equações 28 a 63, tem-se o PQIM escrito na sua forma geral para o exemplo numérico.

$$\min f = C_g \cdot P_{PF} [n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6] + C_p \left[\frac{(V_1 - V_2)^2}{R_{12}} + \frac{(V_2 - V_3)^2}{R_{23}} + \frac{(V_3 - V_4)^2}{R_{34}} + \frac{(V_3 - V_5)^2}{R_{35}} + \frac{(V_5 - V_6)^2}{R_{56}} \right] \quad (28)$$

s.a.

$$I g_1 - [G_{11}V_1 + G_{12}V_2 + G_{13}V_3 + G_{14}V_4 + G_{15}V_5 + G_{16}V_6] = 0 \quad (29)$$

$$I g_2 - [G_{21}V_1 + G_{22}V_2 + G_{23}V_3 + G_{24}V_4 + G_{25}V_5 + G_{26}V_6] = 0 \quad (30)$$

$$I g_3 - [G_{31}V_1 + G_{32}V_2 + G_{33}V_3 + G_{34}V_4 + G_{35}V_5 + G_{36}V_6] = 0 \quad (31)$$

$$I g_4 - [G_{41}V_1 + G_{42}V_2 + G_{43}V_3 + G_{44}V_4 + G_{45}V_5 + G_{46}V_6] = 0 \quad (32)$$

$$I g_5 - [G_{51}V_1 + G_{52}V_2 + G_{53}V_3 + G_{54}V_4 + G_{55}V_5 + G_{56}V_6] = 0 \quad (33)$$

$$I g_6 - [G_{61}V_1 + G_{62}V_2 + G_{63}V_3 + G_{64}V_4 + G_{65}V_5 + G_{66}V_6] = 0 \quad (34)$$

$$(V_1 - V_2) \leq I_{max} \cdot R_{12} \quad (35)$$

$$(V_2 - V_3) \leq I_{max} \cdot R_{23} \quad (36)$$

$$(V_3 - V_4) \leq I_{max} \cdot R_{34} \quad (37)$$

$$(V_3 - V_5) \leq I_{max} \cdot R_{35} \quad (38)$$

$$(V_5 - V_6) \leq I_{max} \cdot R_{56} \quad (39)$$

$$V_{min} (1 - n_1) + VN \cdot n_1 \leq V_1 \quad (40)$$

$$V_{min} (1 - n_2) + VN \cdot n_2 \leq V_2 \quad (41)$$

$$V_{min} (1 - n_3) + VN \cdot n_3 \leq V_3 \quad (42)$$

$$V_{min} (1 - n_4) + VN \cdot n_4 \leq V_4 \quad (43)$$

$$V_{min} (1 - n_5) + VN \cdot n_5 \leq V_5 \quad (44)$$

$$V_{min}(1 - n_6) + VN \cdot n_6 \leq V_6 \quad (45)$$

$$V_1 \leq VN \quad (46)$$

$$V_2 \leq VN \quad (47)$$

$$V_3 \leq VN \quad (48)$$

$$V_4 \leq VN \quad (49)$$

$$V_5 \leq VN \quad (50)$$

$$V_6 \leq VN \quad (51)$$

$$Ig_1 \leq n_1 \cdot ITP \quad (52)$$

$$Ig_2 \leq n_2 \cdot ITP \quad (53)$$

$$Ig_3 \leq n_3 \cdot ITP \quad (54)$$

$$Ig_4 \leq n_4 \cdot ITP \quad (55)$$

$$Ig_5 \leq n_5 \cdot ITP \quad (56)$$

$$Ig_6 \leq n_6 \cdot ITP \quad (57)$$

$$n_1 \leq n_{min} \quad (58)$$

$$n_2 \leq n_{min} \quad (59)$$

$$n_3 \leq n_{min} \quad (60)$$

$$n_4 \leq n_{min} \quad (61)$$

$$n_5 \leq n_{min} \quad (62)$$

$$n_6 \leq n_{min} \quad (63)$$

$$n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6 \in \{0, 1\}$$

Nas equações 64 a 99, tem-se o PQIM escrito com os dados utilizados para exemplo numérico.

$$\min f = 9,2598 \cdot 135 [n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6] + 9,2598 \cdot 12 \left[\frac{(V_1 - V_2)^2}{0,0619} + \frac{(V_2 - V_3)^2}{0,0602} + \frac{(V_3 - V_4)^2}{0,0447} + \frac{(V_3 - V_5)^2}{0,0619} + \frac{(V_5 - V_6)^2}{0,447} \right] \quad (64)$$

s.a.

$$Ig_1 - [16,4971V_1 - 16,1499V_2] = 0 \quad (65)$$

$$Ig_2 - [-16,1499V_1 + 32,9695V_2 - 16,6113V_3] = 0 \quad (66)$$

$$Ig_3 - [-16,6113V_2 + 55,4697V_3 - 22,3614V_4 - 16,1499V_5] = 0 \quad (67)$$

$$Ig_4 - [-22,3614V_3 + 22,5697V_4] = 0 \quad (68)$$

$$Ig_5 - [-16,1499V_3 + 38,7196V_5 - 22,3614V_6] = 0 \quad (69)$$

$$Ig_6 - [-22,3614V_5 + 22,7086V_6] = 0 \quad (70)$$

$$(V_1 - V_2) \leq 3,096 \quad (71)$$

$$(V_2 - V_3) \leq 3,010 \quad (72)$$

$$(V_3 - V_4) \leq 2,236 \quad (73)$$

$$(V_3 - V_5) \leq 3,096 \quad (74)$$

$$(V_5 - V_6) \leq 2,236 \quad (75)$$

$$11,4(1 - n_1) + 12 \cdot n_1 \leq V_1 \quad (76)$$

$$11,4(1 - n_2) + 12 \cdot n_2 \leq V_2 \quad (77)$$

$$11,4(1 - n_3) + 12 \cdot n_3 \leq V_3 \quad (78)$$

$$11,4(1 - n_4) + 12 \cdot n_4 \leq V_4 \quad (79)$$

$$11,4(1 - n_5) + 12 \cdot n_5 \leq V_5 \quad (80)$$

$$11,4(1 - n_6) + 12 \cdot n_6 \leq V_6 \quad (81)$$

$$V_1 \leq 12 \quad (82)$$

$$V_2 \leq 12 \quad (83)$$

$$V_3 \leq 12 \quad (84)$$

$$V_4 \leq 12 \quad (85)$$

$$V_5 \leq 12 \quad (86)$$

$$V_6 \leq 12 \quad (87)$$

$$Ig_1 \leq n_1 \cdot 7,63 \quad (88)$$

$$Ig_2 \leq n_2 \cdot 7,63 \quad (89)$$

$$Ig_3 \leq n_3 \cdot 7,63 \quad (90)$$

$$Ig_4 \leq n_4 \cdot 7,63 \quad (91)$$

$$Ig_5 \leq n_5 \cdot 7,63 \quad (92)$$

$$Ig_6 \leq n_6 \cdot 7,63 \quad (93)$$

$$n_1 \leq 1 \quad (94)$$

$$n_2 \leq 1 \quad (95)$$

$$n_3 \leq 1 \quad (96)$$

$$n_4 \leq 1 \quad (97)$$

$$n_5 \leq 1 \quad (98)$$

$$n_6 \leq 1 \quad (99)$$

$$n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6 \in \{0, 1\}$$

Na Figura 23, apresenta-se a árvore construída pelo algoritmo B&B para o exemplo numérico dado pelas Equações 64 a 99. Neste exemplo alguns nós da árvore de B&B foram descartados porque o subproblema resolvido apresentava solução infactível ou foram sondados de acordo com os critérios de sondagem, encontrados em Rendon, Zuluaga e Romero (2007):

- Critério 1: Se a limitante satisfaz onde é a incumbente, ou seja, a melhor solução inteira já encontrada (problema de minimização).
- Critério 2: Se o PL correspondente é infactível.
- Critério 3: Se a solução do PL correspondente é inteira. No caso da solução inteira ser menor que a solução incumbente, então deve-se atualizar a incumbente e aplicar novamente o critério 1.

Na construção da árvore no caminho de convergência do algoritmo, para cada subproblema de PQIM o valor da função objetivo é crescente como era esperado até encontrar a solução inteira. Para encontrar a solução ótima para o exemplo numérico foram resolvidos 34 problemas de PL, onde o critério usado para relaxar os valores de n_i com $i \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, foi o maior valor de n_i encontrado pelo PL anterior.

O nó 30 apresentou a solução ótima, onde o valor da função objetivo foi de US\$3,902.38. Os resultados referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, e a potência mínima a ser gerada em cada nó encontram-se na Tabela 3, onde para atender as demandas das cargas de acordo com as restrições foi necessária a alocação de três sistemas fotovoltaicos, cujos nós são 1, 4 e 6.

Tabela 3 - Resultados do sistema referentes ao exemplo numérico.

Nó	Tensão (V)	Nós com alocação de painel	Potência Gerada (W)
1	12	1	80,3441
2	11,8434	0	0
3	11,8397	0	0
4	12	1	73,005136
5	11,8686	0	0
6	12	1	85,2630

Fonte: Da própria autora

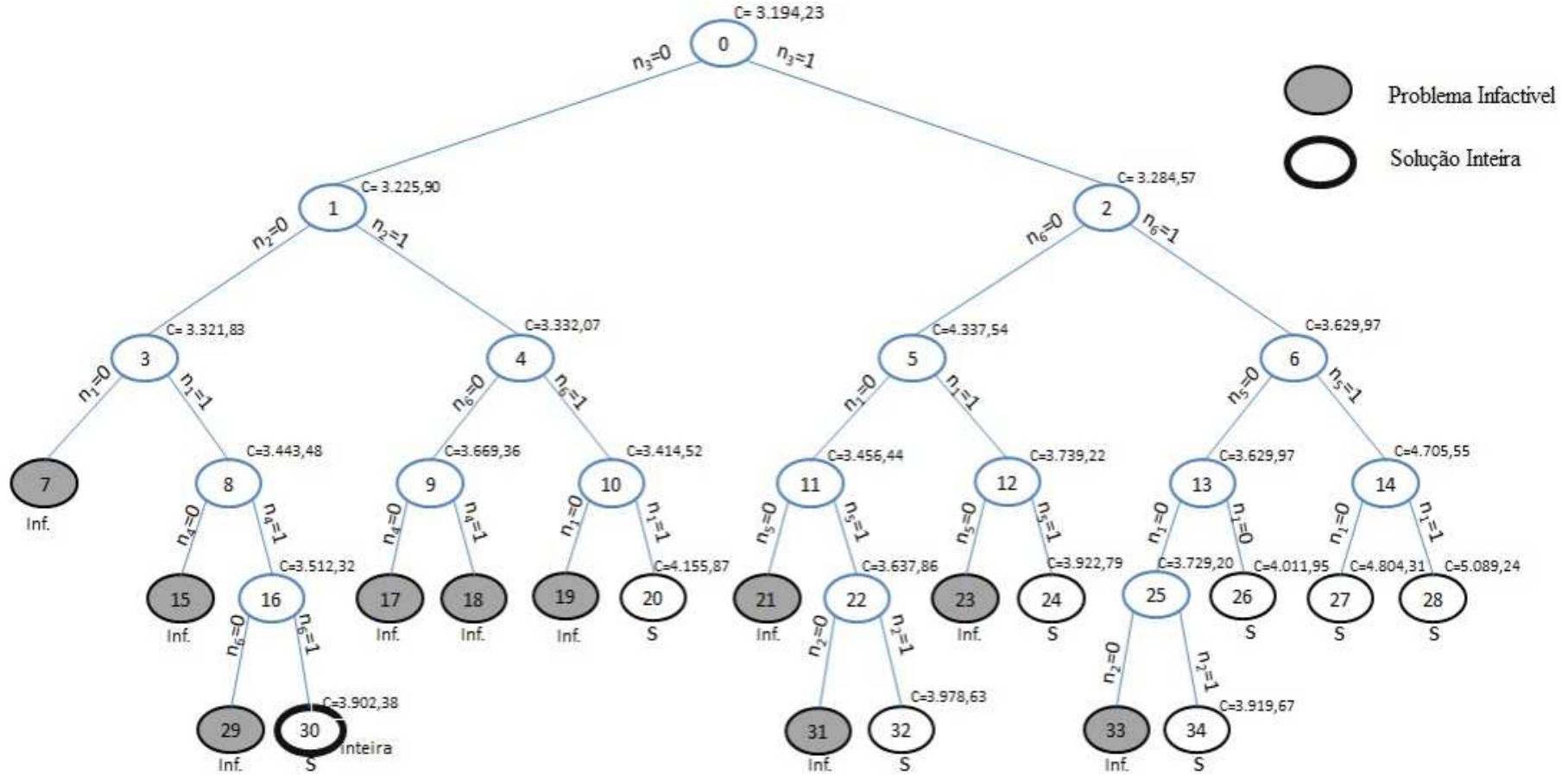
Na Tabela 4, observa-se que a corrente nas linhas atende a tipo de condutor selecionado para o sistema exemplo, ficando dentro dos padrões de limites.

Tabela 4 - Dados das correntes nas linhas referentes ao exemplo numérico.

Linha	De	Para	Corrente (A)
1	1	2	2,52868
2	2	3	0,06129
3	3	4	-3,58376
4	3	5	-0,46596
5	5	6	-2,93858

Fonte: Da própria autora

Figura 23 - Árvore do Algoritmo Branch and Bound para o exemplo numérico dado pelas equações 28 a 63.



Fonte: Da própria autora

5.2 ALGORITMO DE BRANCH AND BOUND(B&B) COM ESPAÇO DE BUSCA COMBINATÓRIO REDUZIDO (EBCR)

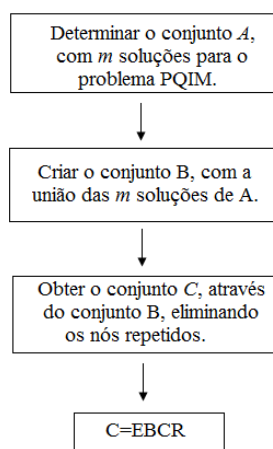
O PQIM, é um problema combinatório, portanto, à medida que aumentam as variáveis binárias ocorre maior esforço computacional, com isso a busca para amenizar esse problema surge, então para o modelo matemático descrito pelas Equações 3 a 9, é proposto um Espaço de Busca Combinatório Reduzido (EBCR) baseado na proposta de Silva (2013), visando diminuir o esforço computacional e facilitar a convergência do CPLEX. A implementação é feita no AMPL, onde a compilação ocorre em duas etapas, sendo a primeira etapa para determinar a lista de soluções e determinar o EBCR, e a segunda etapa para encontrar a solução do problema a partir do EBCR.

Para determinar o EBCR na primeira etapa, introduzimos uma rotina na implementação no AMPL, onde o software comercial CPLEX através de algumas diretivas fornece um conjunto ou “pool” de soluções para o modelo matemático dado, enquanto está compilando, sendo possível indicar em que gap essas soluções devem ser obtidas. Após obter as soluções inteiras para um gap desejado, consideremos $A = \{a | a = 1, 2, \dots, m\}$ como o conjunto dessas soluções do problema PQIM, a partir disso a estratégia para determinar o EBCR, segue os passos dados a seguir.

1. Encontrar um conjunto A com m soluções inteiras para um determinado “gap”.
2. Criar um conjunto B com a união das m soluções inteiras do conjunto A.
3. Eliminar do conjunto B todos os nós repetidos, resultando em um conjunto C que representa o EBCR.

Na Figura 24, temos o fluxograma que representa da estratégia do EBCR

Figura 24 - Esquema para encontrar o EBCR.



Fonte: Silva (2013).

Para implementar a rotina para determinar o EBCR, foram necessárias outras diretivas além das que foram descritas no item 4.3 para a primeira etapa, as quais são citadas abaixo.

- **populatelim** - diretiva usada para determinar o número das m soluções desejadas no conjunto A.
- **poolgap** - essa diretiva determina dentro de que “gap” as m soluções solicitadas pela diretiva populatelim devem estar enquadradas.
- **poolintensity** - essa diretiva é usada para diversificar a forma de como são escolhidas as m soluções do conjunto A, e varia em uma escala de 0 a 4, sendo 0 uma busca menos intensiva e 4 para uma busca mais intensa.
- **poolreplace** - essa diretiva é usada para diversificar a forma como são escolhidas as m soluções do conjunto A, e varia em uma escala de 0 a 2, sendo 0 as soluções escolhidas são as últimas encontradas, 1 as soluções são escolhidas de acordo com a função objetivo, e 2 a escolha é feita de forma aleatória.

Após a primeira etapa concluída, a segunda etapa inicia resolvendo o PQIM utilizando a lista do EBCR. Com isso podemos dizer que na Etapa 2, utilizando-se o EBCR, a solução encontrada será de boa qualidade.

5.3 ALGORITMO GENÉTICO CHU-BEASLEY

Nesta seção, é apresentado o algoritmo genético modificado Chu-Beasley para a solução do problema de alocação de fontes renováveis em sistemas de corrente contínua, o qual como já mencionado foi modelado como um problema de programação quadrático inteiro misto (PQIM). A implementação computacional dessa metaheurística é feita em MATLAB (MATrix LABoratory). Na Figura 25, temos o fluxograma do AGCB que foi implementado, a seguir a descrição de cada bloco que compõem a implementação.

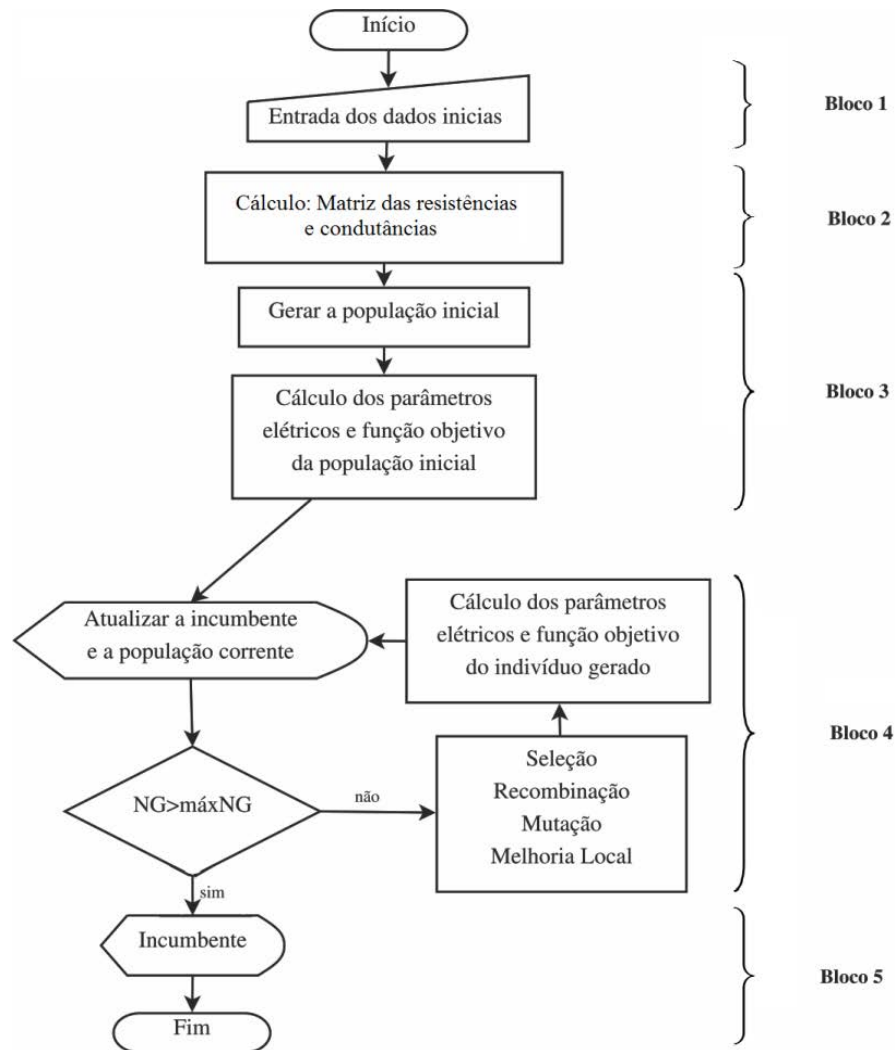
- **Bloco 1 - Entrada de dados iniciais:** Nesse bloco ocorre a entrada dos dados iniciais do sistema elétrico que são: potência das cargas CC (P_{cc}), distância entre o nó i e j : $D_{ij}(m)$, número de nós do sistema $mn \in N$, seção dos condutores $S_c(mm^2)$, número máximo de gerações NG , taxa de recombinação ρ_r , taxa de mutação ρ_m .
- **Bloco 2 - Cálculo dos vetores das resistências e matriz das condutâncias:** Nesse bloco é feito o cálculo dos vetores das resistências das cargas e das linhas e a matriz das condutâncias.

Os elementos do vetor das resistências das cargas (de resistência constante) são dados pela equação:

$$\overline{R}_c = \frac{v^2}{P_{cc}} \quad (100)$$

onde \overline{R}_c é a resistências das cargas, v é a tensão nominal do sistema e (P_{cc}) a potência das cargas em corrente contínua.

Figura 25 - Fluxograma do Chu-Beasley implementado em Matlab.



Fonte: Da própria autora

Os elementos do vetor das resistências das linhas são dados pela equação:

$$R_l = \frac{D_{ij} \cdot 0,0172}{S_c} \quad (101)$$

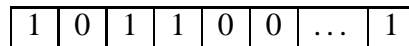
onde R_l é a resistências das linhas, D_{ij} é distância entre o nó i e j , S_c é a seção dos condutores.

Os elementos da matriz G_{bus} são dados por:

$$G_{bus} = \begin{bmatrix} \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{12}} & \frac{-1}{R_{12}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{-1}{R_{12}} & \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{23}} & \frac{-1}{R_{23}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-1}{R_{23}} & \ddots & \frac{-1}{R_{34}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \frac{1}{R_{n-2n-1}} + \frac{1}{R_{n-1}} + \frac{1}{R_{n-1n}} & \frac{-1}{R_{n-1n}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-1}{R_{n-1n}} & \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_{n-1n}} \end{bmatrix}$$

- Bloco 3 - Geração e avaliação da população inicial:** Nesse bloco é gerada a população inicial e são feitos os cálculos referentes aos parâmetros elétricos, tais como: tensão nos nós, correntes nas linhas e potências a ser gerada nos nós com alocação de fontes renováveis. A geração da população inicial é feita de forma aleatória, e a codificação dos indivíduos da população é binária, conforme Figura 26.

Figura 26 - Proposta de codificação binária.



Fonte: Da própria autora

Para determinar os parâmetros elétricos do sistema (tensões e correntes nos nós e potências das fontes), utilizou-se o método dos nós. Dado pela equação 102.

$$[I] = [G_{bus}] \cdot [V] \tag{102}$$

onde

[I] - Matriz coluna das correntes fornecidas pelas fontes;

[V] - Matriz das tensões nos nós;

[G_{bus}] - Matriz das condutâncias.

Como o valor da tensão fornecida pelas fontes é conhecido, e não as correntes, a aplicação do método não pode ser feita de maneira direta. Faz-se, então, necessário acrescentar novas equações a este sistema linear de modo a igualar o número de incógnitas ao número de equações. Para isso, para cada fonte instalada no sistema, inclui-se uma nova equação na matriz. Essa equação é obtida a partir da tensão no nó onde a fonte é alocada. Por exemplo, um sistema com dois nós, o sistema linear é escrito como:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{bus11} & G_{bus12} \\ G_{bus21} & G_{bus22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

Nesse caso, considerando que a fonte foi instalada no nó 2. Como V_2 é conhecida acrescentamos a Equação 103 à matriz.

$$V = V_2 \quad (103)$$

Logo, obtém-se a seguinte o sistema:

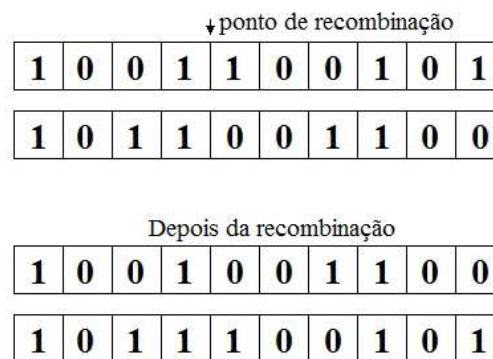
$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{bus11} & G_{bus12} & 0 \\ G_{bus21} & G_{bus22} & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

Desta forma, o sistema linear possui três equações e três incógnitas, sendo possível calcular os valores de V_1 , V_2 e I_2 .

Para a solução do sistema linear é utilizado o método direto de decomposição LU com pivoteamento parcial.

- Bloco 4 - Ciclo geracional/Melhoria local:** Nesse bloco é feita a atualização da solução incumbente e população corrente, posteriormente é verificado se o critério de parada foi satisfeito, o qual prevê um número máximo de gerações. Caso o critério de parada não seja satisfeito ocorre o ciclo geracional: a seleção, recombinação e mutação. O processo de seleção é por torneio, onde dois indivíduos são escolhidos de forma aleatória. O processo de recombinação usado é de um ponto, conforme Figura 27, posteriormente os indivíduos são avaliados, e o indivíduo com melhor função objetivo passa para a fase de mutação.

Figura 27 - Modelo de recombinação de um ponto.



Fonte: Da própria autora

A mutação ocorre com a mudança de alguns genes do indivíduo, ou seja, como a codificação é binária, caso o gene seja 1 passa a ser zero, e vice-versa. A recombinação e a mutação apresentam

taxas, ou seja, probabilidades que indicam que estes operadores genéticos possam de fato acontecer. Após o ciclo geracional, é feita uma melhoria local ao indivíduo, onde se o indivíduo gerado é infactível então, tenta-se melhorar a infactibilidade desse indivíduo, procurando alocar fontes renováveis de energia de tal forma que supra a falta de geração, nos nós que apresentam queda de tensão abaixo do limite permitido. Caso o indivíduo gerado seja factível, verifica-se a possibilidade de uma retirada ou troca de genes de alocação, mantendo a factibilidade, visando diminuir o número de alocações.

- **Bloco 5 - Incumbente:** Apresenta-se a incumbente (melhor solução encontrada) obtida, após a simulação atingir o número máximo de gerações (NG).

As metaheurísticas não garantem que uma solução ótima seja encontrada, mas são capazes de encontrar soluções de boa qualidade ou a solução ótima, com menor esforço computacional, isso é mostrado nas análises feitas para os sistemas testes simulados.

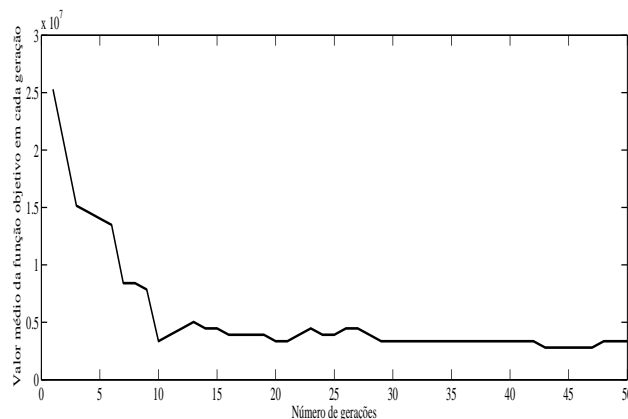
5.3.1 Exemplo numérico para o algoritmo genético Chu-Beasley (AGCB)

Para o exemplo numérico utilizando o AGBC, serão utilizados os mesmos dados do exemplo numérico apresentado na seção 5.1.3. A seguir apresenta-se os resultados da simulação para o exemplo numérico.

Os parâmetros utilizados para o AGBC são: a população de tamanho 10, taxa de recombinação 0,8, taxa de mutação 0,1 e o número máximo de gerações 50.

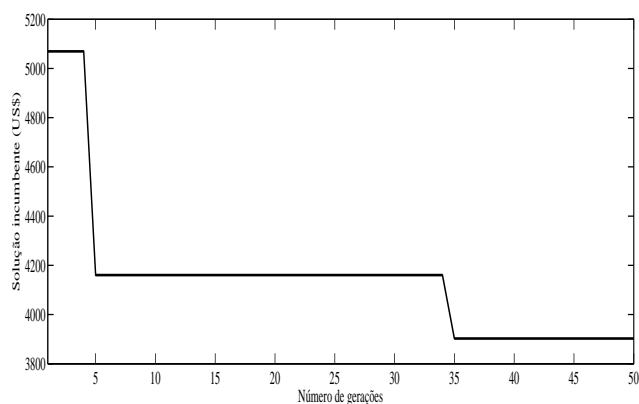
Na Figura 28 tem-se o comportamento do valor médio da função objetivo durante a execução do algoritmo para encontrar a solução ótima. Na Figura 29 apresenta-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações.

Figura 28 - Valores médios da função objetivo ao longo da simulação para o sistema exemplo.



Fonte: Da própria autora

Figura 29 - Solução incumbente durante o NG para o sistema exemplo.



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 5, apresentam-se os resultados referentes aos dados de tensão no nós, nós com alocação de fonte renovável de energia e potência mínima a ser gerada em cada nó, obtidos do exemplo simulado através do AGCB. Na Tabela e 6, tem-se os dados referentes às correntes nas linhas.

Tabela 5 - Resultados do sistema referentes ao exemplo numérico.

Nó	Tensão (V)	Nós com alocação de painel	Potência m Gerada (W)
1	12	1	80,3441
2	11,8434	0	0
3	11,8397	0	0
4	12	1	73,005136
5	11,8686	0	0
6	12	1	85,2630

Fonte: Da própria autora

Tabela 6 - Dados das correntes nas linhas referentes ao exemplo numérico.

Linha	De	Para	Corrente (A)
1	1	2	2,52868
2	2	3	0,06129
3	3	4	-3,58376
4	3	5	-0,46596
5	5	6	-2,93858

Fonte: Da própria autora

5.4 CONCLUSÕES

Neste capítulo, apresentou-se os algoritmos da otimização clássica *Branch and Bound (B&B)* e uma metaheurística com o algoritmo genético Chu-Beasley, com um exemplo numérico a fim de mostrar passo a passo, os algoritmos propostos para solucionar o PQIM. Os algoritmos para a solução do problema são descritos no capítulo 5. No capítulo 6, tem-se as simulações feitas através dos algoritmos supracitados para sistemas testes reais.

6 RESULTADOS COMPUTACIONAIS DA APLICAÇÃO DOS ALGORITMOS PROPOSTOS PARA ALOCAÇÃO

Neste capítulo, apresentam-se os resultados obtidos com as simulações feitas para os sistemas testes, utilizados para validar o PQIM proposto para a alocação de fontes renováveis de energia, o qual foi descrito no capítulo 4. O PQIM foi formulado com duas variações, dadas pelas equações 3 a 9 (que considera a alocação de apenas um tipo de fonte renovável) e 10 a 16 (que considera a alocação de mais de um tipo de fonte renovável).

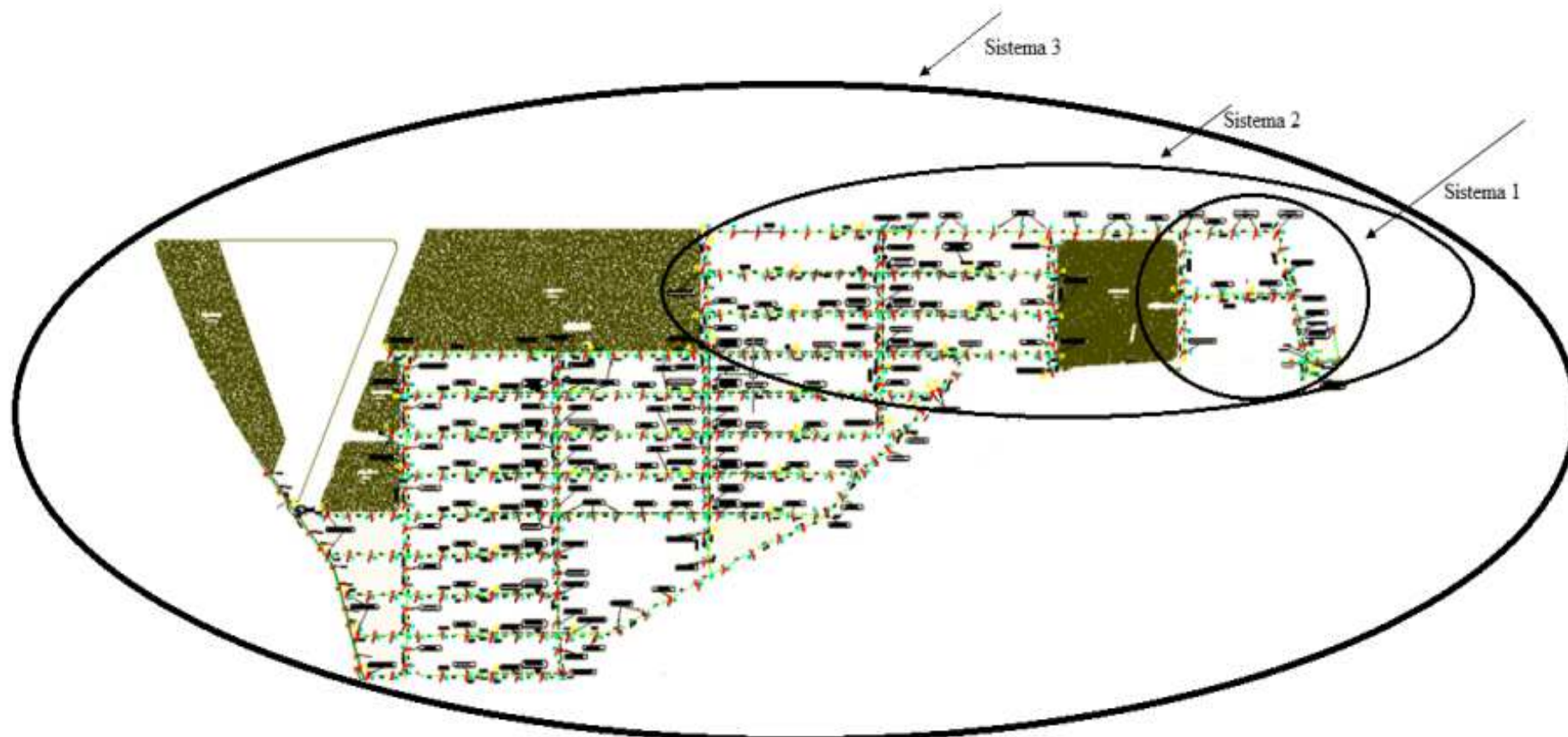
O sistema teste, é um projeto de iluminação pública de um loteamento de residências populares do município de Ilha Solteira - SP, cidade cujas coordenadas geodésicas são: 20°25'58" de Latitude sul e 51°20'33" de Longitude oeste, e 335 m de altitude.

O sistema teste, conforme já mencionado, é de iluminação pública, sendo originalmente proposto de iluminação pública convencional (corrente alternada/alimentada pela rede principal de energia), composto por 297 postes com reatores de lâmpada de vapor de sódio de 70 watts de alta pressão incorporado em poliéster, e condutores cseção transversal de 10mm^2 . A tensão nominal do sistema de iluminação pública é 220 volts, onom de a faixa de tensão varia em 5% da tensão nominal de 60 Hz, e os efeitos transitórios de nível de isolamento 7,5 kV.

6.1 SISTEMAS TESTES

Na Figura 30, tem-se o projeto do loteamento, o qual foi representado por três sistemas testes, de 20, 99 e 297 nós, devido à característica combinatória do problema. Tais sistemas foram resolvidos nessa sequência a fim de testar e validar a metodologia proposta. Por se tratar de um problema de natureza combinatória, a escolha dos sistemas ocorreu devido as características apresentadas no projeto, que possui área verde adjacente aos nós com possibilidade de alocação. A seguir, descreve-se cada um dos sistemas testes.

Figura 30 - Sistemas testes: projeto do loteamento de residências populares do município de Ilha Solteira -SP.

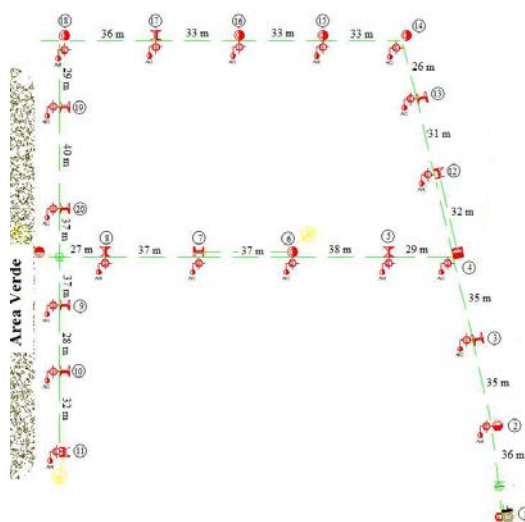


Fonte: Da própria autora

6.1.1 Sistema teste 1 - 20 nós

O sistema teste 1 é um recorte do projeto de loteamento de residências populares de Ilha Solteira - SP, conforme visto na Figura 30. Esse recorte é apresentado na Figura 31, onde pode-se ver que essa parte do loteamento possui uma área verde adjacente a alguns nós.

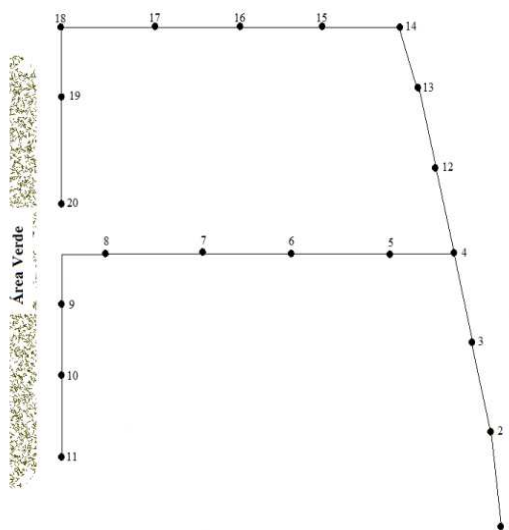
Figura 31 - Recorte do projeto de residências populares de Ilha Solteira - SP, com 20 nós.



Fonte: Da própria autora

Na Figura 32, apresentam-se o diagrama unifilar referente ao sistema teste 1 na forma radial, com 20 pontos de iluminação pública. Nos Quadros 2 e 3, apresentam-se os dados do sistema usados para realizar as simulações.

Figura 32 - Diagrama unifilar do sistema teste 1, com 20 nós radial.



Fonte: Da própria autora

Quadro 2: Dados das linhas do sistema teste 1 - 20 nós.

Linha	De	Para	Comprimento (m)	Linha	De	Para	Comprimento (m)
1	1	2	36	11	4	12	32
2	2	3	35	12	12	13	31
3	3	4	35	13	13	14	26
4	4	5	29	14	14	15	33
5	5	6	38	15	15	16	33
6	6	7	37	16	16	17	33
7	7	8	37	17	17	18	36
8	8	9	45,5	18	18	19	29
9	9	10	28	19	19	20	40
10	10	11	32				

Fonte: Da própria autora

Quadro 3: Demandas nos nós do sistema teste 1 - 20 nós.

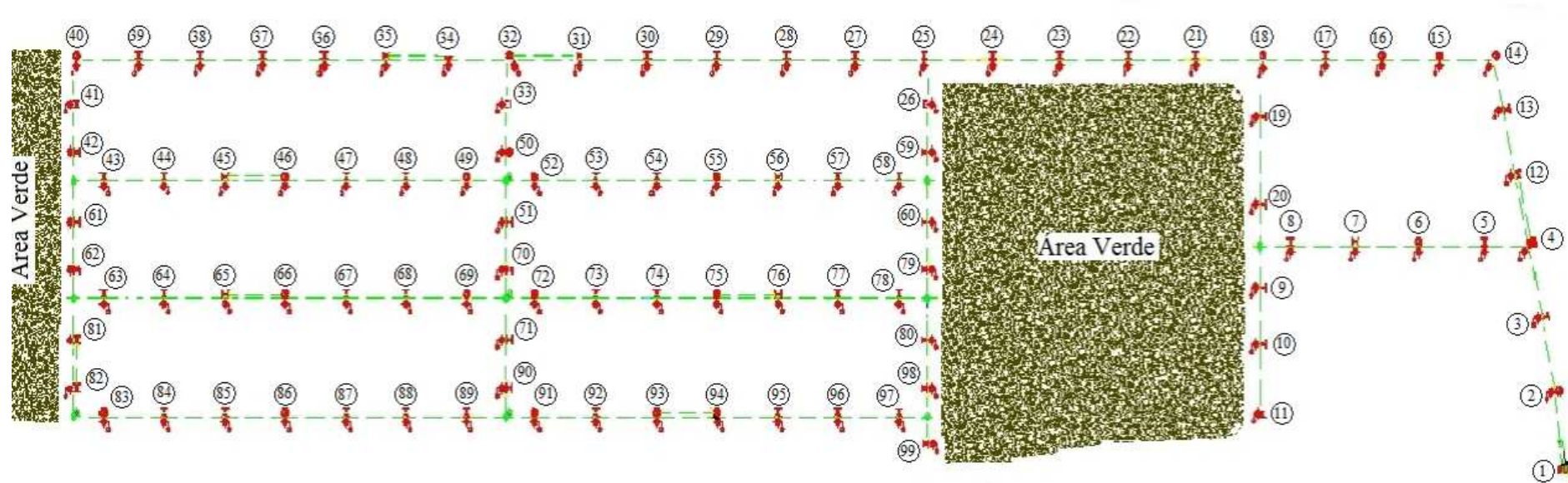
Nó	$P_d(W)$	Nó	$P_d(W)$	Nó	$P_d(W)$	Nó	$P_d(W)$
1	30	6	30	11	30	16	30
2	30	7	30	12	30	17	30
3	30	8	30	13	30	18	30
4	30	9	30	14	30	19	30
5	30	10	30	15	30	20	30

Fonte: Da própria autora

6.1.2 Sistema teste 2 - 99 nós

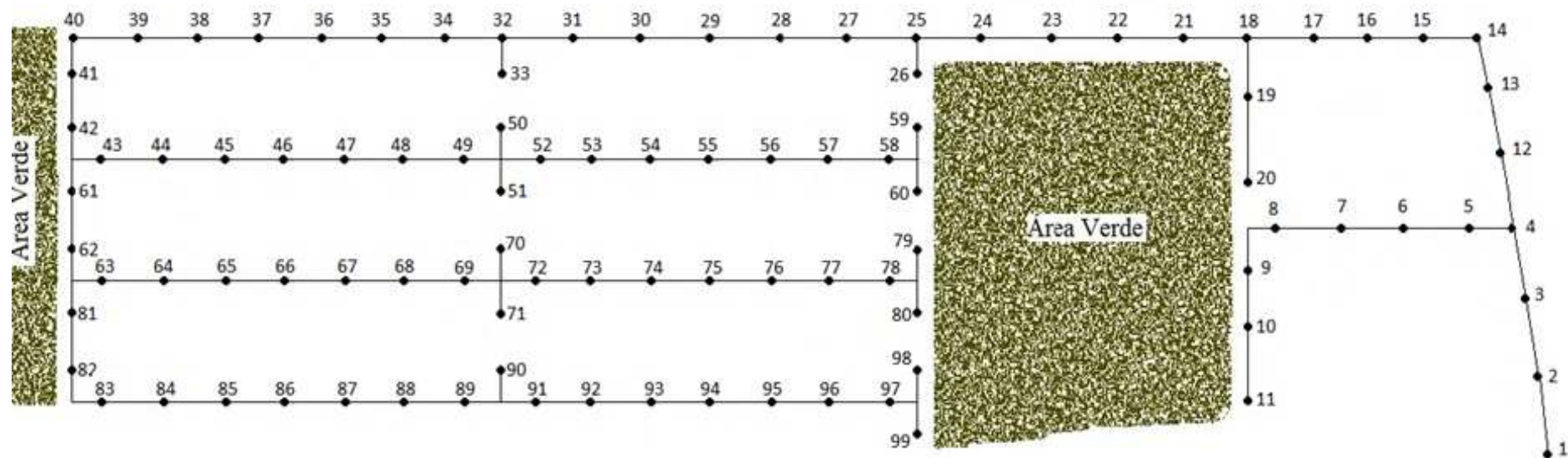
O sistema teste 2 é um recorte do projeto loteamento de residências populares de Ilha Solteira - SP, conforme a Figura 30. Esse recorte é apresentado na Figura 33, onde em duas ruas do sistema contam com nós adjacentes a área verde. Na Figura 34, apresentam-se o diagrama unifilar referente ao sistema teste 2 na forma radial com 99 pontos de iluminação pública. No Apêndice A, tem-se os Quadros 5, com os dados referentes às linhas do sistema teste 2, as demandas correspondem a 30W em cada nó do sistema.

Figura 33 - Recorte do projeto de residências populares de Ilha Solteira - SP, com 99 nós.



Fonte: Da própria autora

Figura 34 - Diagrama unifilar do sistema teste 2, com 99 nós radial.

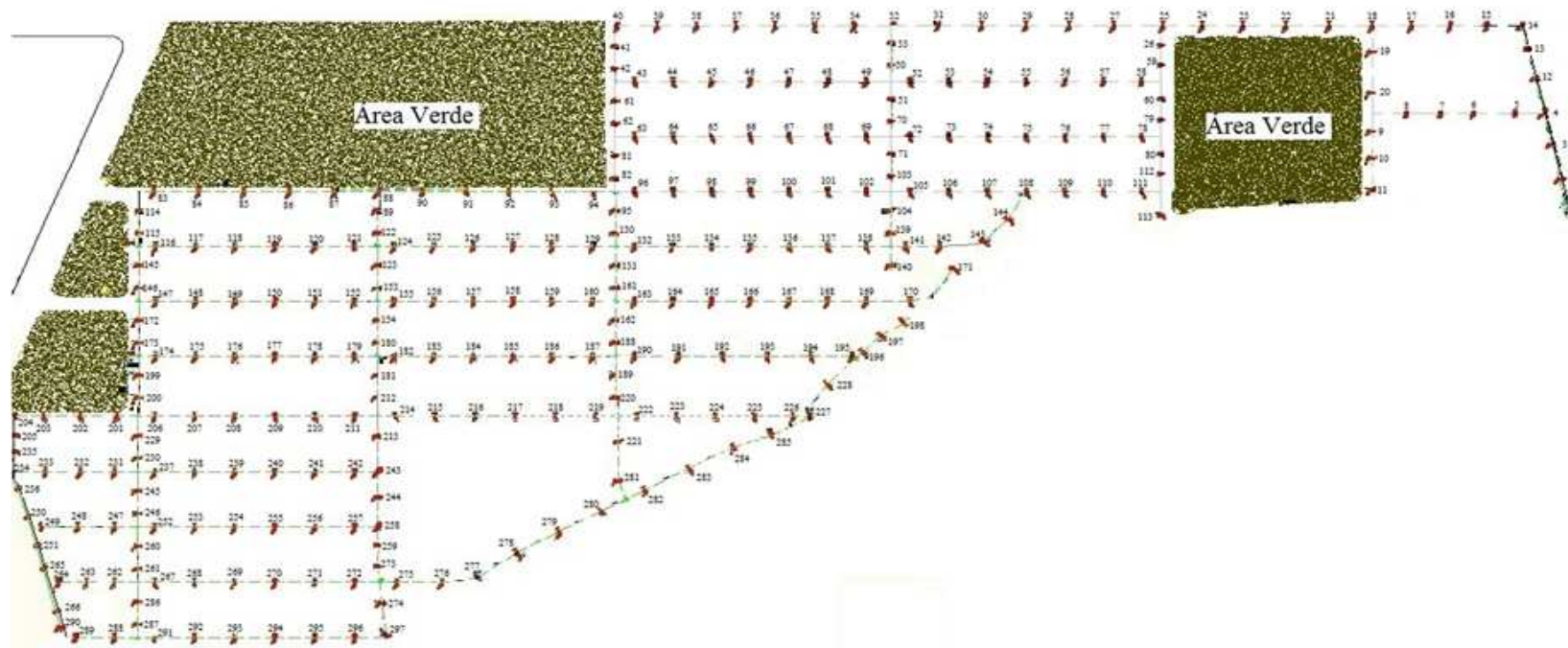


Fonte: Da própria autora

6.1.3 Sistema teste 3 - 297 nós

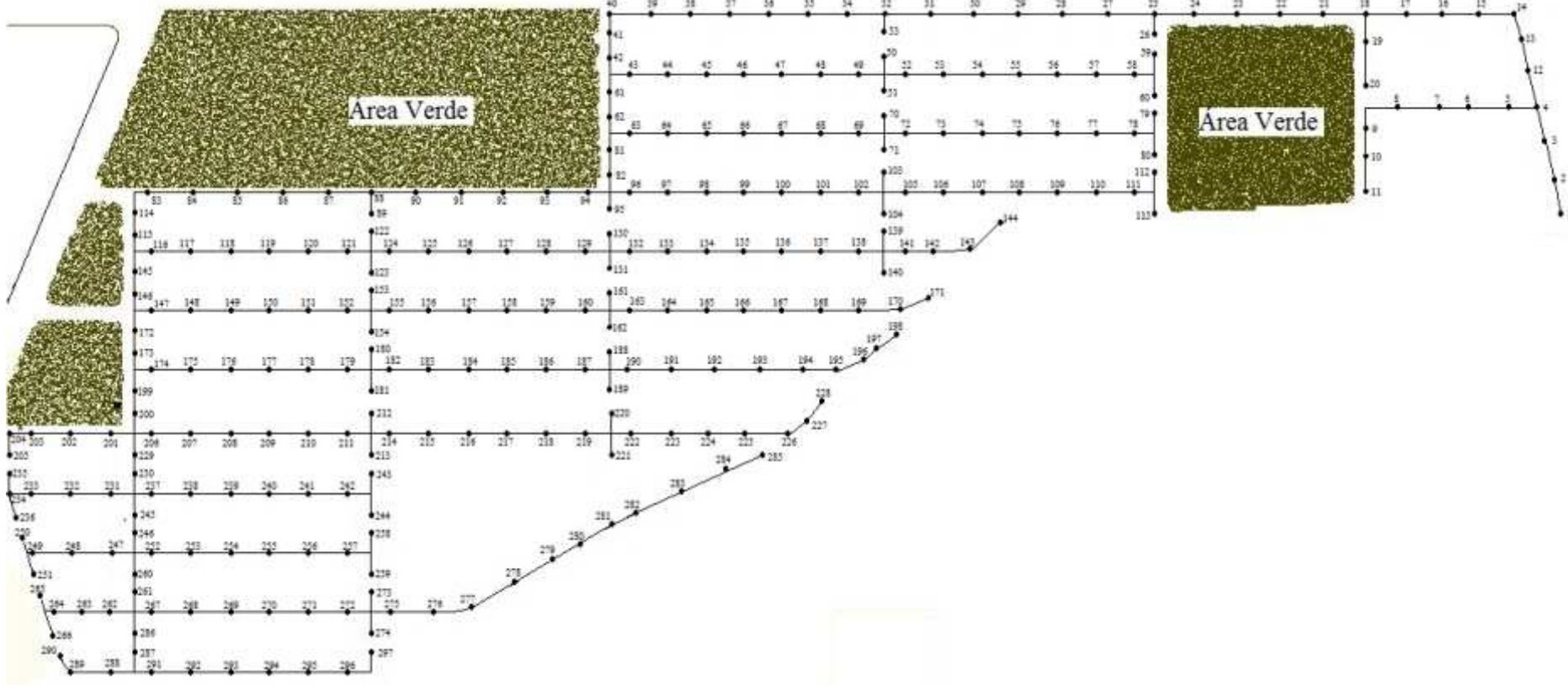
O sistema teste 3 contempla todo o loteamento de residências populares de Ilha Solteira - SP, conforme visto na Figura 30. Na Figura 35, tem-se o sistema teste 3 onde em algumas ruas do sistema contam com nós adjacentes a área verde. Na Figura 36, tem-se o diagrama unifilar referente ao sistema teste 3 na forma radial com 297 pontos de iluminação pública. No Apêndice A, nas Tabelas 75 com os dados referentes as linhas do sistema teste 3, as demandas correspondem a 30W em cada nó do sistema.

Figura 35 - Projeto de residências populares de Ilha Solteira - SP, com 297 nós.



Fonte: Da própria autora

Figura 36 - Diagrama unifilar do sistema teste 3, com 297 nós radial.



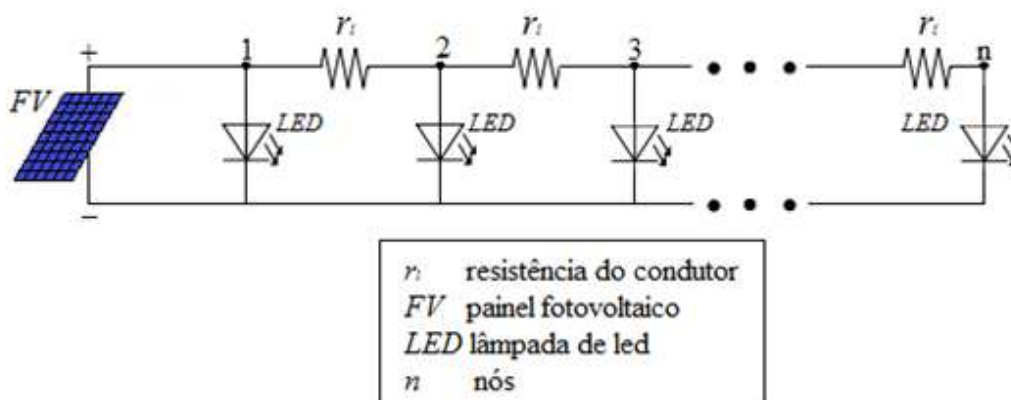
Fonte: Da própria autora

6.2 CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS TESTES PARA AS SIMULAÇÕES

Nessa seção, apresentam-se as características dos sistemas testes para as simulações realizadas com os modelos matemáticos propostos. Propõe-se um sistema na forma de microrrede em CC autônomo, onde a geração de energia é feita através de sistemas fotovoltaicos, os quais geram energia em CC, portanto, dispensam o uso de inversores. As lâmpadas são do tipo LED (Light Emitting Diode) de 30 W de alto brilho (garantindo a mesma luminosidade do projeto original), os condutores com seção transversal de 10 mm^2 . A tensão nominal do sistema de 12volts CC (mesma tensão que os painéis fotovoltaicos geram energia), com queda de tensão de 5%.

O modelo simplificado do sistema proposto é apresentado na Figura 37.

Figura 37 - Modelo simplificado da iluminação pública em corrente contínua.



Fonte: Da própria autora

Os parâmetros usados na simulação, sendo que, na função objetivo no modelo proposto, são considerados na primeira parcela os investimentos na compra e instalação do sistema fotovoltaico completo e na segunda parcela os custos relacionados com as perdas elétricas, segundo EPE (2012):

O custo de investimento em sistemas fotovoltaicos pode ser decomposto em três itens principais: os painéis fotovoltaicos, o inversor de linha e o “*Balance of the System - BoS*”, que engloba as estruturas mecânicas de sustentação, equipamentos elétricos auxiliares, cabos e conexões e a engenharia necessária para a adequação dos componentes do sistema, assim como custos gerais de instalação e montagem (EPE, 2012, p.28).

Portanto, para os valores de custo do sistema, levamos em conta o custo de compra e instalação do W_p (watt pico), o qual segundo relatório do Ministério de Minas e Energia (2012), atualmente os painéis fotovoltaicos respondem por cerca de 60% do custo total dos sistemas fotovoltaicos, o inversor por cerca de 10% e o restante é atribuído ao *BoS*. Para nossos sistemas testes não é necessário o inversor, pois a

geração dos painéis fotovoltaicos é em CC. Avaliando valores de mercado dos componentes do Sistema Fotovoltaicos em nossas simulações o valor utilizado será de $W_p = US\$9,25$.

Segundo ANEEL... (2012), no caso de MIGDI ou SIGFI, o sistema deve possuir autonomia de 48 horas, dinte disso, nesse trabalho consideram-se 2 dias de autonomia para o sistema.

Baseados no Atlas Solarimétrico do Brasil ANEEL... (2008), na região onde está localizado o sistema teste conta-se com uma radiação solar diária de $1000W/m^2$, durante 5 horas por dia, dado utilizado para o t_{rad} da equação 17.

No Quadro 4, tem-se os diferentes arranjos formados para os SF, os quais garantem o armazenamento de energia nas baterias para a autonomia do sistema de dois (2) dias, e três (3) ou cinco (5) dias para o carregamento das baterias após o descarregamento das mesmas, cálculos feitos através das equações 17 a 20.

Quadro 4: Arranjos formados para os sistemas fotovoltaicos.

Arranjo	Máxima potência dos painéis(W)	Nº de painéis	Corrente máxima a ser gerada(Ah)	Recarregamento das baterias(dias)
I	135	2	5,6	3
II	135	2	6,7	5
III	135	3	8,5	3
IV	135	3	10	5

Fonte: Da própria autora

Nas próximas seções, apresentam-se as simulações para as duas alternativas avaliadas considerando os sistemas testes para alocação de sistemas fotovoltaicos considerando armazenamento de energia nas baterias para uma autonomia de dois (2) dias do sistema, e no máximo três(3) ou cinco (5) dias para o carregamento das baterias após o descarregamento, e a seção dos condutores de $10mm^2$.

1. Alternativa 1: Alocação em qualquer nó do sistema
2. Alternativa 2: Restrição de alocação aos nós próximos de área verde, devido ao sombreamento.

As simulações são feitas através do algoritmo de *Branch and Bound*, algoritmo de *Branch and Bound* com EBCR e algoritmo genético Chu-Beasley. Para o modelo matemático dado pelas equações 3 a 10 os resultados das simulações são descritos nas seções 6.3, 6.4 e 6.5. Na seção 6.6, apresentam-se simulações feitas para o modelo matemático dado pelas equações 10 a 17 através do algoritmo de *Branch and Bound* com EBCR.

6.3 ALOCAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS(SF) ATRAVÉS DO ALGORITMO DE (B&B)

As simulações de alocação de SF utilizando o algoritmo de B&B foram feitas com a implementação computacional através da linguagem de modelagem algébrico AMPL e solucionado usando o solver

CPLEX.

6.3.1 Sistema teste 1 - 20 nós

Para o sistema teste 1, realizaram-se várias simulações para os dois cenários descritos anteriormente, as quais são apresentadas a seguir.

6.3.1.1 Alternativa 1

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes aos arranjos I e II do Quadro 4, os resultados dos arranjos III e IV do Quadro 4 encontram-se no Apêndice B.

Arranjo I - O modelo matemático do PQIM, nessa alternativa possui 70 restrições, 70 variáveis contínuas e 20 variáveis binárias. Foram 2621 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 15.870 iterações do algoritmo simplex, obtendo a solução ótima em um tempo de 1,31s.

Nesse sistema foram alocados 10 SF, para que as restrições do problema fossem atendidas, na Tabela 7, apresentam-se os nós onde ocorreu a alocação com maior demanda de geração e o nó que obteve tensão mínima.

Tabela 7 - Resultados para o sistema 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I

Nó	Tensão(v)	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	66,6815
3	11,7748	0

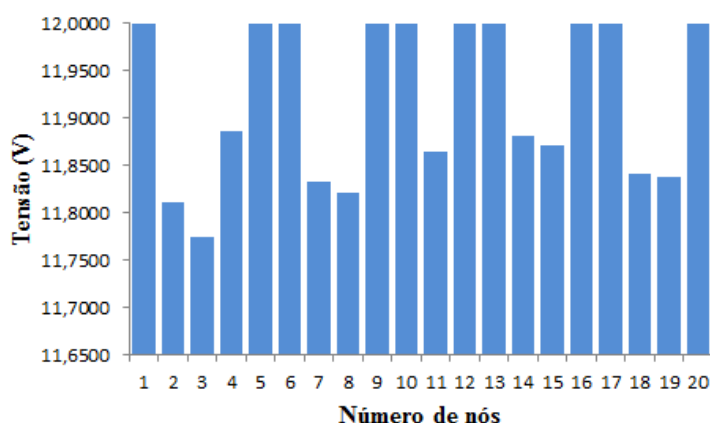
Fonte: Da própria autora

De acordo com a Tabela 7, o nó 1 é o que demanda maior geração totalizando 66,68W, o que corresponde a 5,55Ah de corrente, ou seja, estão garantidas as condições impostas pela simulação referente a autonomia de 2 dias e tempo de carregamento máximo das baterias de 3 dias. O nó 3 obteve a tensão mínima de 11,77V para o sistema simulado, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 1,91% da tensão nominal.

Na Figura 38, tem-se o gráfico das tensões em cada nó do sistema simulado, onde verifica-se que a simulação atendeu aos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 1, 5, 6, 9, 10, 12, 13, 16, 17 e 20, atingiram a tensão nominal de 12v onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos.

Na Tabela 8, tem-se os dados das correntes em três linhas do sistema, com injeção de corrente no nó 1. Verifica-se que o nó 3 recebe contribuição de corrente da injeção no nó 1 e da injeção em outro nó do sistema.

Figura 38 - Variação da tensão dos nós do sistema 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I



Fonte: Da própria autora

Tabela 8 - Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I

Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	3,0567
2	2	3	0,5962
3	3	4	-1,8568

Fonte: Da própria autora

Na Tabela 9, tem-se o custo total do sistema, considerando custos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 9 - Custo do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	25.001,50
Perdas do sistema	433,24
TOTAL	25.434,74

Fonte: Da própria autora

No Apêndice B, apresentam-se na Tabela 76, os dados completos referente à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação; e na Tabela 77 as correntes nas linhas.

Arranjo II - O modelo matemático do PQIM, nessa alternativa possui 70 restrições, 70 variáveis contínuas e 20 variáveis binárias. Para obter a solução ótima, foram 2980 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 16.187 iterações do algoritmo simplex, em um tempo de 0,68s.

Para esse arranjo de SF, foram alocados no sistema 8 SF, para as restrições serem atendidas, na Tabela 10, tem-se os nós onde ocorreu a maior demanda de geração e o nó que obteve a tensão mínima.

Tabela 10 - Resultados para o sistema 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II

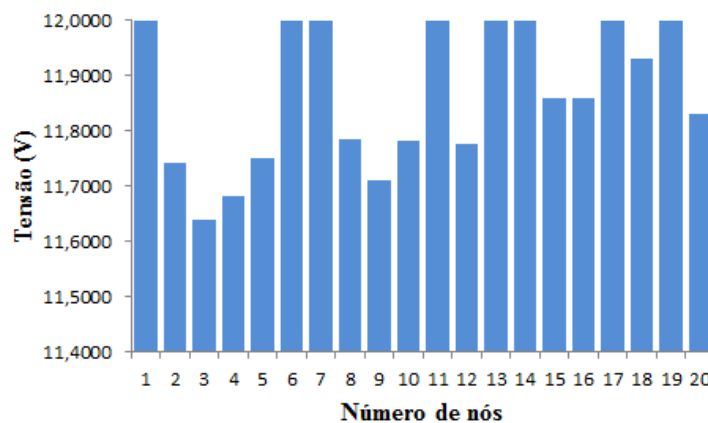
Nó	Tensão(v)	Potência mínima a ser gerada(W)
3	11,6379	0
13	12,0000	80,3843

Fonte: Da própria autora

Conforme a Tabela 10, o nó 13 é o que demanda maior geração totalizando 80,3843W, o que corresponde a 6,69Ah de corrente, ou seja, está garantida as condições impostas pela simulação referente a autonomia de 2 dias e tempo de carregamento máximo das baterias de 5 dias. O nó 3 obteve a tensão mínima 11,63 V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 3,01% da tensão nominal.

Na Figura 39, tem-se o gráfico das tensões em cada nó do sistema simulado, onde percebe-se que a simulação atendeu aos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 1, 6, 7, 11, 13, 14, 17 e 19, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos.

Figura 39 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 11, tem-se os dados das correntes em quatro linhas do sistema, com injeção de corrente nos nós 17 e 19, nesse caso observa-se que o nó 16 e 18 recebem contribuição de corrente da injeção nos nós 17 e 19, respectivamente, e da injeção em outro nó do sistema.

Tabela 11 - Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II

Linha	De	Para	Corrente(A)
16	16	17	-2.4707
17	17	18	1.1090
18	18	19	-1.3766
19	19	20	2.4646

Fonte: Da própria autora

Na Tabela 12, tem-se o custo total do sistema, considerando custos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 12 - Custo do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	20.001,20
Perdas do sistema	722,74
TOTAL	20.723,91

Fonte: Da própria autora

No Apêndice B, apresentam-se na Tabela 78, os dados completos referente à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação; e na Tabela 79 as correntes nas linhas.

6.3.1.2 Alternativa 2

Para o Alternativa 2, foram impostas restrições de alocação nos nós 9, 10, 11, 19 e 20 devido a presença da área verde próxima aos postes de iluminação pública, conforme visto na Figura 31, pois, SF são vulneráveis ao sombreamento devido a falta de radiação solar.

Para essa alternativa foram feitas várias simulações, onde para a tensão nominal de 12 V em corrente contínua, observa-se a inviabilidade de restringir a alocação de painéis dos nós 9, 10, 11, 19 e 20 devido à queda de tensão ser superior ao limite de 5%. Então, testes foram feitos possibilitando a alocação de SF em alguns nós, considerando os casos da Tabela 13.

Tabela 13 - Casos de restrição de alocação de SF

Caso	Nós com restrição de alocação de SF
A	9, 10, 11, 19, 20
B	10, 11, 19, 20
C	9, 11, 19, 20
D	9, 10, 19, 20
E	9, 10, 11, 19
F	9, 10, 11, 20

Fonte: Da própria autora

Cabe ressaltar, que o uso dos seis casos impõe uma condição para a alocação dos sistemas fotovoltaicos aos nós onde é permitido a alocação, como por exemplo, a elevação de uma haste para que o mesmo receba a radiação solar, instalação do painel fotovoltaico no telhado de uma das casas próximas ou outra medida cabível.

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes aos arranjos III e IV do Quadro 4, onde para os arranjos I e II do Quadro 4 o problema tornou-se infactível.

Arranjo III - Na Tabela 14, apresentam-se os resultados do desempenho do algoritmo de B&B para cada caso da Tabela 13, onde a solução ótima foi obtida. Nos casos A, E e F o problema tornou-se infactível, portanto não existe uma solução.

Tabela 14 - Desempenho do algoritmo de B&B para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 1 - Alternativa 2/Arranjo III

Caso	Nº de restrições	Nº de variáveis contínuas	Nº de variáveis binárias	Nº de PLs resolvidos	Nº de iterações do simplex	Tempo (s)
A	-	-	-	-	-	-
B	59	58	16	197	805	0,34
C	61	58	16	199	849	0,31
D	60	58	16	286	1142	0,31
E	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-

Fonte: Da própria autora

Conforme visto na Tabela 14, o algoritmo de B&B obteve a solução ótima nos três casos factíveis, onde o número de variáveis binárias diminuiu para 16, diminuindo o tempo computacional quando comparado as simulações feitas para o Alternativa 1, o qual foi resolvido com 20 variáveis binárias.

Na Tabela 15 tem-se os resultados dos custos totais para os casos B, C e D, cujos problemas são factíveis.

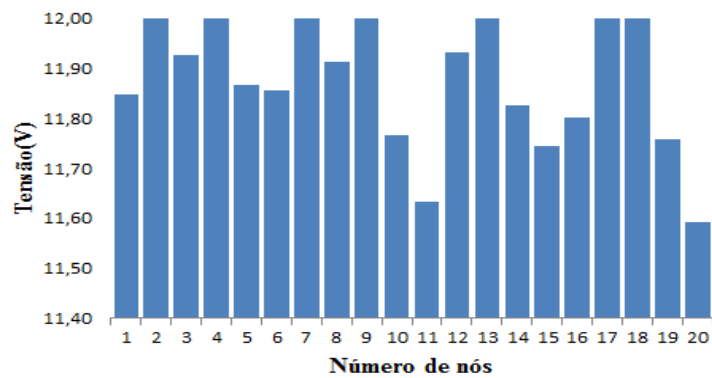
Tabela 15 - Custos para os casos de restrição de alocação aos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III

Caso	Solução	Custo US\$	Queda de tensão (%)
A	Infactível	-	>5%
B	Factível	26.942,75	<5%
C	Factível	26.868,05	<5%
D	Factível	26.952,52	<5%
E	Infactível	-	>5%
F	Infactível	-	>5%

Fonte: Da própria autora

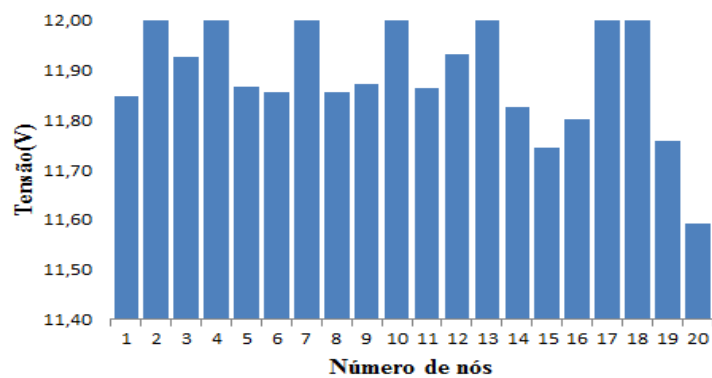
Nas Figuras 40, 41, 42, tem-se o comportamento das tensões para sistema teste em cada caso avaliado.

Figura 40 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III: Caso B



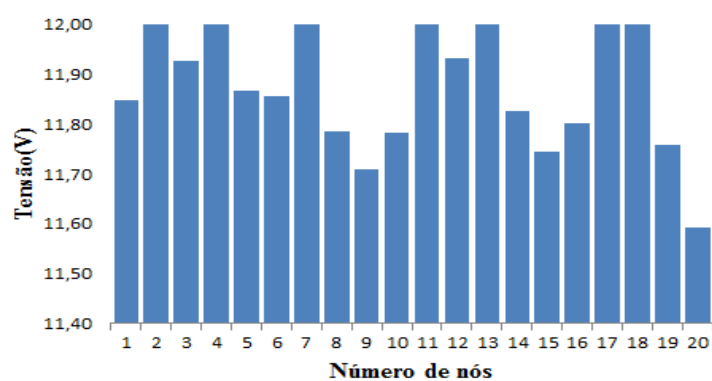
Fonte: Da própria autora

Figura 41 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III: Caso C



Fonte: Da própria autora

Figura 42 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III: Caso D



Fonte: Da própria autora

Observa-se nas Figuras 40, 41, 42, que para o caso B, o nó com maior demanda de potência a ser gerada foi o 9, onde deve ser gerado no mínimo 101,85 W, o que corresponde 8,48Ah de corrente, para o caso C foi o nó 13, devendo ser gerado 91,86W o que corresponde a 7,65Ah, e para o caso D, o nó 7, devendo ser gerado 98,11W o que corresponde a 8,17Ah. Os três casos, atendem o limite de alocação de corrente que para esse arranjo que é de 8,5Ah. O nó 20, obteve a tensão mínima de 11,59V, ou seja, a queda de tensão ficou em 3,41%. No total foram 7 SF alocados no sistema para os casos simulados do Alternativa 2.

No Apêndice B, tem-se as Tabelas 86 e 87, que apresentam os resultados completos referentes à tensão dos nós, potência a ser gerada, nós de alocação dos SF e corrente nas linhas.

Arranjo IV - Na Tabela 16, apresentam-se os resultados do desempenho do algoritmo de B&B para cada caso da Tabela 13, onde a solução ótima foi encontrada. Nos casos A, E e F do problema tornou-se infactível, portanto não existe uma solução.

Tabela 16 - Desempenho do algoritmo de B&B para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 1 - Alternativa 2/Arranjo IV

Caso	Nº de restrições	Nº de variáveis contínuas	Nº de variáveis binárias	Nº de PLs resolvidos	Nº de iterações do simplex	Tempo (s)
A	-	-	-	-	-	-
B	59	58	16	290	1448	0,34
C	61	58	16	374	1679	0,35
D	60	58	16	303	1403	0,32
E	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-

Fonte: Da própria autora

De acordo com o esperado, vimos na Tabela 16, que o algoritmo de B&B obteve a solução ótima nos três casos factíveis, onde o número de variáveis binárias diminuiu para 16, conseqüentemente diminuiu o tempo computacional.

Na Tabela 17 tem-se os resultados dos custos totais para os casos B, C e D, cujos problemas são factíveis.

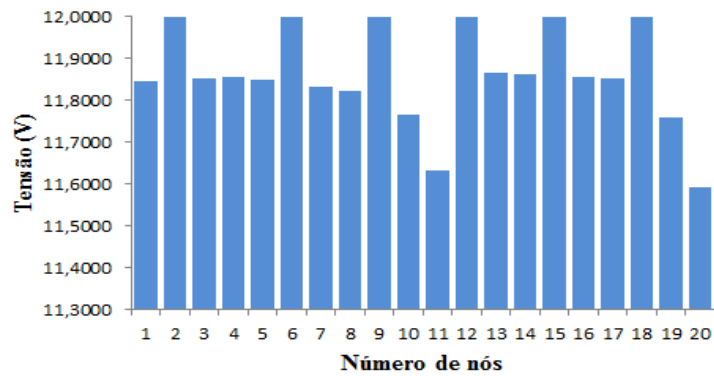
Tabela 17 - Custos para os casos de restrição de alocação aos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV

Caso	Solução	Custo US\$	Queda de tensão (%)
A	Infactível	-	>5%
B	Factível	23.253,93	<5%
C	Factível	23.220,30	<5%
D	Factível	23.304,77	<5%
E	Infactível	-	>5%
F	Infactível	-	>5%

Fonte: Da própria autora

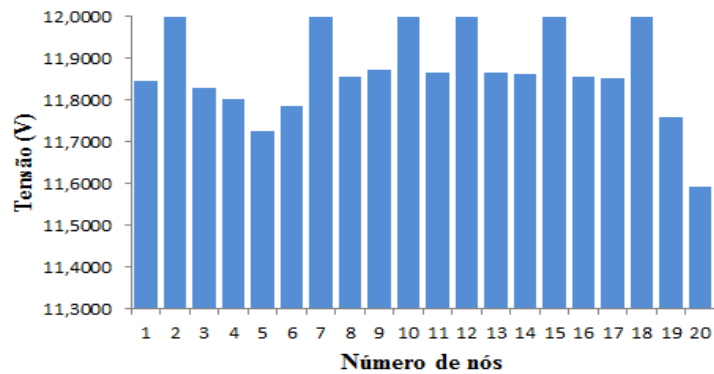
Nas Figuras 43, 44, 45, apresentam-se o comportamento das tensões para sistema teste em cada caso.

Figura 43 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV: Caso B



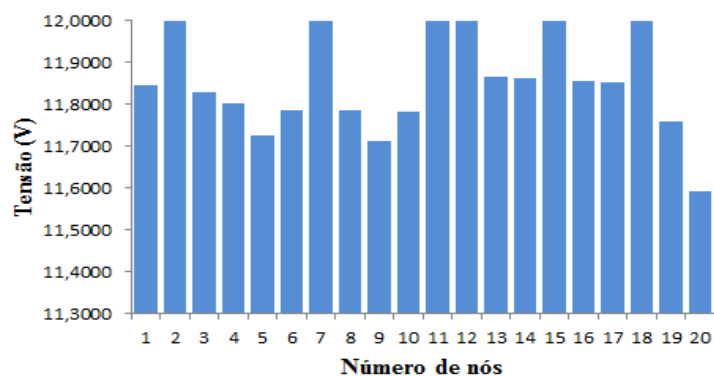
Fonte: Da própria autora

Figura 44 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV: Caso C



Fonte: Da própria autora

Figura 45 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV: Caso D



Fonte: Da própria autora

Observa-se nas Figuras 43, 44, 45, que nos três casos, o nó com maior demanda de potência a ser gerada foi o 18, onde deve ser gerado no mínimo 117,13 W, o que corresponde 9,76Ah de corrente, atendendo o limite de alocação de corrente que para esse caso é de 10Ah. O nó 20, obteve a tensão mínima de 11,59V, ou seja, a queda de tensão ficou em 3,41%. No total foram 6 SF alocados no sistema para os casos simulados do Alternativa 2.

No Apêndice B, nas Tabelas 89 e 88, apresentam-se os resultados completos referentes a tensão dos nós, potência a ser gerada, nós de alocação dos SF e corrente nas linhas.

6.3.2 Sistema teste 2 - 99 nós

Para o sistema teste 2, realizaram-se várias simulações, para os dois cenários utilizados no sistema teste 1, as quais são descritas a seguir.

6.3.2.1 Alternativa 1

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes aos arranjos I e II do Quadro 4, os resultados dos arranjos III e IV do Quadro 4 encontram-se no Apêndice C.

Arranjo I - O modelo matemático do PQIM, nessa alternativa possui 315 restrições, 315 variáveis contínuas e 99 variáveis binárias. Foram 2.101.042.639 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 2.147.483.647 iterações do algoritmo simplex, com gap de 4,23%, em um tempo de 301.656s. Foram feitas várias simulações, e por falta de memória dos computadores não foi possível obter a solução ótima para o problema, no entanto a solução encontrada é de boa qualidade.

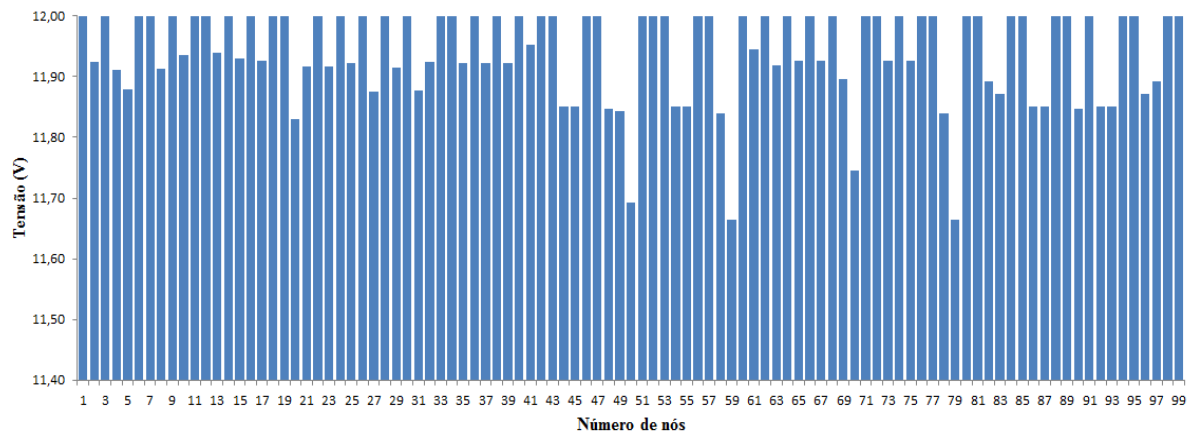
Para o Arranjo I, considerando o Alternativa 1, foram alocados no sistema 51 SF, para que as restrições do problema fossem atendidas, sendo que o nó 28 é o que demanda maior geração totalizando 66,57W, o que corresponde a 5,54Ah de corrente, ou seja, estão garantidas as condições impostas pela simulação referente a autonomia de 2 dias e tempo de carregamento máximo das baterias de 3 dias.

Na Figura 46, tem-se o gráfico das tensões em cada nó do sistema simulado, onde verifica-se que a simulação atendeu aos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 1, 3, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 16, 18, 19, 22, 24, 26, 28, 30, 33, 34, 36, 38, 40, 42, 43, 46, 47, 51, 52, 53, 56, 57, 60, 62, 64, 66, 68, 71, 72, 74, 76, 77, 80, 81, 84, 85, 88, 89, 91, 94, 95, 98 e 99, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, os nós 59 e 79 obtiveram a tensão mínima de 11,66V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 2,83% da tensão nominal.

Na Tabela 18, tem-se os dados das correntes em três linhas do sistema, com injeção de corrente no nó 22. Percebe-se que os nós 21 e 23, recebem contribuição de corrente da injeção no nó 22 e da injeção em outros nós do sistema.

Na Tabela 19, tem-se o custo total do sistema, considerando custos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Figura 46 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I



Fonte: Da própria autora

Tabela 18 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I

Linha	De	Para	Corrente(A)
21	21	22	-1,2413
22	22	23	1,2413
23	23	24	-1,2413

Fonte: Da própria autora

Tabela 19 - Custo do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	127.507,44
Perdas do sistema	1.635,39
TOTAL	129.142,83

Fonte: Da própria autora

No Apêndice C, nas Tabelas 90 e 91, apresentam-se os resultados completos referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação; e das correntes das linhas do sistema.

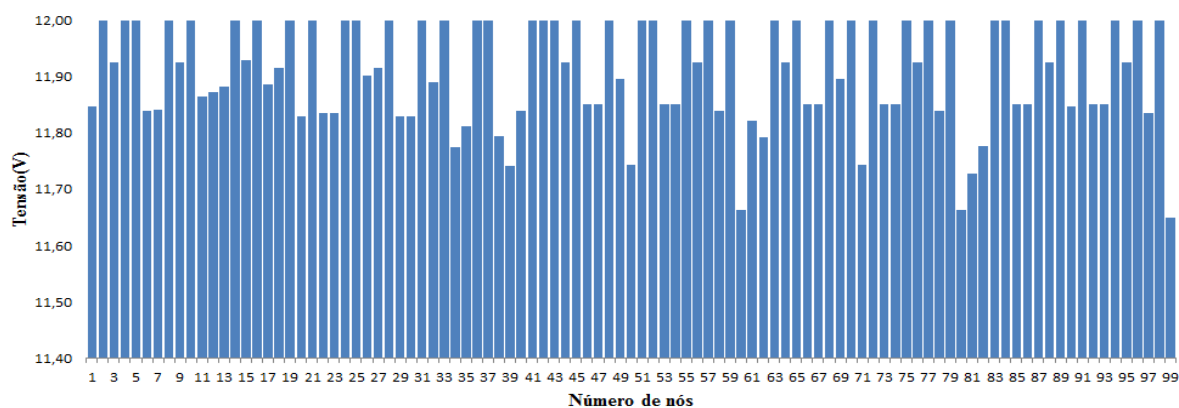
Arranjo II - O modelo matemático do PQIM, nessa alternativa possui 315 restrições, 315 variáveis contínuas e 99 variáveis binárias. Foram 1.653.801.377 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 2.602.299.036 iterações do algoritmo simplex, com gap de 5,68%, em um tempo de 690.316,64s, ou seja, aproximadamente 192 horas. Por falta de memória dos computadores não foi possível obter a solução ótima para o problema, no entanto a solução encontrada é de boa qualidade.

Para o Arranjo II, considerando o Alternativa 1, foram alocados 42 SF, para que as restrições do problema fossem atendidas, sendo que os nós 48 e 68, são os que demandam maior geração totalizando 80,38W, o que corresponde a 6,69Ah de corrente, ou seja, está garantida as condições impostas pela

simulação referente a autonomia de 2 dias e tempo de carregamento máximo das baterias de 5 dias.

Na Figura 47, tem-se o gráfico das tensões em cada nó do sistema simulado, onde verifica-se que a simulação atendeu aos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 2, 4, 5, 8, 10, 14, 16, 19, 21, 24, 25, 28, 31, 33, 36, 37, 41, 42, 43, 45, 48, 51, 52, 55, 57, 59, 63, 65, 68, 70, 72, 75, 77, 79, 83, 84, 87, 89, 91, 94, 96 e 98, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, o nó 99 obteve a tensão mínima 11,64V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 2,9% da tensão nominal.

Figura 47 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/ArranjoII



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 20, tem-se os dados das correntes em três linhas do sistema, com injeção de corrente no nó 25, nesse caso percebe-se que o nó 27 recebe contribuição de corrente da injeção no nó 25 e da injeção em outro nó do sistema.

Tabela 20 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II

Linha	De	Para	Corrente(A)
25	25	26	2,4795
26	25	27	1,2411
27	27	28	-1,2411

Fonte: Da própria autora

Na Tabela 21, tem-se o custo total do sistema, considerando custos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 21 - Custo do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	105.006,13
Perdas do sistema	2.443,78
TOTAL	107.449,91

Fonte: Da própria autora

No Apêndice C, nas Tabelas 92 e 93, apresentam-se os resultados completos referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação; e das correntes das linhas do sistema.

6.3.2.2 Alternativa 2

Para o Alternativa 2, foram impostas a restrição de alocação nos nós 9, 10, 11, 19, 20, 26, 41, 42, 59, 60, 61, 62, 79, 80, 81, 82, 98 e 99, devido a presença da área verde próxima aos postes de iluminação pública, conforme a Figura 33, pois, SF são vulneráveis ao sombreamento devido a falta de radiação solar.

Para essa alternativa foram feitas várias simulações, onde para a tensão nominal de 12 V em corrente contínua, observa-se a inviabilidade de restringir a alocação de painéis dos nós 9, 10, 11, 19 e 20 devido à queda de tensão ser superior ao limite de 5%. Então, testes foram feitos possibilitando a alocação de SF em alguns nós, considerando os casos da Tabela 22.

Tabela 22 - Casos de restrição de alocação de SF

Caso	Nós com restrição de alocação de SSF
A	9, 10, 11, 19, 20, 26, 41, 42, 59, 60, 61, 62, 79, 80, 81, 82, 98, 99
B	10, 11, 19, 20, 26, 41, 42, 59, 60, 61, 62, 79, 80, 81, 82, 98, 99
C	9, 11, 19, 20, 26, 41, 42, 59, 60, 61, 62, 79, 80, 81, 82, 98, 99
D	9, 10, 19, 20, 26, 41, 42, 59, 60, 61, 62, 79, 80, 81, 82, 98, 99
E	9, 10, 11, 19, 26, 41, 42, 59, 60, 61, 62, 79, 80, 81, 82, 98, 99
F	9, 10, 11, 20, 26, 41, 42, 59, 60, 61, 62, 79, 80, 81, 82, 98, 99

Fonte: Da própria autora

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes aos arranjos III e IV do Quadro 4, onde para os arranjos I e II do Quadro 4 o problema tornou-se infactível.

Arranjo III - Na Tabela 23, apresentam-se os resultados do desempenho do algoritmo de B&B para cada caso da Tabela 22, para encontrar a solução ótima para o problema. Nos casos A, E e F o problema tornou-se infactível, portanto não existe uma solução.

Tabela 23 - Desempenho do algoritmo de B&B para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 2 - Alternativa 2/Arranjo III

Caso	Nº de restrições	Nº de variáveis contínuas	Nº de variáveis binárias	Nº de PLs resolvidos	Nº de iterações do simplex	Tempo (s)
A	-	-	-	-	-	-
B	274	273	82	116.959.443	547.415.749	16.239
C	276	273	82	72.048.797	353.453.615	15.770
D	275	273	82	110.539.316	530.719.745	23.112
E	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-

Fonte: Da própria autora

Na Tabela 24, apresentam-se os resultados obtidos dos nós onde foram alocados os SF, assim como o nó com demanda máxima de geração e os nós com maior queda de tensão. Observa-se que os valores atendem as condições impostas pelo modelo, cuja geração máxima deve atingir 8,5Ah. A queda de tensão foi de 3,6%, ou seja, está dentro do limite de queda de tensão de 5%.

Tabela 24 - Resultados para os casos de restrição de alocação no sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III

Caso	Nº de nós com SF	Nós com SF	Nó com maior demanda de geração	Nó com tensão mínima
A	35	2, 4, 7, 9, 13, 17, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 37, 39, 43, 45, 48, 49, 52, 57, 58, 63, 65, 68, 69, 72, 77, 78, 83, 85, 88, 89, 93, 96 e 97	9 com 101,84W	54,55, 74 e 75 com 11,56V
B	35	2, 4, 7, 10, 13, 17, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 37, 39, 43, 45, 48, 49, 52, 57, 58, 63, 65, 68, 69, 72, 77, 78, 83, 85, 88, 89, 93, 96 e 97	37 com 98,35W	54,55, 74 e 75 com 11,56V
C	35	2, 4, 7, 10, 13, 17, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 37, 39, 43, 45, 48, 49, 52, 57, 58, 63, 65, 68, 69, 72, 77, 78, 83, 85, 88, 89, 93, 96 e 97	37 com 98,35W	54,55, 74 e 75 com 11,56V

Fonte: Da própria autora

Na Tabela 25 apresentam-se os resultados dos custos totais para os casos B, C e D, cujos problemas são factíveis.

Tabela 25 - Custos para os casos de restrição de alocação aos nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III

Caso	Solução	Custo US\$	Queda de tensão (%)
B	Factível	135.011,19	<5%
C	Factível	134.936,49	<5%
D	Factível	135.020,95	<5%

Fonte: Da própria autora

No Apêndice C, nas Tabelas 100 e 101, apresentam-se os resultados completos referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação; e das correntes das linhas do sistema.

Arranjo IV - Na Tabela 26, apresentam-se os resultados do desempenho do algoritmo de B&B para cada caso da Tabela 22, para obter a solução ótima para o problema. Nos casos A, E e F o problema tornou-se infactível, portanto não existe uma solução.

Tabela 26 - Desempenho do algoritmo de B&B para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 2 - Alternativa 2/Arranjo IV

Caso	Nº de restrições	Nº de var. contínuas	Nº de var.binárias	Tempo (s)
A	-	-	-	-
B	274	273	82	358.583,63
C	276	273	82	243.605,25
D	275	273	82	343.505,83
E	-	-	-	-
F	-	-	-	-

Fonte: Da própria autora

Na Tabela 27, apresentam-se os resultados obtidos dos nós onde foram alocados os SF, assim como o nó com demanda máxima de geração e os nós com maior queda de tensão. Observa-se os valores atendem as condições impostas pelo modelo, cuja geração máxima deve atingir 10Ah. A queda de tensão foi de 3,5%, 3,75% e 3,58%, para os casos B, C e D respectivamente, ou seja, está dentro do limite de queda de tensão de 5%.

Tabela 27 - Resultados para os casos de restrição de alocação no sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV

Caso	Nº de nós com SF	Nós com SF	Nó com maior demanda de geração	Nó com tensão mínima
A	29	2, 6, 9, 13, 17, 18, 23, 25, 30, 32, 37, 40, 44, 48, 51, 55, 58, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 83, 86, 89, 93, 95 e 97	48 com 119,49W	53 com 11,58V
B	29	3, 6, 10, 13, 17, 18, 23,25 30, 32, 37, 40, 44, 48, 51, 55, 58, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 83, 86, 88, 92, 95 e 97	48 com 119,49W	1 com 11,55V
C	29	2, 7, 11, 12, 18, 22, 25, 29, 33, 37, 40, 44, 48, 51, 55, 58, 63, 66, 71, 72, 75, 78, 83, 86, 89, 93, 95 e 97	48 com 119,49W	35 com 11,57V

Fonte: Da própria autora

Na Tabela 28 tem-se os resultados dos custos totais para os casos B, C e D, cujos problemas são factíveis.

Tabela 28 - Custos para os casos com restrição de alocação em alguns nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV

Caso	Solução	Custo US\$	Queda de tensão (%)
B	Factível	112.650,98	<5%
C	Factível	112.769,86	<5%
D	Factível	112.887,45	<5%

Fonte: Da própria autora

No Apêndice C, nas Tabelas 102 e 103, apresentam-se os resultados completos referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação; e das correntes das linhas do sistema.

6.4 ALOCAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ATRAVÉS DO ALGORITMO DE B&B COM ESPAÇO DE BUSCA COMBINATÓRIO REDUZIDO (*EBCR*)

As simulações de alocação de sistemas fotovoltaicos, utilizando o algoritmo de B&B com EBCR, são feitas através da implementação computacional através da linguagem de modelagem algébrico AMPL e solucionado usando o solver CPLEX.

Ao realizar as simulações para o Alternativa 2 com o algoritmo de B&B, percebe-se a diminuição significativa da resolução de PLs na árvore de B&B, isso ocorre devido ao fato de que ao restringir a alocação de um sistema fotovoltaico em algum nó do sistema teste, diminui o número de variáveis binárias, consequentemente diminuindo assim as possíveis combinações entre as variáveis binárias, ou seja, diminuindo o espaço de busca das soluções inteiras.

Diante disso, propomos baseados no modelo dado por Silva (2013) um EBCR, o qual está descrito no capítulo 5 no item 5.2. A seguir, apresentam-se as simulações para os sistemas testes, utilizando esse algoritmo.

6.4.1 Sistema teste 1 - 20 nós

6.4.1.1 Alternativa 1

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes ao arranjo I e II do Quadro 4, os demais resultados encontram-se no Apêndice B, pois são análogos aos encontrados pelo algoritmo sem EBCR.

Para o Alternativa 1, considerando o sistema teste 1 de 20 nós, o algoritmo de B&B com EBCR resolveu o modelo matemático do PQIM em duas etapas. Sendo que, na primeira etapa determina-se a lista de soluções para determinar o EBCR e a segunda etapa para encontrar a solução ótima a partir do EBCR.

Arranjo I

- **Etapa 1:** Para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: $\text{populatelim}=10$; $\text{poolgap}=0,1$; $\text{mipgap}=0,1$; $\text{polintensity}=4$; $\text{poolreplace}=2$ e $\text{mipdisplay}=2$. O algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 70 restrições, 60 variáveis contínuas e 20 variáveis binárias. Foram 1021 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 7078 iterações do algoritmo simplex, com gap de 10,26%. No Apêndice D, na Tabela 104, tem-se a lista resultante para o EBCR, a qual é usada para a simulação da etapa 2.
- **Etapa 2:** Através da lista de EBCR, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 58 restrições, 57 variáveis contínuas e 15 variáveis binárias na etapa 2. Para encontrar a solução ótima, foram 91 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 450 iterações do algoritmo simplex.

Os resultados referentes a tensão dos nós, nós onde foram alocados os SF, a potência mínima a ser gerada em cada nó, correntes nas linhas, custos do sistema obtidos pela simulação são análogos aos encontrados através do algoritmo de B&B sem EBCR, os quais encontram-se nas Tabelas 76, 77 e 9 respectivamente.

No entanto, o tempo computacional para as duas etapas foi de 0,28s, ou seja, comparado com o algoritmo de B&B sem EBCR que foi de 1,31s, o tempo computacional diminuiu em 78%. A solução encontrada foi a ótima, pois é igual a solução obtida pelo algoritmo sem EBCR. No entanto caso o algoritmo fosse resolvido somente com o EBCR, seria necessário calcular o “gap verdadeiro” para solução ao utilizar o EBCR, onde deve-se comparar o melhor limite inferior

obtido na etapa 1, com a melhor solução inteira obtida na etapa 2, e ser calculado através da Equação 27.

Arranjo II

- **Etapa 1:** Para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: `populatelim=10`; `poolgap=0,1`; `mipgap=0,1`; `polintensity=4`; `poolreplace=2` e `mipdisplay=5`. O algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 70 restrições, 60 variáveis contínuas e 20 variáveis binárias. Foram 2656PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 15.370 iterações do algoritmo simplex, com gap de 9,25%. No Apêndice D, na Tabela 105, tem-se a lista resultante para o EBCR, a qual é usada para a simulação da etapa 2.
- **Etapa 2:** Através da lista de EBCR, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 60 restrições, 56 variáveis contínuas e 15 variáveis binárias na etapa 2. Foram 41 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 273 iterações do algoritmo simplex, para encontrar a solução ótima dentro do EBCR.

Os resultados referentes a tensão dos nós, nós onde foram alocados os SF, a potência mínima a ser gerada em cada nó, correntes nas linhas, custos do sistema obtidos pela simulação são análogos aos encontrados através do algoritmo de B&B sem EBCR, os quais encontram-se nas Tabelas 78, 79 e 12 respectivamente.

No entanto, o tempo computacional para as duas etapas foi de 0,34s, ou seja, comparado com o algoritmo de B&B sem EBCR que foi de 0,67, o tempo computacional diminuiu em 49%. Nessa simulação, utilizando-se o EBCR, a solução encontrada foi a mesma obtida pelo algoritmo sem EBCR, portanto novamente esse método mostrou-se eficaz.

6.4.1.2 Alternativa 2

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes ao arranjo III e IV do Quadro 4, os arranjos I e II tornaram-se ineficazes.

No Alternativa 2 serão levadas em conta as mesmas considerações apresentadas no Alternativa 2 do item 6.3.1.2, ou seja, serão analisados os casos da Tabela 13.

Arranjo III - Na Tabela 29, encontram-se os resultados do desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos B, C, D, pois os problemas dos casos A, E e F são ineficazes. Nessa simulação os seguintes valores para as diretivas foram usados: `populatelim=10`; `poolgap=0,1`; `mipgap=0,1`; `polintensity=4`; `poolreplace=2` e `mipdisplay=2`.

Tabela 29 - Desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 1: Arranjo III - Alternativa 2

Caso	Etapa	Nº de restrições	Nº de variáveis contínuas	Nº de variáveis binárias	Nº de PLs resolvidos	Nº de iterações do simplex	Gap (%)	Tempo (s)
A	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Etapa 1	58	52	16	83	484	9,24	0,32
	Etapa 2	52	50	13	92	420	0	
C	Etapa 1	59	52	16	29	190	12,05	0,32
	Etapa 2	50	45	11	50	265	0	
D	Etapa 1	58	52	16	71	434	10,95	0,26
	Etapa 2	51	48	12	99	501	0	
E	-	-	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Da própria autora

No Apêndice D, na Tabela 106, tem-se a lista resultante para o EBCR para os casos B, C e D, as quais são usadas para a simulação da etapa 2.

Na Tabela 30 tem-se os custos totais, os quais são análogos aos encontrados através do algoritmo de B&B sem EBCR.

Tabela 30 - Custos para os casos com restrição de alocação para alguns nós do sistema 1 através do B&B com EBCR - Alternativa 2

Caso	Solução	Custo US\$	Queda de tensão (%)
B	Factível	26.942,75	<5%
C	Factível	26.868,05	<5%
D	Factível	26.950,52	<5%

De acordo com a Tabela 30, os resultados para esse algoritmo é mesmo encontrado pelo algoritmo de B&B sem EBCR, portanto as conclusões são as mesmas já obtidas. Os resultados referentes a tensão dos nós, potência a ser gerada, nós de alocação dos SF e corrente nas linhas, são análogos ao algoritmo de B&B sem EBCR, portanto no Apêndice B encontram-se os resultados completos nas Tabelas 86 e 87.

Arranjo IV - Na Tabela 31, encontram-se os resultados do desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos B, C, D, pois os problemas dos casos A, E e F são infactíveis. Nessa simulação os seguintes valores para as diretivas foram usados: populatelim=10; poolgap=0,1; mipgap=0,1; polintensity=4; poolreplace=2 e mipdisplay=2.

Tabela 31 - Desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 1: Arranjo IV - Alternativa 2

Caso	Etapa	Nº de restrições	Nº de variáveis contínuas	Nº de variáveis binárias	Nº de PLs resolvidos	Nº de iterações do simplex	Gap (%)	Tempo (s)
A	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Etapa 1	58	52	16	180	953	13,10	0,28
	Etapa 2	48	47	11	92	382	0	
C	Etapa 1	59	52	16	221	1070	12,45	0,28
	Etapa 2	48	45	10	41	189	0	
D	Etapa 1	58	52	16	152	784	11,02	0,29
	Etapa 2	51	48	12	112	493	0	
E	-	-	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Da própria autora

No Apêndice D, na Tabela 107, tem-se a lista resultante para o EBCR para os casos B, C e D, as quais são usadas para a simulação da etapa 2.

Na Tabela 32 tem-se os custos totais, os quais são análogos aos encontrados através do algoritmo de B&B sem EBCR.

Tabela 32 - Custos para os casos de restrição de alocação para o sistema 1 através do B&B com EBCR - Alternativa 2

Caso	Solução	Custo US\$	Queda de tensão (%)
B	Factível	23.253,93	<5%
C	Factível	23.220,30	<5%
D	Factível	23.304,80	<5%

Fonte: Da própria autora

De acordo com a Tabela 32, os resultados para esse algoritmo é mesmo encontrado pelo algoritmo de B&B sem EBCR, portanto as conclusões são as mesmas já obtidas. Os resultados referentes à tensão dos nós, potência a ser gerada, nós de alocação dos SF e corrente nas linhas, são análogos ao algoritmo de B&B sem EBCR, portanto os resultados completos estão no Apêndice B, nas Tabelas 89 e 88.

6.4.2 Sistema teste 2 - 99 nós

6.4.2.1 Alternativa 1

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes aos arranjos I e II do Quadro 4, os demais resultados encontram-se no Apêndice E.

Para o Alternativa 1, considerando o sistema 2 de 99 nós, o algoritmo de B&B com EBCR resolveu o modelo matemático do PQIM em duas etapas. Sendo que, na primeira etapa determina-se a lista de soluções para determinar o EBCR e a segunda etapa para encontrar a solução ótima a partir do EBCR.

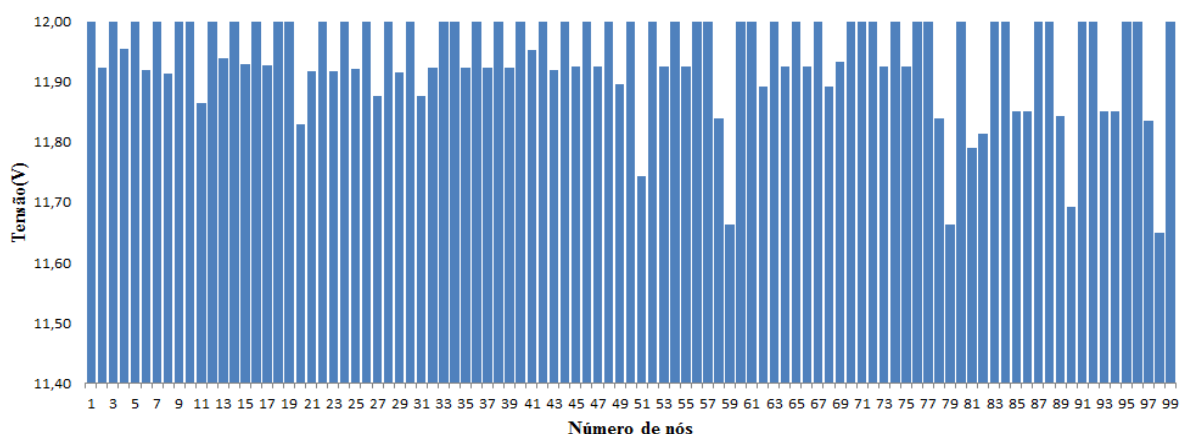
Arranjo I

- Etapa 1:** Para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: `populatelim=10`; `poolgap=0,05`; `mipgap=0,18`; `polintensity=4`; `poolreplace=2` e `mipdisplay=2`. O algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 315 restrições, 297 variáveis contínuas e 99 variáveis binárias. Foram 107.053 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 1.101.134 iterações do algoritmo simplex, com gap de 17,01%. No Apêndice E, na Tabela 108, tem-se a lista resultante para o EBCR, a qual é usada para a simulação da etapa 2.
- Etapa 2:** Através da lista de EBCR, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 271 restrições, 269 variáveis contínuas e 77 variáveis binárias na etapa 2. Foram 568.704 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 3.387.990 iterações do algoritmo simplex, obtendo a solução ótima dentro do EBCR.

O tempo computacional para as duas etapas de simulação foi de 840s, ou seja, comparado com o algoritmo de B&B sem EBCR que foi de 301.656s, o tempo computacional diminuiu em 99%. A solução encontrada foi de boa qualidade comparada com a solução obtida pelo algoritmo sem EBCR.

Na Figura 48, tem-se a variação da tensão nos nós do sistema teste, onde observa-se que a queda de tensão ficou dentro do permitido, pois o nó 98 obteve a tensão mínima do sistema de 11,64V. Foram 51 SF alocados, aos nós 1, 3, 5, 7, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 19, 22, 24, 26, 28, 30, 33, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 57, 60, 61, 63, 65, 67, 70, 71, 72, 74, 76, 77, 80, 83, 84, 87, 88, 91, 92, 95, 96 e 99, os quais assumem a tensão nominal de 12V.

Figura 48 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I



Fonte: Da própria autora

No Apêndice E, nas Tabelas 109 e 110, tem-se os resultados referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados os SF, a potência mínima a ser gerada em cada nó; e correntes nas linhas.

Na Tabela 33, tem-se os custos totais, encontrados através do algoritmo de B&B com EBCR.

Tabela 33 - Custo do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	127.507,44
Perdas do sistema	1.647,85
TOTAL	129.155,29

Fonte: Da própria autora

Como a solução obtida não foi idêntica aquela do algoritmo de B&B, através da Equação 27 levando em conta o melhor limite inferior obtido pelo algoritmo de B&B, com a melhor solução inteira obtida na etapa 2, obtém-se um gap de 4,23%, no entanto comparando com a solução obtida pelo algoritmo de B&B podemos afirmar que a solução tem o mesmo gap, no entanto, com o tempo significativamente menor a solução encontrada é de boa qualidade.

Arranjo II

- **Etapa 1:** Para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: `populatelim=10`; `poolgap=0,05`; `mipgap=0,18`; `polintensity=4`; `poolreplace=2` e `mipdisplay=2`. O algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 315 restrições, 297 variáveis contínuas e 99 variáveis binárias. Foram 1.447.466PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 10.289.186 iterações do algoritmo simplex, com gap de 18%. No Apêndice E, na Tabela 111, tem-se a lista resultante para o EBCR, a qual é usada para a simulação da etapa 2.
- **Etapa 2:** Através da lista de EBCR, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 279 restrições, 276 variáveis contínuas e 81 variáveis binárias na etapa 2. Foram 130.174.639 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 721.071.948 iterações do algoritmo simplex, obtendo a solução ótima dentro do EBCR.

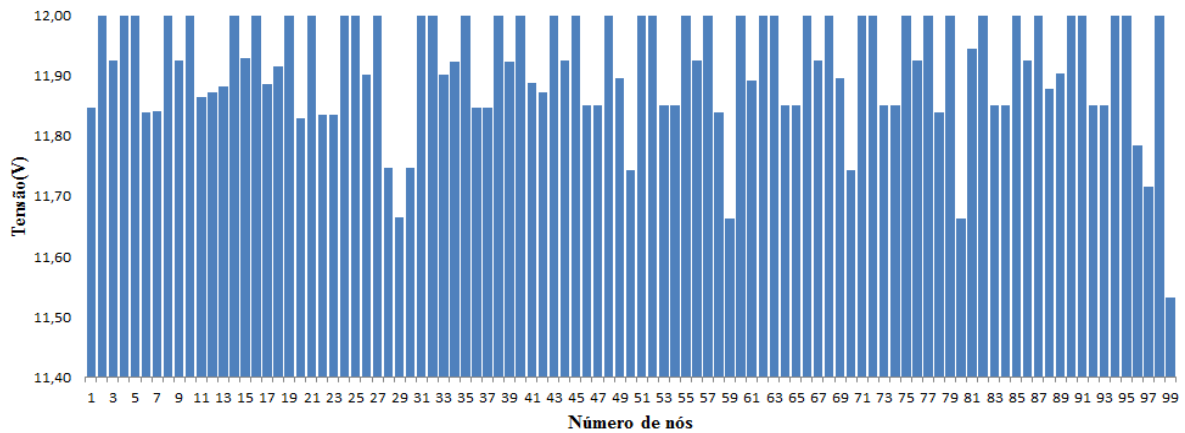
O tempo computacional para as duas etapas de simulação foi de 26.086s, ou seja, comparado com o algoritmo de B&B sem EBCR que foi de 690.316,64s, o tempo computacional diminuiu em 97%, e a solução encontrada foi de melhor qualidade comparada com a solução obtida pelo algoritmo sem EBCR.

Na Figura 49, tem-se a variação da tensão nos nós do sistema teste, onde observa-se que a queda de tensão ficou dentro do permitido, pois o nó 99 obteve a tensão mínima do sistema de 11,53V. Foram 42 SF alocados, aos nós 2, 4, 5, 8, 10, 14, 16, 19, 21, 24, 25, 27, 31, 32, 35, 38, 40, 43, 45, 48, 51, 52, 55, 57, 60, 62, 63, 66, 68, 71, 72, 75, 77, 79, 82, 85, 87, 90, 91, 94, 95 e 98, os quais assumem a tensão nominal de 12V.

No Apêndice E, nas Tabelas 112 e 121, tem-se os resultados referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados os SF, a potência mínima a ser gerada em cada nó; e correntes nas linhas.

Na Tabela 34, tem-se os custos totais, encontrados através do algoritmo de B&B com EBCR.

Figura 49 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II



Fonte: Da própria autora

Tabela 34 - Custo do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	105.006,13
Perdas do sistema	2.384,24
TOTAL	107.390,37

Fonte: Da própria autora

Como a solução obtida não foi idêntica aquela do algoritmo de B&B, através da Equação 27 levando em conta o melhor limite inferior obtido pelo algoritmo de B&B, com a melhor solução inteira obtida na etapa 2, obtem-se um gap de 5,62%, no entanto comparando com a solução obtida pelo algoritmo de B&B podemos afirmar que a solução tem gap melhor, com o tempo significativamente menor a solução encontrada é de boa qualidade.

6.4.2.2 Alternativa 2

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes ao arranjo III e IV do Quadro 4, os arranjos I e II tornaram-se ineficazes.

No Alternativa 2 serão levadas em consideração as mesmas condições apresentadas no Alternativa 2 do item 6.3.2.2, ou seja, serão analisados os casos da Tabela 22.

Arranjo III - Na Tabela 35, encontram-se os resultados do desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos B, C, D, pois os problemas dos casos A, E e F são ineficazes. Nessa simulação os seguintes valores para as diretivas foram usados: $populatelim=10$; $poolgap=0,10$; $mipgap=0,15$; $polintensity=4$; $poolreplace=2$ e $mipdisplay=2$.

Tabela 35 - Desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 2: Arranjo III - Alternativa 2

Caso	Etapa	Nº de restrições	Nº de variáveis contínuas	Nº de variáveis binárias	Nº de PLs resolvidos	Nº de iterações do simplex	Gap (%)	Tempo (s)
A	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Etapa 1	273	263	82	511	2850	14,97	324,23
	Etapa 2	222	216	57	833.413	4.442.085	0	
C	Etapa 1	273	263	82	320	1804	14,92	230,70
	Etapa 2	224	216	57	690.708	3.052.035	0	
D	Etapa 1	273	263	82	89.378	648.426	14,99	4.587,86
	Etapa 2	263	260	76	28.953.250	136.157.205	0	
E	-	-	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Da própria autora

No Apêndice E, na Tabela 122, tem-se a lista resultante para o EBCR, a qual é usada para a simulação da etapa 2.

Na Tabela 36 tem-se os custos totais, os quais são análogos aos encontrados através do algoritmo de B&B sem EBCR.

Tabela 36 - Custos para os casos de restrição de alocação aos nós do sistema 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 2

Caso	Solução	Custo US\$	Queda de tensão (%)
B	Factível	135.011,19	<5%
C	Factível	134.936,49	<5%
D	Factível	135.020,95	<5%

Fonte: Da própria autora

Os resultados referentes a tensão dos nós, potência a ser gerada, nós de alocação dos SF e corrente nas linhas, são análogos ao algoritmo de B&B sem EBCR, portanto os resultados estão no Apêndice C nas Tabelas 100 e 101.

Arranjo IV - Na Tabela 37, encontram-se os resultados do desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos B, C, D, pois os problemas dos casos A, E e F são inactíveis. Nessa simulação os seguintes valores para as diretivas foram usados: `populatelim=10`; `poolgap=0,1`; `mipgap=0,15`; `polintensity=2`; `poolreplace=2` e `mipdisplay=2`.

Tabela 37 - Desempenho do algoritmo de B&B com EBCR para os casos A, B, C, D, E e F do sistema teste 2 : Arranjo IV - Alternativa 2

Caso	Etapa	Nº de restrições	Nº de variáveis contínuas	Nº de variáveis binárias	Nº de PLs resolvidos	Nº de iterações do simplex	Gap (%)	Tempo (s)
A	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Etapa 1	273	263	82	159655	964109	14,99	153.902,29
	Etapa 2	246	243	68	631.856.937	2.147.483.648	0	
C	Etapa 1	274	273	82	167.608	951.956	15	34.549,23
	Etapa 2	240	234	64	178.085.893	816.247.679	0	
D	Etapa 1	273	263	82	162853	937973	14,72	6.510,01
	Etapa 2	224	221	57	35.335.734	154.426.818	0	
E	-	-	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Da própria autora

Na Tabela 38 tem-se os custos totais, os quais são análogos aos encontrados através do algoritmo de B&B sem EBCR.

Tabela 38 - Custos para os casos de restrição de alocação aos nós do sistema 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 2

Caso	Solução	Custo US\$	Queda de tensão (%)
B	Factível	112.771,13	<5%
C	Factível	112.788,04	<5%
D	Factível	112.993,99	<5%

Fonte: Da própria autora

No Apêndice E, nas Tabelas 123 e 124, tem-se os resultados referentes à tensão dos nós, potência a ser gerada, nós de alocação dos SF e corrente nas linhas, para o sistema simulado.

6.4.3 Sistema teste 3 - 297 nós

Para o sistema teste 3, realizaram-se várias simulações para os dois cenários utilizados nos sistemas testes 1 e 2, as quais são descritas a seguir.

6.4.4 Alternativa 1

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes aos arranjos I e II do Quadro 4, os resultados dos arranjos III e IV do Quadro 4 encontram-se no Apêndice F.

Para o Alternativa 1, considerando o sistema teste 3 de 297 nós, o algoritmo de B&B com EBCR resolveu o modelo matemático do PQIM em duas etapas. Sendo que, na primeira etapa determina-se a lista de soluções para determinar o EBCR e a segunda etapa para encontrar a solução ótima a partir do EBCR.

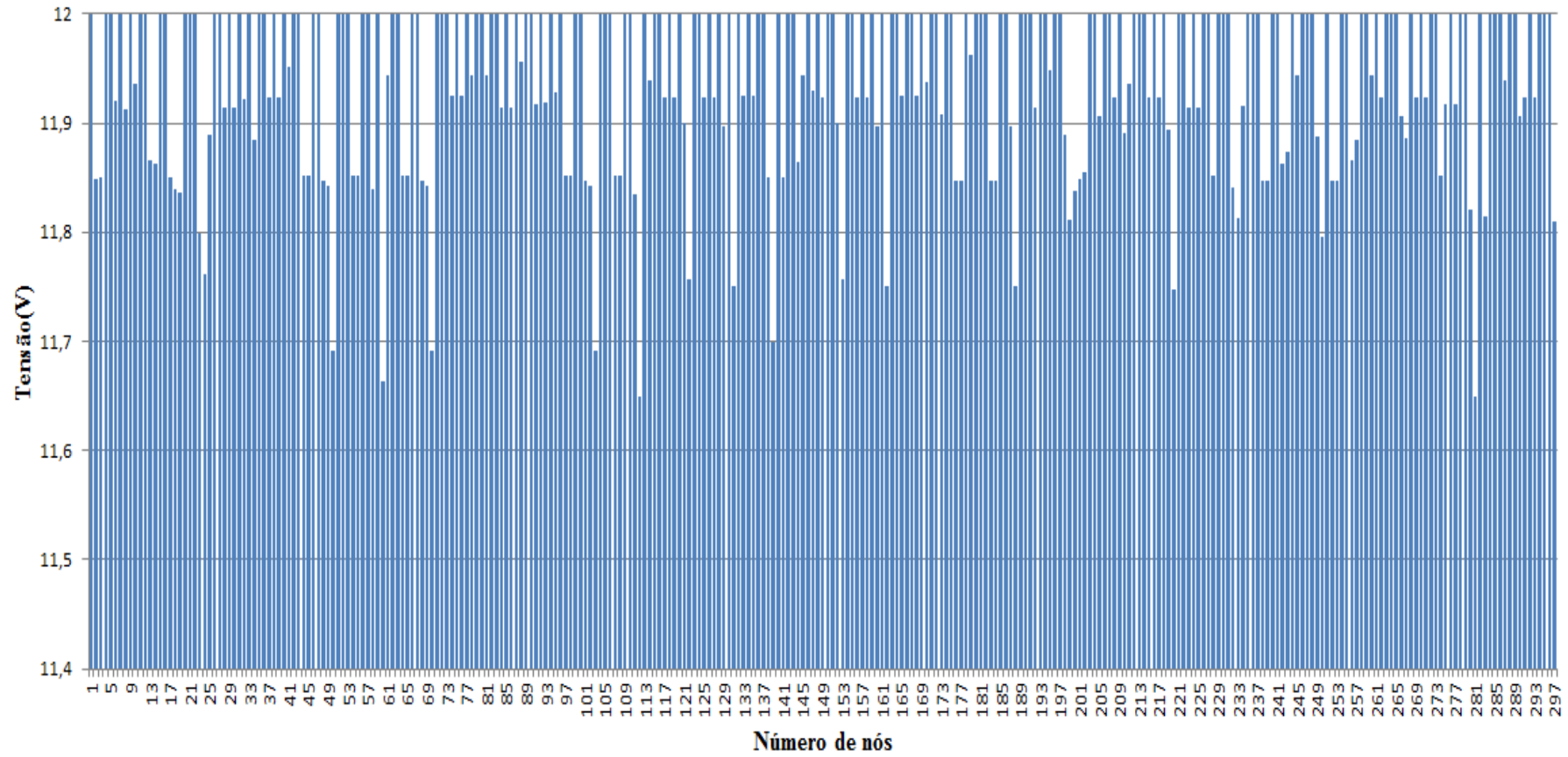
Arranjo I

- **Etapa 1:** Para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: `populatelim=10`; `poolgap=0,1`; `mipgap=0,20`; `polintensity=4`; `poolreplace=2` e `mipdisplay=2`. O algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 970 restrições, 891 variáveis contínuas e 297 variáveis binárias. Foram 11.620 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 92.235 iterações do algoritmo simplex, para um gap de 20%, conforme determinado na diretiva.
- **Etapa 2:** Através da lista de EBCR, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 868 restrições, 856 variáveis contínuas e 246 variáveis binárias na etapa 2. Foram 862.269.145 PLs resolvidos na árvore de B&B, obtendo a solução com gap de 4,34% dentro do EBCR.

O tempo computacional para as duas etapas de simulação foi de 309.782,42s.

Na Figura 50, tem-se a variação da tensão nos nós do sistema teste, onde observa-se que a queda de tensão ficou dentro do permitido, o nó 59 obteve a tensão mínima do sistema de 11,55V. Foram 159 SF alocados, aos nós 1, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 15, 16, 20, 21, 22, 26, 27, 29, 31, 33, 35, 36, 38, 40, 42, 43, 46, 47, 51, 52, 53, 56, 57, 59, 62, 63, 66, 67, 71, 72, 73, 75, 77, 79, 80, 82, 83, 85, 87, 89, 90, 92, 94, 96, 99, 100, 104, 105, 106, 109, 110, 113, 115, 116, 118, 120, 123, 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 137, 140, 142, 143, 146, 148, 150, 151, 154, 155, 157, 159, 161, 163, 164, 166, 167, 169, 171, 172, 174, 175, 178, 180, 181, 182, 185, 186, 189, 190, 191, 193, 194, 196, 197, 203, 204, 206, 207, 209, 212, 213, 214, 216, 218, 221, 222, 224, 226, 227, 229, 230, 232, 235, 236, 237, 240, 241, 244, 246, 247, 248, 251, 254, 255, 258, 259, 261, 263, 264, 265, 268, 270, 272, 273, 276, 278, 279, 282, 284, 285, 286, 288, 289, 292, 294, 295 e 296, os quais assumem a tensão nominal de 12V.

Figura 50 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I



Fonte: Da própria autora

No Apêndice F, nas Tabelas 125 e 126, tem-se os resultados referentes a tensão dos nós, nós onde foram alocados os SF, a potência mínima a ser gerada em cada nó; correntes nas linhas.

Na Tabela 39, tem-se os custos totais, encontrados através do algoritmo de B&B com EBCR.

Tabela 39 - Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	397.523,21
Perdas do sistema	4.888,94
TOTAL	402.412,15

Fonte: Da própria autora

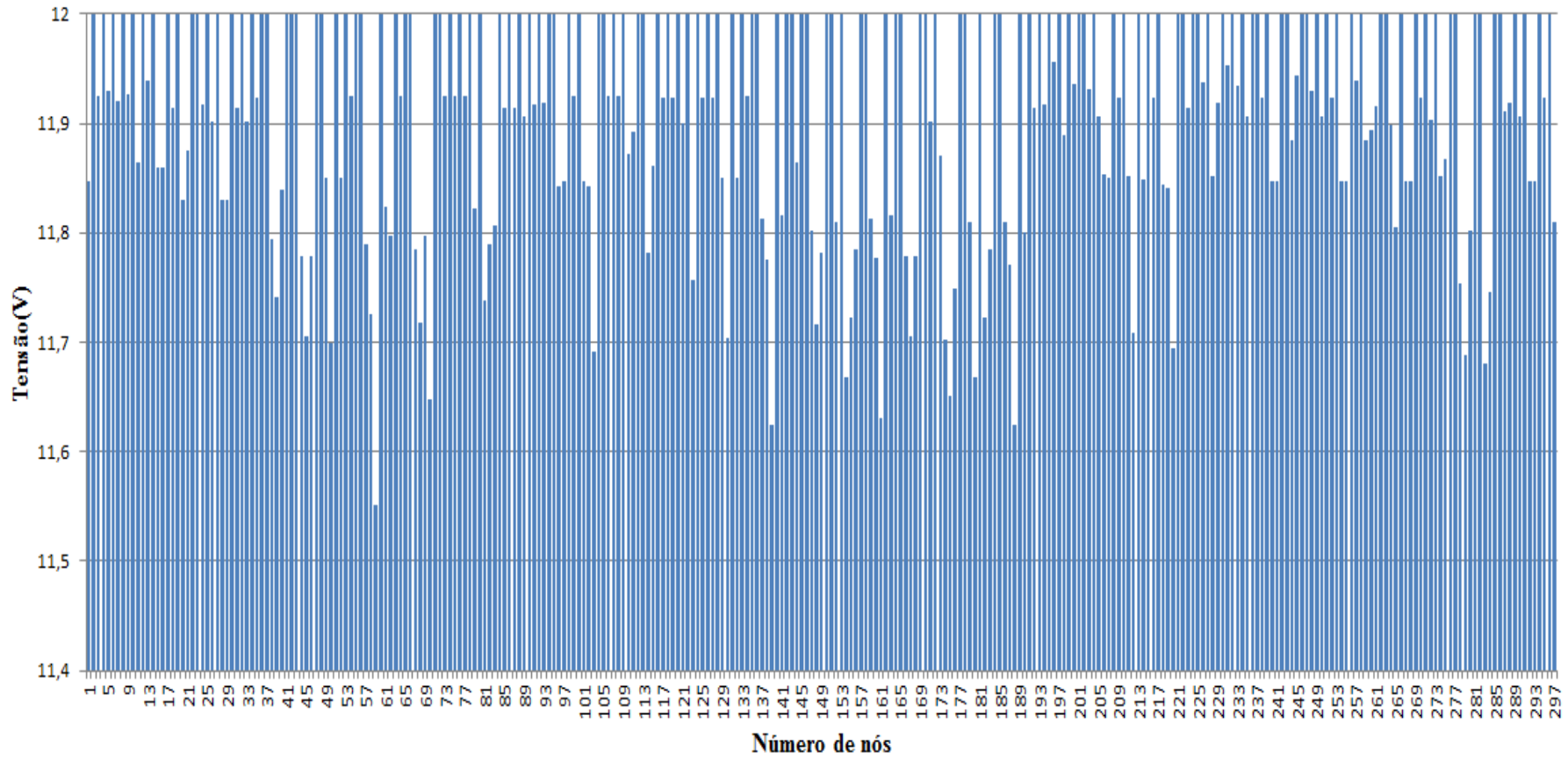
Arranjo II

- **Etapa 1:** Para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: `populatelim=10`; `poolgap=0,1`; `mipgap=0,20`; `polintensity=4`; `poolreplace=2` e `mipdisplay=2`. O algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 970 restrições, 891 variáveis contínuas e 297 variáveis binárias. Foram 11.620 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 92.235 iterações do algoritmo simplex, para um gap de 20%, conforme determinado na diretiva.
- **Etapa 2:** Através da lista de EBCR, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 743 restrições, 712 variáveis contínuas e 185 variáveis binárias na etapa 2. Foram 987.539.245 PLs resolvidos na árvore de B&B, obtendo a solução ótima dentro do EBCR.

O tempo computacional para as duas etapas de simulação foi de 316.054s.

Na Figura 51, tem-se a variação da tensão nos nós do sistema teste, onde se observa que a queda de tensão ficou dentro do permitido, o nó 59 obteve a tensão mínima do sistema de 11,55V. Foram 134 SF alocados, aos nós 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 17, 19, 22, 23, 25, 27, 30, 32, 34, 36, 37,41, 42, 43, 47, 48, 51, 53, 55, 56, 60, 63, 65, 66, 71, 72, 74, 76, 78, 80, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 95, 98, 100, 104, 105, 107, 109, 112, 113, 116, 117, 120, 122, 124, 126, 128, 131, 133, 135, 136, 140, 142, 143, 145, 146, 150, 151, 153, 157, 158, 162, 164, 165, 169, 170, 172, 177, 178, 181, 184, 185, 189, 191, 193, 195, 197, 199, 201, 202, 204, 208, 210, 213, 215, 217, 221, 222, 224, 225, 227, 230, 232, 234, 236, 237, 239, 242, 243, 246, 247, 249, 251, 253, 256, 258, 262, 263, 266, 269, 271, 273, 276, 277, 281, 282, 285, 286, 289, 291, 294 e 296, os quais assumem a tensão nominal de 12V.

Figura 51 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II



Fonte: Da própria autora

No Apêndice F, nas Tabelas 127 e 128, tem-se os resultados referentes a tensão dos nós, nós onde foram alocados os SF, a potência mínima a ser gerada em cada nó; e correntes nas linhas.

Na Tabela 40, tem-se os custos totais, encontrados através do algoritmo de B&B com EBCR.

Tabela 40 - Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	335.019,55
Perdas do sistema	7.172,67
TOTAL	342.192,22

Fonte: Da própria autora

6.4.4.1 Alternativa 2

Para o Alternativa 2, onde se considera a restrição de alocação nos nós adjacentes a área verde, pois a geração em SF depende da radiação solar, diante disso nesse sistema teste 3, conforme a Figura 35, os nós em questão são 9, 10, 11, 19, 20, 26, 41, 42, 59, 60, 61, 62, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 112, 113, 114, 115, 145, 146, 172, 173, 199, 200, 201, 202 e 203. No entanto, a restrição de todos esses nós causa a infactibilidade para o problema com as condições iniciais indicadas. Então, apresentam-se um teste feito permitindo a alocação nos nós 9, 83, 86 e 93, para que as restrições do problema não fossem violadas, isso implica em alguma medida, por exemplo, elevar o poste para fixação do painel fotovoltaico.

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes aos arranjos III e IV do Quadro 4, onde para os arranjos I e II do Quadro 4 o problema tornou-se infactível.

Arranjo III

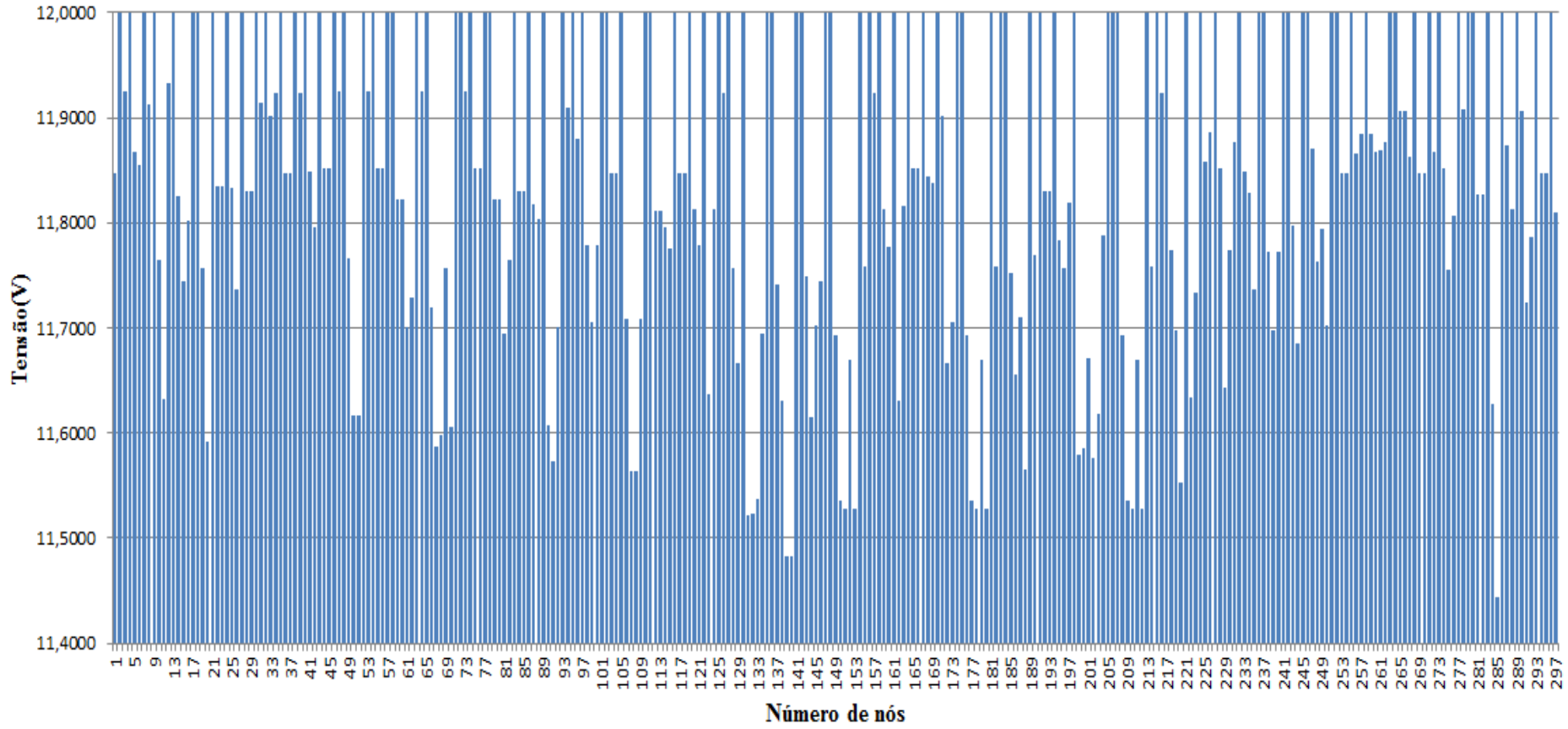
- **Etapa 1:** Nessa etapa é construída a lista para o EBCR, sendo que, para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: `populatelim=10`; `poolgap=0,1`; `mipgap=0,18`; `polintensity=4`; `poolreplace=2` e `mipdisplay=2`. O desempenho do algoritmo de B&B com EBCR, para esse cenário, o qual o problema PQIM possui 877 restrições, 821 variáveis contínuas e 262 variáveis binárias. Foram 418.026 PLs resolvidos na árvore de B&B, para um gap de 18%, conforme determinado na diretiva.
- **Etapa 2:** Através da lista de EBCR, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 739 restrições, 713 variáveis contínuas e 191 variáveis binárias na etapa 2. Foram 1.357.645.392 PLs resolvidos na árvore de B&B, obtendo uma solução de boa qualidade dentro do EBCR, com Gap de 3,98%.

O tempo computacional para as duas etapas de simulação foi de 267.849,41s.

Na Figura 52, tem-se a variação da tensão nos nós do sistema teste, onde observa-se que a queda de tensão ficou dentro do permitido, o nó 285 obteve a tensão mínima do sistema de 11,44V. Foram 101 SF

alocados, aos nós 2, 4, 7, 9, 13, 17, 18, 21, 24, 27, 30, 32, 35, 38, 40, 43, 46, 48, 52, 54, 57, 58, 63, 65, 71, 72, 74, 77, 78, 83, 86, 89, 93, 95, 97, 101, 102, 105, 110, 111, 116, 119, 122, 125, 127, 130, 135, 136, 141, 142, 147, 148, 154, 156, 158, 161, 164, 167, 170, 174, 175, 181, 183, 184, 189, 191, 194, 198, 205, 206, 207, 213, 215, 217, 221, 224, 227, 232, 236, 237, 241, 242, 245, 246, 251, 252, 255, 258, 263, 264, 268, 271, 273, 277, 279, 280, 283, 286, 289, 293 e 296, os quais assumem a tensão nominal de 12V.

Figura 52 - Variação da tensão nos nós do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo III



Fonte: Da própria autora

No Apêndice F, nas Tabelas 135 e 136, tem-se os resultados referentes a tensão dos nós, nós onde foram alocados os SF, a potência mínima a ser gerada em cada nó; e correntes nas linhas.

Na Tabela 41, tem-se os custos totais, encontrados através do algoritmo de B&B com EBCR.

Tabela 41 - Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo III

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	378.772,04
Perdas do sistema	12.701,95
TOTAL	391.473,99

Fonte: Da própria autora

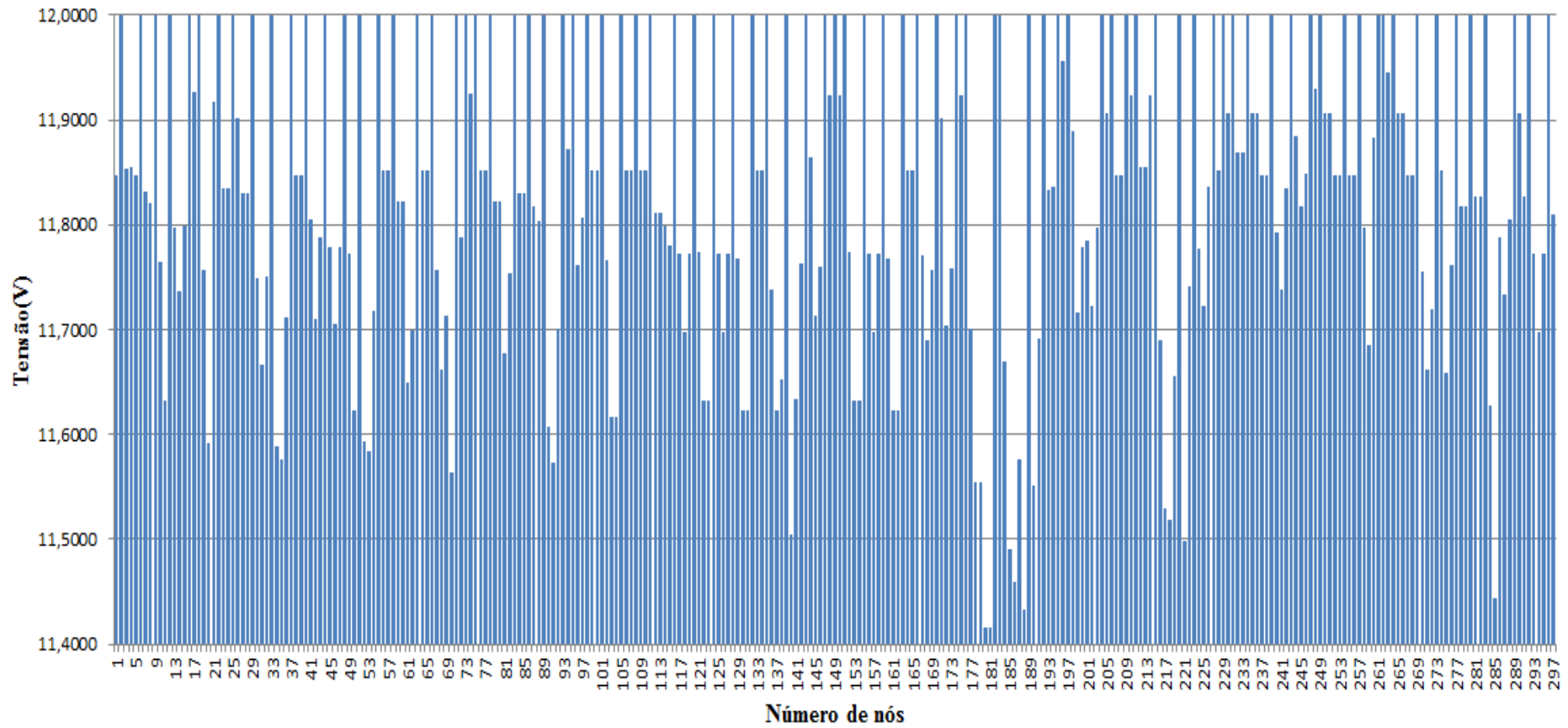
Arranjo IV

- **Etapa 1:** Nessa etapa é construída a lista para o EBCR, sendo que, para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: `populatelim=10`; `poolgap=0,1`; `mipgap=0,19`; `polintensity=4`; `poolreplace=2` e `mipdisplay=2`. O desempenho do algoritmo de B&B com EBCR, para esse cenário, o qual o problema PQIM possui 877 restrições, 821 variáveis contínuas e 262 variáveis binárias. Foram 26.936.478 PLs resolvidos na árvore de B&B, para um gap de 19%, conforme determinado na diretiva.
- **Etapa 2:** Através da lista de EBCR, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 739 restrições, 715 variáveis contínuas e 190 variáveis binárias na etapa 2. Foram 808.893.555 PLs resolvidos na árvore de B&B, obtendo uma solução de boa qualidade dentro do EBCR, com Gap de 4,78%.

O tempo computacional para as duas etapas de simulação foi de 126.971,84s.

Na Figura 53, tem-se a variação da tensão nos nós do sistema teste, onde observa-se que a queda de tensão ficou dentro do permitido, os nós 180 e 181, obtiveram a tensão mínima do sistema de 11,41V. Foram 85 SF alocados, aos nós 2, 6, 9, 12, 16, 18, 22, 25, 29, 33, 37, 40, 44, 48, 51, 55, 58, 63, 66, 71, 73, 75, 78, 83, 86, 89, 93, 95, 98, 101, 105, 108, 111, 116, 120, 124, 128, 132, 135, 139, 143, 147, 149, 151, 155, 159, 163, 166, 170, 174, 176, 182, 183, 189, 192, 195, 197, 204, 206, 209, 211, 215, 220, 223, 227, 229, 231, 234, 239, 243, 247, 249, 254, 257, 261, 262, 264, 269, 273, 277, 280, 283, 289, 292 e 296, os quais assumem a tensão nominal de 12V.

Figura 53 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo IV



Fonte: Da própria autora

No Apêndice F, nas Tabelas 137 e 138, tem-se os resultados referentes a tensão dos nós, nós onde foram alocados os SF, a potência mínima a ser gerada em cada nó; e correntes nas linhas.

Na Tabela 42, tem-se os custos totais, encontrados através do algoritmo de B&B com EBCR.

Tabela 42 - Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo IV

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	318.768,61
Perdas do sistema	13.595,52
TOTAL	332.364,13

Fonte: Da própria autora

6.5 ALOCAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ATRAVÉS DO ALGORITMO GENÉTICO CHU-BEASLEY

As simulações de alocação dos sistemas fotovoltaicos utilizando o algoritmo genético Chu-Beasley foram feitas com a implementação computacional do algoritmo em MATLAB (MATrix LABoratory) .

6.5.1 Sistema teste 1 - 20 nós

Na Tabela 43, apresentam-se os parâmetros de controle do algoritmo utilizados, os quais foram determinados empiricamente.

Tabela 43 - Parâmetros de controle do algoritmo genético Chu-Beasley

Tamanho da população inicial	Número máximo de gerações NG	Taxa de recombinação ρ_r	Taxa de mutação ρ_m
50	[100, 200]	1	0.3

Fonte: Da própria autora

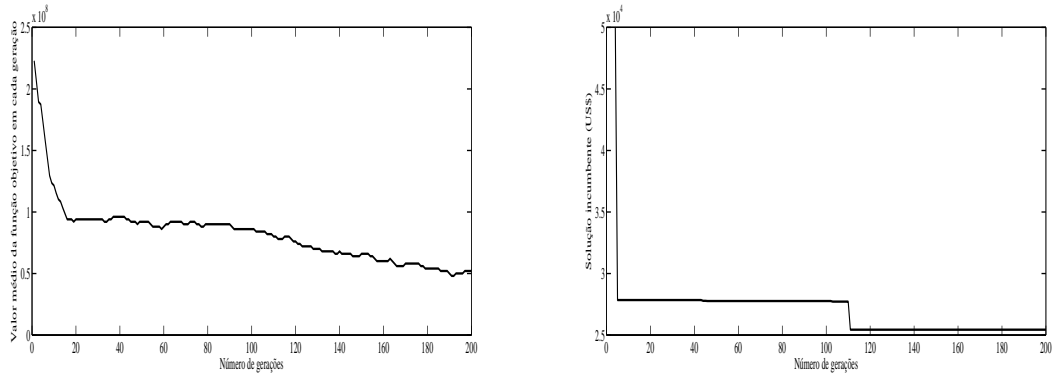
6.5.1.1 Alternativa 1

Para esse cenário, apresentam-se os resultados obtidos para os arranjos I e II, do Quadro 4.

Arranjo I - Os resultados referentes aos dados de tensão no nós, nós com alocação de fonte renovável de energia e potência mínima a ser gerada em cada nó, correntes nas linhas e custos do sistema, são análogos aos obtidos pelos métodos de B&B e B&B com EBCR, os quais encontram-se no Apêndice B, nas Tabelas 76, 77 e 9 respectivamente. O tempo computacional foi de 3,68s.

Na esquerda da Figura 54 tem-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente. Na direita da Figura 54, apresentam-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações, a qual encontra a melhor incumbente, após 100 gerações.

Figura 54 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo I; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo I.

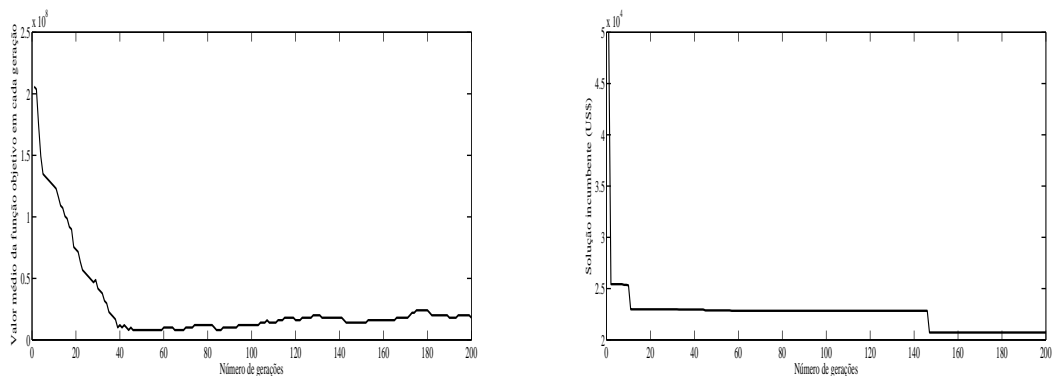


Fonte: Da própria autora

Arranjo II - Os resultados referentes aos dados de tensão no nós, nós com alocação de fonte renovável de energia e potência mínima a ser gerada em cada nó, correntes nas linhas e custos do sistema, são análogos aos obtidos pelos métodos de B&B e B&B com EBCR, os quais encontram-se no Apêndice B, nas Tabelas 78, 79 e 12 respectivamente. O tempo computacional foi de 4,03s.

Na esquerda da Figura 55 tem-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente. Na direita da Figura ??, apresentam-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações, onde a melhor incumbente é obtida após 140 gerações.

Figura 55 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo II; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo II.



Fonte: Da própria autora

O desempenho do algoritmo para os arranjos III e IV são apresentados no Apêndice G. As soluções encontradas foram análogas as obtidas pelos algoritmo de *Branch and Bound*.

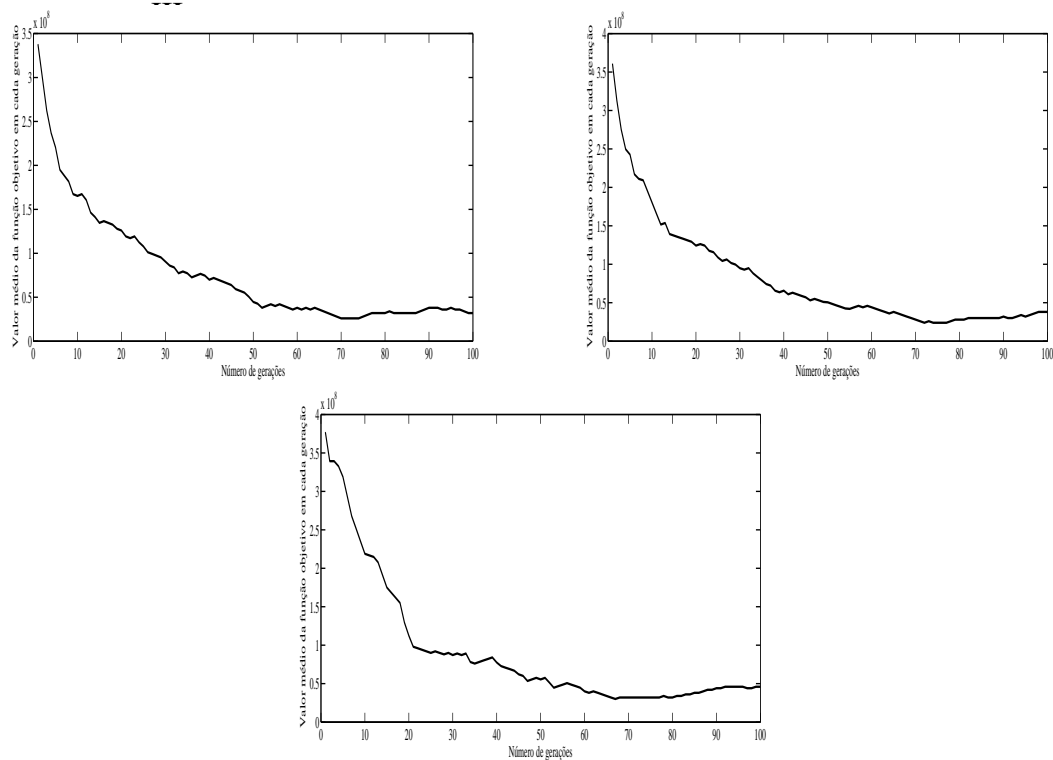
6.5.1.2 Alternativa 2

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes aos arranjos III e IV do Quadro 4, onde para os arranjos I e II do Quadro 4 o problema tornou-se infactível. Nessa alternativa o número máximo de gerações foi de 100, pois após diversas simulações observou-se que foi suficiente para encontrar a solução ótima, obtida pelos outros métodos.

Arranjo III - Os resultados referentes aos dados de tensão dos nós, nós com alocação de fonte renovável de energia e potência mínima a ser gerada em cada nó, correntes nas linhas e custos do sistema, são análogos aos obtidos pelos métodos de B&B e B&B com EBCR, os quais encontram-se no Apêndice B, nas Tabelas 86, 87 e 15 respectivamente.

Na Figura 56, apresentam-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente, para os Casos B, C e D da Tabela 13, respectivamente. O tempo computacional foi de 1,42s, 1,33s e 1,35s, respectivamente para os Casos B, C e D.

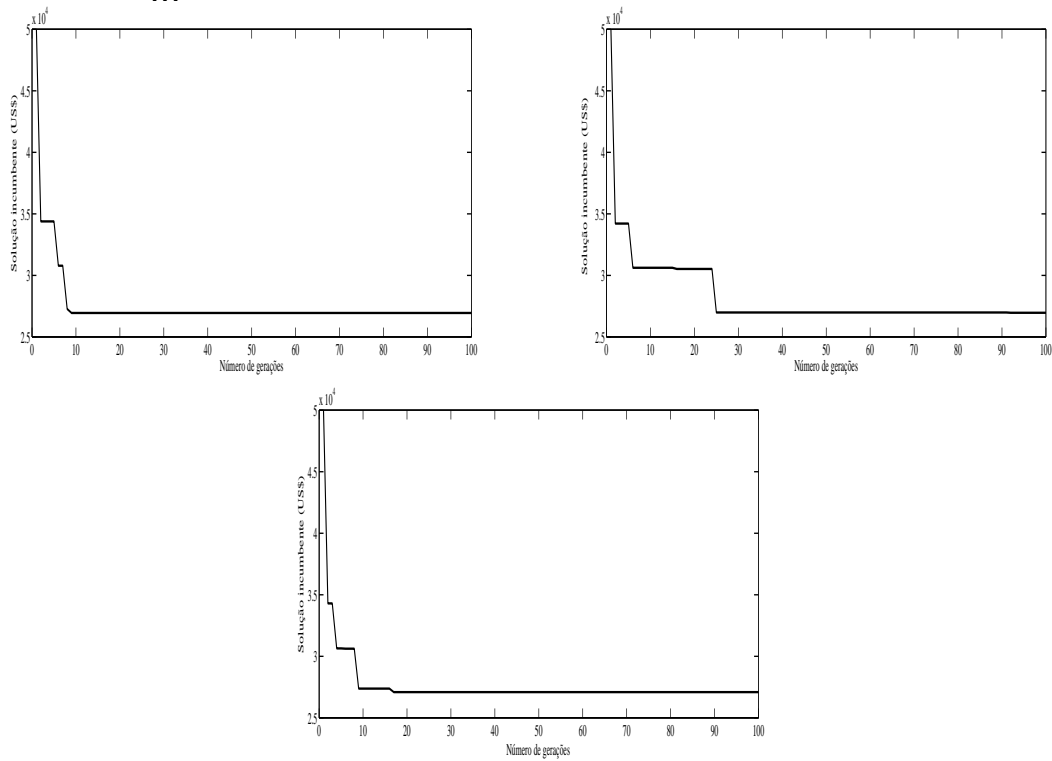
Figura 56 - A esquerda: Valores médios da função objetivo para o Caso B; a direita: valores médios da função objetivo para o Caso C e abaixo: valores médios da função objetivo para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo



Fonte: Da própria autora

Na Figura 57, apresentam-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações, para os Casos B, C e D da Tabela 13, respectivamente, onde observa-se que a melhor incumbente é obtida em até 25 gerações.

Figura 57 - A esquerda: Solução incumbente durante o NG para o Caso B; a direita: solução incumbente durante o NG para o Caso C e abaixo: solução incumbente durante o NG para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo



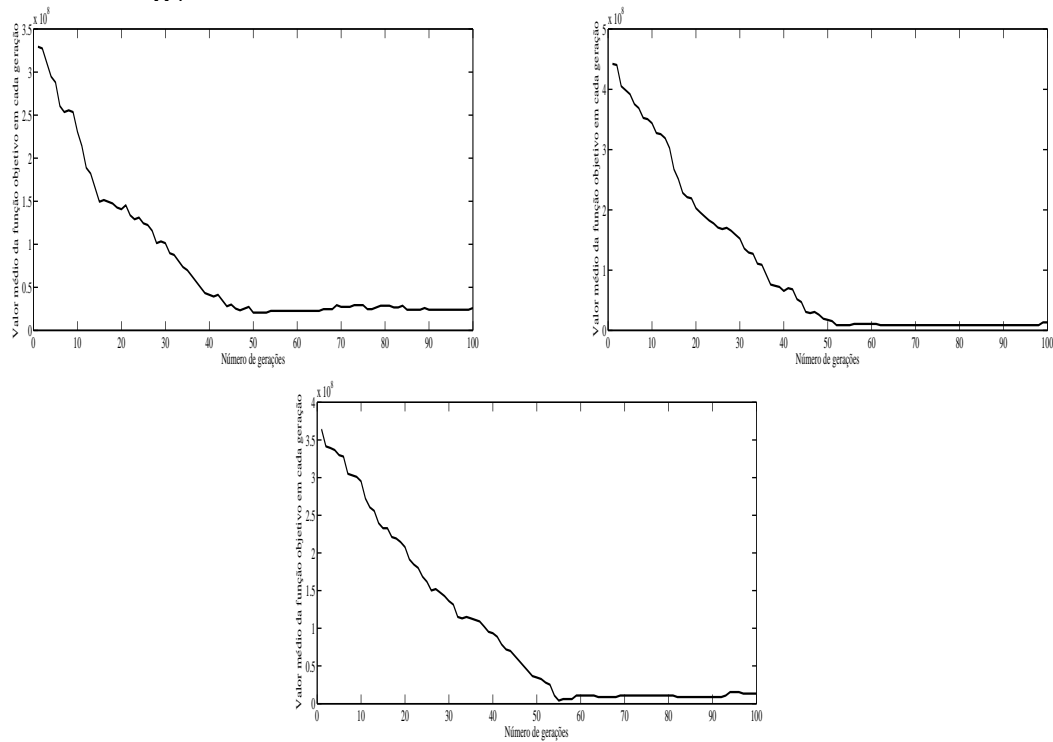
Fonte: Da própria autora

Arranjo IV - Os resultados são análogos aos obtidos pelos métodos de B&B e B&B com EBCR, os quais encontram-se nas Tabelas 89, 88 e 17 respectivamente.

Na Figura 58, apresentam-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente, para os Casos B, C e D da Tabela 13, respectivamente.

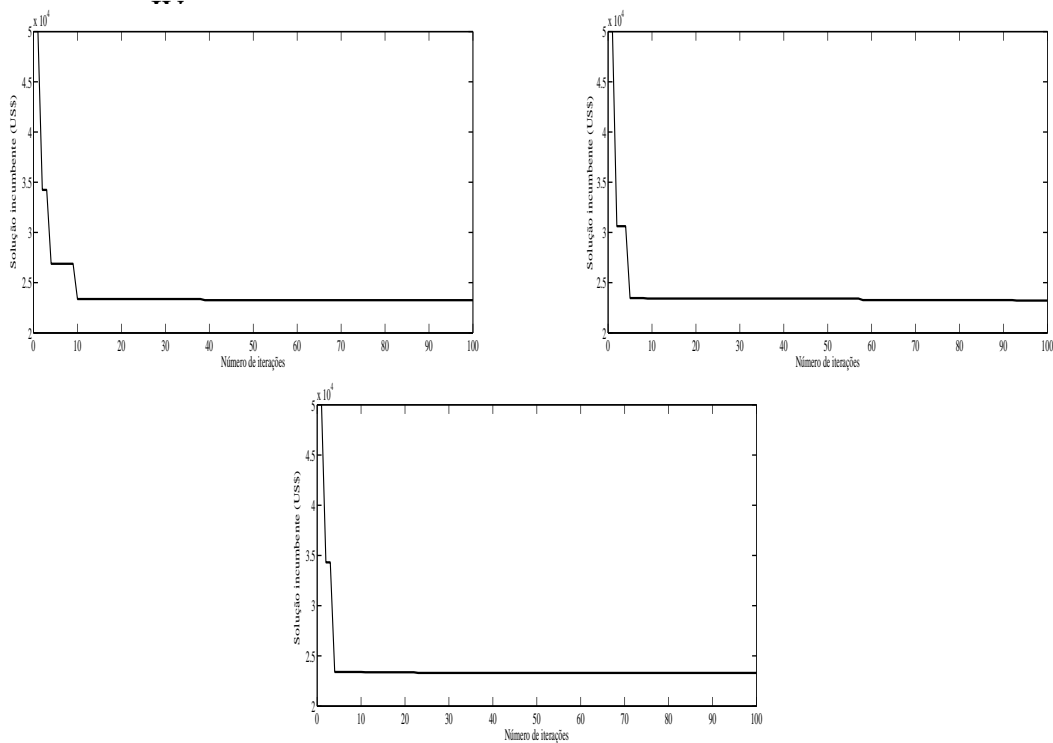
Na Figura 59, apresentam-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações, para os Casos B, C e D da Tabela 13, respectivamente.

Figura 58 - A esquerda: Valores médios da função objetivo para o Caso B; a direita: valores médios da função objetivo para o Caso C e abaixo: valores médios da função objetivo para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo



Fonte: Da própria autora

Figura 59 - A esquerda: Solução incumbente durante o NG para o Caso B; a direita: solução incumbente durante o NG para o Caso C e abaixo: solução incumbente durante o NG para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo



Fonte: Da própria autora

6.5.2 Sistema teste 2 - 99 nós

Na Tabela 44, apresentam-se os parâmetros de controle do algoritmo utilizados, os quais foram determinados empiricamente.

Tabela 44 - Parâmetros de controle do algoritmo genético Chu-Beasley usados para o sistema teste 2

Tamanho da população inicial	Número máximo de gerações NG	Taxa de recombinação ρ_r	Taxa de mutação ρ_m
100	2000	1	0.3

Fonte: Da própria autora

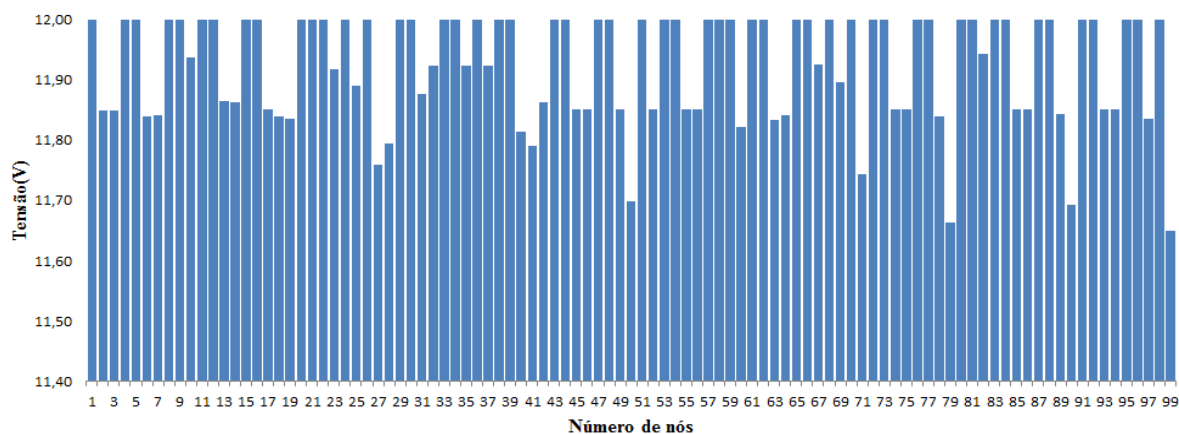
6.5.2.1 Alternativa 1

Para esse cenário, apresentam-se os resultados obtidos para os arranjos I e II, do Quadro 4.

Arranjo I - Para o Arranjo I, considerando o Alternativa 1, foram alocados 52 SF, sendo que o nó 39, demanda maior geração totalizando 66,18 W, o que corresponde a 5,51Ah de corrente, ou seja, está garantida as condições impostas pela simulação referente a autonomia de 2 dias e tempo de carregamento máximo das baterias de 3 dias.

Na Figura 60, tem-se o gráfico das tensões em cada nó do sistema simulado, onde percebe-se que a simulação atendeu aos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 1, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 15, 16, 20, 21, 22, 24, 26, 29, 30, 33, 34, 36, 38, 39, 43, 44, 47, 48, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 61, 62, 65, 66, 68, 70, 72, 73, 76, 77, 80, 81, 83, 84, 87, 88, 91, 92, 95, 96 e 98, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, o nó 99 obteve a tensão mínima 11,64V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 2,9% da tensão nominal.

Figura 60 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do algoritmo Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I

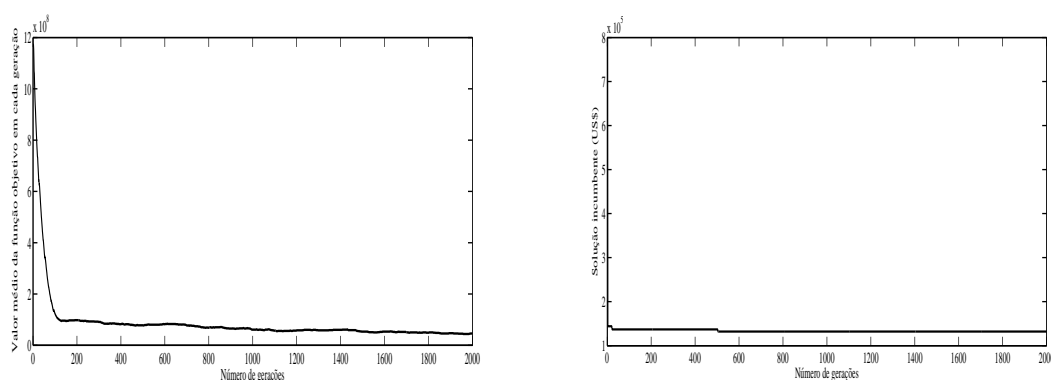


Fonte: Da própria autora

Os resultados referentes aos dados de tensão dos nós, nós com alocação de fonte renovável de energia e potência mínima a ser gerada em cada nó, correntes nas linhas, encontram-se no Apêndice H, nas Tabelas 139 e 140, respectivamente. O tempo computacional foi de 419,80s.

Na esquerda da Figura 61 tem-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente. Na direita da Figura 61, apresentam-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações.

Figura 61 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo I; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo I.



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 45, tem-se o custo total do sistema, considerando investimentos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 45 - Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	130.007,59
Perdas do sistema	2054,70
TOTAL	132.062,29

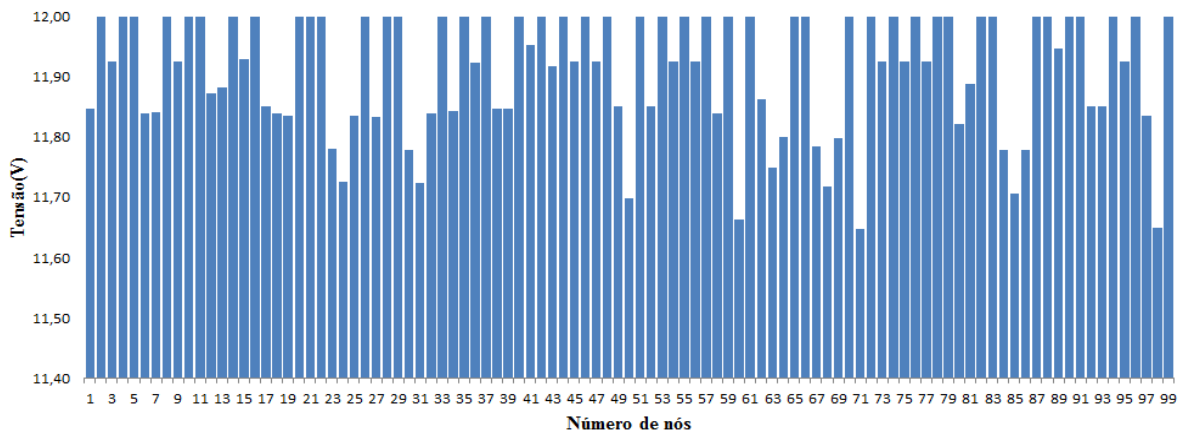
Fonte: Da própria autora

Arranjo II - Para o Arranjo II, foram alocados 45 SF, sendo que o nó 72, demanda maior geração totalizando 80,20 W, o que corresponde a 6,68Ah de corrente, ou seja, está garantida as condições impostas pela simulação referente a autonomia de 2 dias e tempo de carregamento máximo das baterias de 3 dias.

Na Figura 62, tem-se o gráfico das tensões em cada nó do sistema simulado, onde percebe-se que a simulação atendeu aos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 2, 4, 5, 8, 10, 11, 14, 16, 20, 21, 22, 26, 28, 29, 33, 35, 37, 40, 42, 44, 46, 48, 51, 53, 55, 57, 59, 61, 65, 66, 70, 72, 74, 76, 78, 79,

82, 83, 87, 88, 90, 91, 94, 96 e 99, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, o nó 71 obteve a tensão mínima 11,64V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 2,9% da tensão nominal.

Figura 62 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do algoritmo Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I

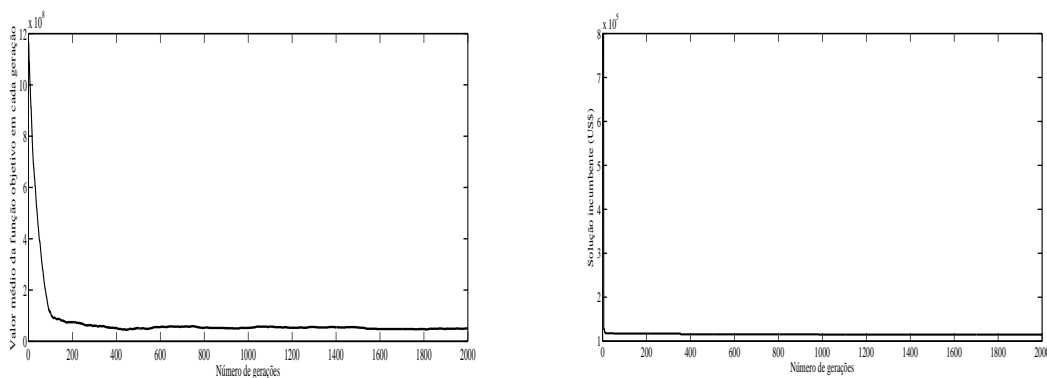


Fonte: Da própria autora

Os resultados referentes aos dados de tensão dos nós, nós com alocação de fonte renovável de energia e potência mínima a ser gerada em cada nó e correntes nas linhas, encontram-se no Apêndice H, nas Tabelas 141 e 142, respectivamente. O tempo computacional foi de 298,83s.

Na esquerda da Figura ?? tem-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente. Na direita da Figura ??, apresentam-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações.

Figura 63 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo II; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo II.



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 46, tem-se o custo total do sistema, considerando investimentos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 46 - Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	112.506,57
Perdas do sistema	2.399,37
TOTAL	114.905,94

Fonte: Da própria autora

Os resultados e desempenho do algoritmo para os arranjos III e IV são apresentados no Apêndice H.

6.5.2.2 Alternativa 2

Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes aos arranjos III e IV do Quadro 4, onde para os arranjos I e II do Quadro 4 o problema tornou-se infactível.

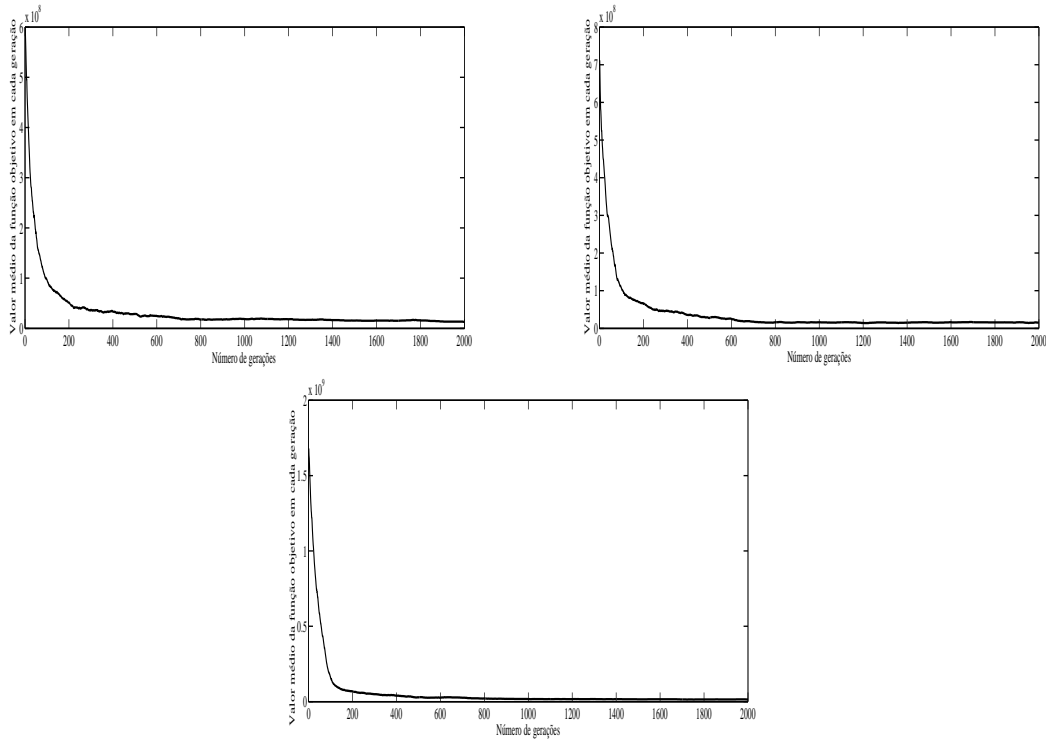
Arranjo III - Para o Arranjo III a variação da tensão dos nós do sistema teste 2, através do algoritmo Chu-Beasley atendeu a restrição de limite de tensão de queda máxima até 5%. Para o caso B, o nó com maior demanda de potência a ser gerada foi o 9, onde deve ser gerado no mínimo 101,85 W, o que corresponde 8,48Ah de corrente, para o caso C foi o nó 64, devendo ser gerado 101,32W o que corresponde a 8,44Ah, e para o caso D, o nó 52, devendo ser gerado 101,53W o que corresponde a 8,46Ah. Os três casos, atendem o limite de alocação de corrente que para esse arranjo é de 8,5Ah. Para o caso B, a tensão mínima foi de 11,56V nos nós 93 e 94; para o caso C, a tensão mínima foi de 11,51V no nó 51; e para o caso D, a tensão mínima foi de 11,45V no nó 45. No total foram 39 SF alocados no sistema para os casos simulados do Alternativa 2.

Os resultados referentes aos dados de tensão dos nós, nós com alocação de fonte renovável de energia e potência mínima a ser gerada em cada nó, e correntes nas linhas, encontram-se no Apêndice H, nas Tabelas 149 e 150, respectivamente.

Na Figura 64, apresentam-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente, para os Casos B, C e D da Tabela 22, respectivamente. O tempo computacional para realizar as simulações foram de 1,42s; 1,33s e 1,35s para os casos B, C e D.

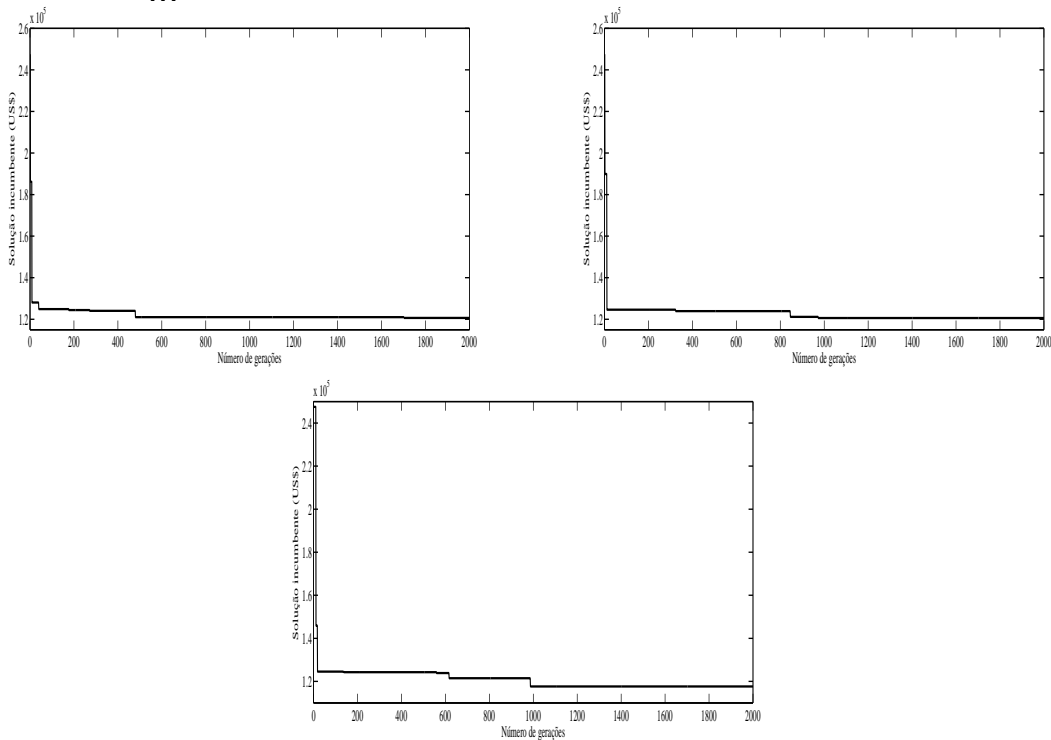
Na Figura 65, apresentam-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações, para os Casos B, C e D da Tabela 22, respectivamente.

Figura 64 - A esquerda: Valores médios da função objetivo para o Caso B; a direita: valores médios da função objetivo para o Caso C e abaixo: valores médios da função objetivo para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo



Fonte: Da própria autora

Figura 65 - A esquerda: Solução incumbente durante o NG para o Caso B; a direita: solução incumbente durante o NG para o Caso C e abaixo: solução incumbente durante o NG para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 47, tem-se o custo total do sistema, considerando investimentos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 47 - Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III

Caso	Solução	Custo US\$	Queda de tensão (%)
A	Infactível	-	>5%
B	Factível	149.653,69	<5%
C	Factível	150.102,97	<5%
D	Factível	150.123,05	<5%
E	Infactível	-	>5%
F	Infactível	-	>5%

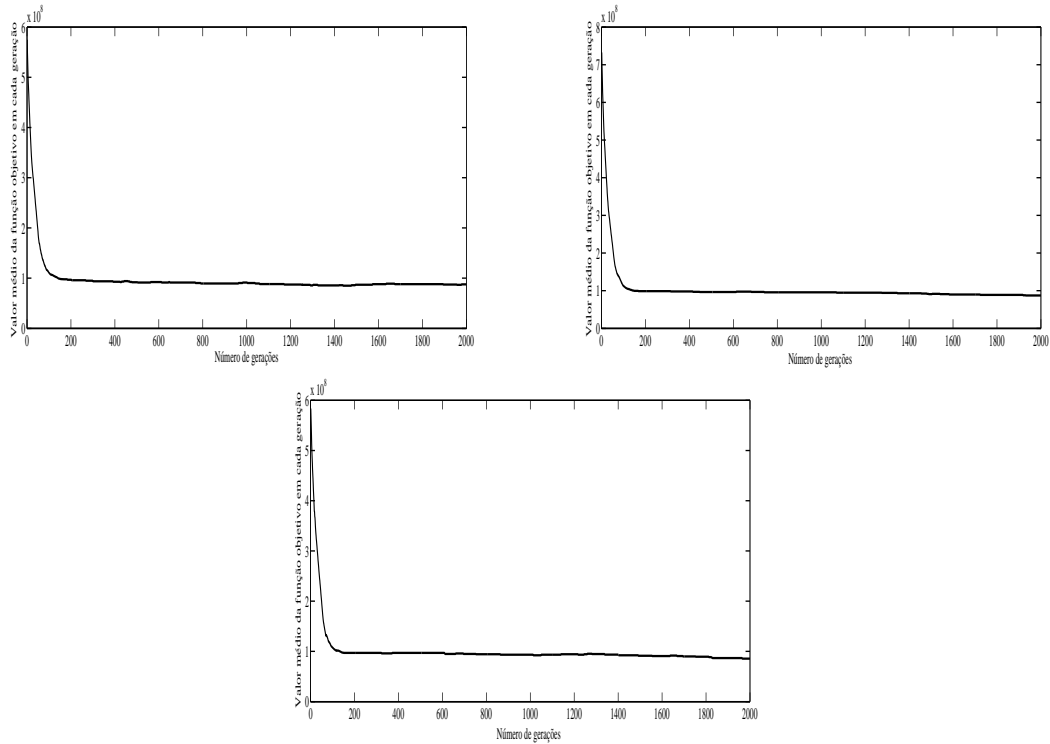
Fonte: Da própria autora

Arranjo IV - Para o Arranjo IV a variação da tensão dos nós do sistema teste 2, através do algoritmo Chu-Beasley atendeu a restrição de limite de tensão de queda máxima até 5%. Para o caso B, o nó com maior demanda de potência a ser gerada foi o 48, onde deve ser gerado no mínimo 119,49 W, o que corresponde 9,95Ah de corrente, para o caso C foi o nó 97, devendo ser gerado 118,68W o que corresponde a 9,89Ah, e para o caso D, o nó 40, devendo ser gerado 119,18W o que corresponde a 9,93Ah. Os três casos, atendem o limite de alocação de corrente que para esse arranjo é de 10Ah. Para o caso B, a tensão mínima foi de 11,43V no nó 70; para o caso C, a tensão mínima foi de 11,50V nos nós 70 e 71; e para o caso D, a tensão mínima foi de 11,41V no nó 26. No total foram 30 SF alocados no sistema para o caso B, e 31 SF alocados no sistema para os casos C e D.

Os resultados referentes aos dados de tensão dos nós, nós com alocação de fonte renovável de energia, potência mínima a ser gerada em cada nó, e correntes nas linhas, encontram-se no Apêndice H, nas Tabelas 151 e 152 respectivamente.

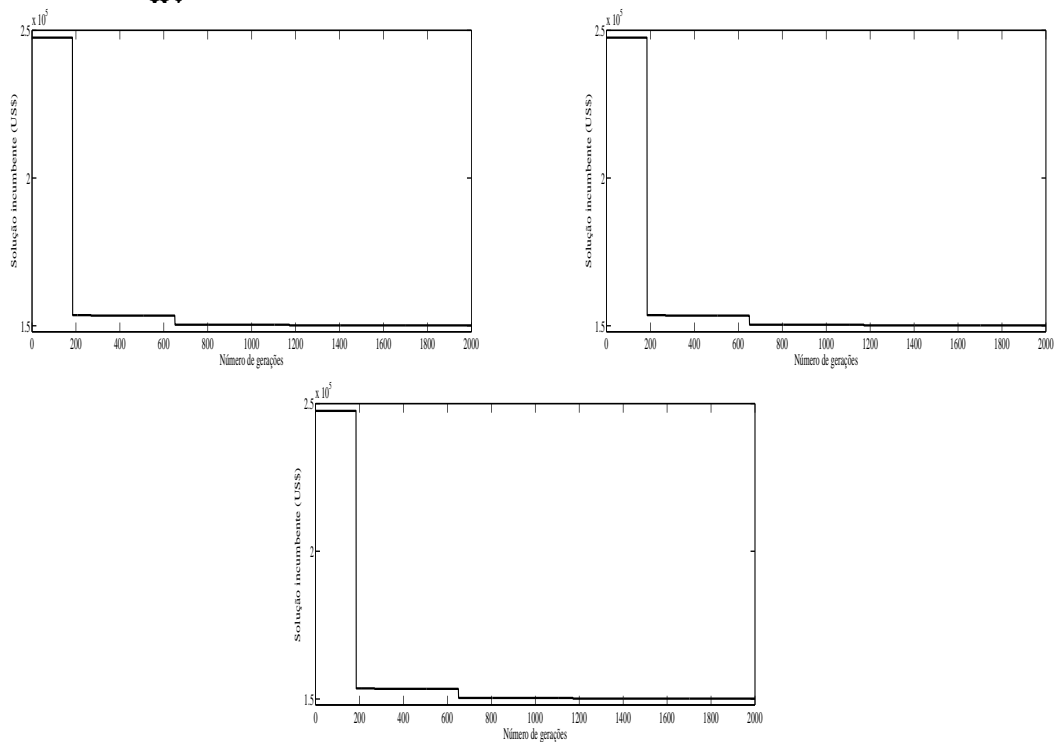
Na Figura 66, apresentam-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente, para os Casos B, C e D da Tabela 22, respectivamente.

Figura 66 - A esquerda: Valores médios da função objetivo para o Caso B; a direita: valores médios da função objetivo para o Caso C e abaixo: valores médios da função objetivo para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo



Fonte: Da própria autora

Figura 67 - A esquerda: Solução incumbente durante o NG para o Caso B; a direita: solução incumbente durante o NG para o Caso C e abaixo: solução incumbente durante o NG para o Caso D - Alternativa 2/Arranjo



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 48, tem-se o custo total do sistema, considerando investimentos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 48 - Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV

Caso	Solução	Custo US\$	Queda de tensão (%)
A	Infactível	-	>5%
B	Factível	117.113,11	<5%
C	Factível	120.603,60	<5%
D	Factível	120.650,07	<5%
E	Infactível	-	>5%
F	Infactível	-	>5%

Fonte: Da própria autora

6.5.3 Sistema teste 3 - 297 nós

Na Tabela 49, apresentam-se os parâmetros de controle do algoritmo utilizados, os quais foram determinados empiricamente.

Tabela 49 - Parâmetros de controle do algoritmo genético Chu-Beasley usados para o sistema teste 3

Tamanho da população inicial	Número máximo de gerações NG	Taxa de recombinação ρ_r	Taxa de mutação ρ_m
200	5000	1	1

Fonte: Da própria autora

6.5.3.1 Alternativa 1

Para esse cenário, apresentam-se os resultados obtidos para os arranjos I e II, do Quadro 4.

Arranjo I - Para o Arranjo I, foram alocados 166 SF, sendo que o nó 6, demanda maior geração totalizando 67,06 W, o que corresponde a 5,58Ah de corrente, ou seja, está garantida as condições impostas pela simulação referente a autonomia de 2 dias e tempo de carregamento máximo das baterias de 3 dias.

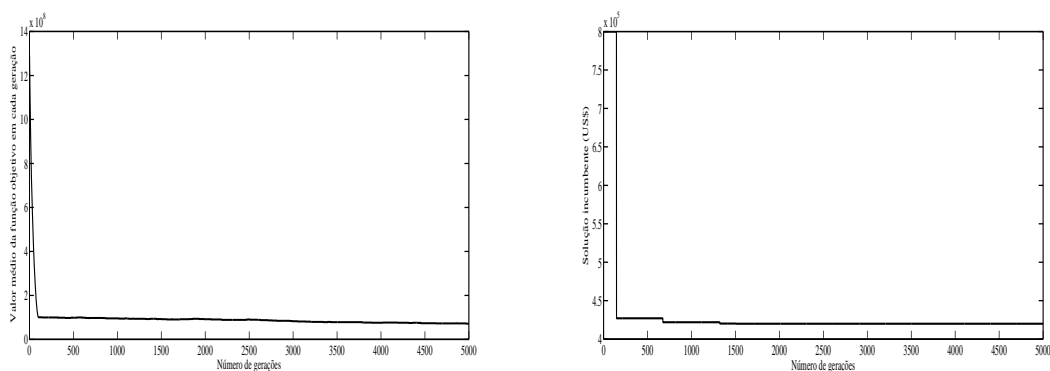
A variação das tensões em cada nó, ficou dentro dos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 1, 3, 6, 8, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 29, 30, 31, 33, 36, 37, 39, 40, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 52, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 70, 73, 74, 77, 78, 79, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 94, 95, 96, 98, 99, 101, 103, 105, 106, 109, 110, 113, 114, 115, 117, 119, 120, 123, 124, 126, 128, 131, 132, 134, 136, 137, 140, 142, 143, 145, 147, 149, 150, 154, 155, 156, 157, 159, 161, 163, 164, 167, 168, 171, 173, 174, 177, 178, 180, 181, 184, 185, 186, 189, 190, 192, 194, 195, 198, 199, 200, 201, 202, 205, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 217, 218, 220, 221, 224, 225, 228, 233, 234, 235, 237, 238, 240, 241, 244, 245,

246, 250, 251, 252, 253, 256, 257, 258, 261, 262, 263, 265, 269, 270, 271, 272, 273, 277, 278, 281, 283, 284, 287, 288, 289, 293, 294 e 297, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, o nó 112 obteve a tensão mínima 11,64V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 2,9% da tensão nominal.

Os resultados referentes aos dados de tensão dos nós, nós com alocação de fonte renovável de energia e potência mínima a ser gerada em cada nó, e correntes nas linhas, encontram-se no Apêndice I, nas Tabelas 153 e 154, respectivamente. O tempo computacional foi de 68.068,42s.

Na esquerda da Figura 69 tem-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente. Na direita da Figura 69, apresentam-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações.

Figura 68 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo I; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo I.



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 50, tem-se o custo total do sistema, considerando investimentos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 50 - Custo do sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	415.894,22
Perdas do sistema	4.082,69
TOTAL	419.976,91

Fonte: Da própria autora

Arranjo II - Para o Arranjo II, foram alocados 140 SF, sendo que o nó 137, demanda maior geração totalizando 80,38 W, o que corresponde a 6,69Ah de corrente, ou seja, está garantida as condições impostas para uma autonomia de 2 dias e tempo de carregamento máximo das baterias de 3 dias.

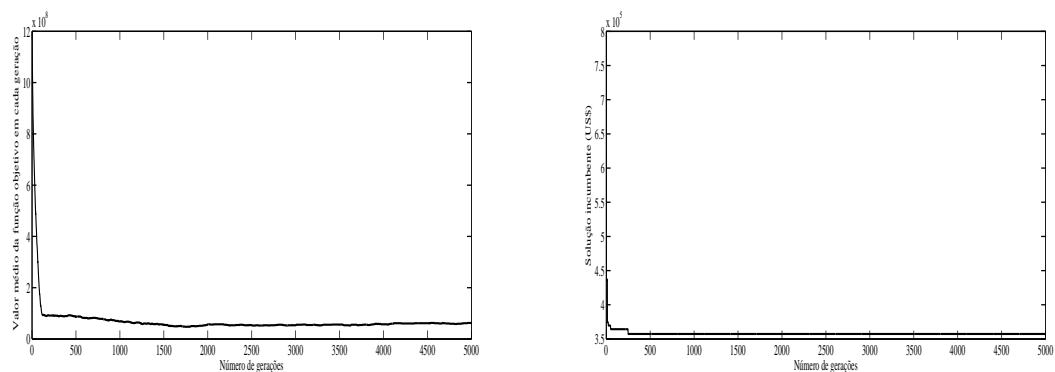
A variação das tensões em cada nó, ficou dentro dos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 2, 3, 4, 6, 9, 11, 14, 15, 20, 21, 22, 24, 26, 30, 31, 35, 36, 37, 41, 42, 43, 47, 48, 52, 53, 57, 58, 60, 65, 66, 71, 72, 74, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 88, 91, 92, 95, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 107, 109,

111, 113, 115, 118, 120, 122, 125, 127, 131, 132, 134, 137, 139, 141, 143, 145, 147, 149, 151, 153, 156, 158, 162, 163, 164, 167, 168, 170, 176, 177, 178, 180, 183, 184, 189, 190, 191, 193, 196, 197, 199, 200, 203, 204, 206, 208, 210, 212, 215, 217, 218, 222, 223, 225, 228, 230, 231, 233, 235, 239, 241, 243, 248, 249, 250, 253, 254, 257, 259, 260, 262, 264, 265, 268, 270, 272, 273, 277, 278, 281, 284, 285, 287, 289, 292, 294 e 296, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, o nó 282 obteve a tensão mínima 11,56V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 3,6% da tensão nominal.

Os resultados referentes aos dados de tensão dos nós, nós com alocação de fonte renovável de energia e potência mínima a ser gerada em cada nó, e correntes nas linhas, encontram-se no Apêndice I, nas Tabelas 155 e 156, respectivamente. O tempo computacional foi de 84.690,45s.

Na esquerda da Figura 69 tem-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente. Na direita da Figura 69, apresentam-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações.

Figura 69 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo I; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo I.



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 51, tem-se o custo total do sistema, considerando investimentos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 51 - Custo do sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	350.020,44
Perdas do sistema	7.259,61
TOTAL	357.280,05

Fonte: Da própria autora

Os resultados obtidos pelos arranjos III e IV, encontram-se no Apêndice I.

6.5.3.2 Alternativa 2

Para o Alternativa 2, utilizou-se as mesmas restrições de alocação apresentadas na seção 6.4.4.1, ou seja, os nós com restrição de alocação são o 9, 10, 11, 19, 20, 26, 41, 42, 59, 60, 61, 62, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91 92, 93, 94, 112, 113, 114, 115, 145, 146, 172, 173, 199, 200, 201, 202 e 203. apresentam-se, a simulação permitindo a alocação nos nós 9, 83, 86 e 93, para que as restrições do problema não fossem violadas, e o problema tornar-se factível.

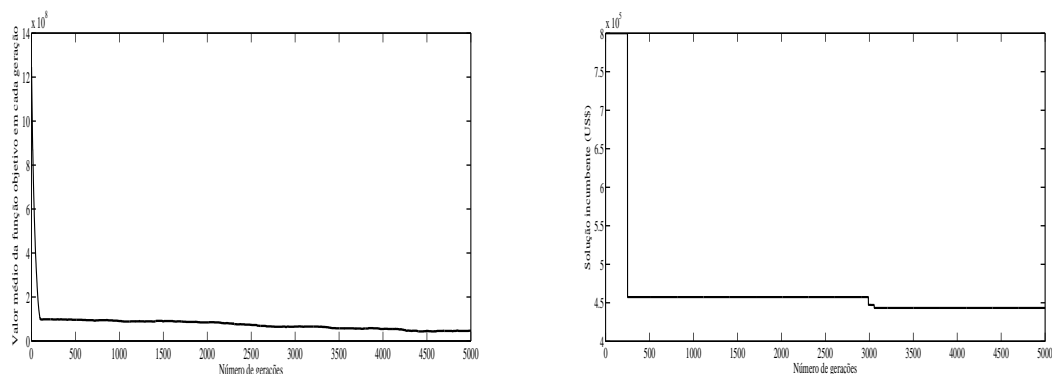
Para esse cenário, apresentam-se os resultados referentes aos arranjo os III e IV do Quadro 4, onde para os arranjos I e II do Quadro 4 o problema tornou-se infactível.

Arranjo III - A variação da tensão nos nós do sistema teste, ficaram dentro dos limites estabelecidos, sendo que, os nós 103 e 104, obtiveram a tensão mínima do sistema de 11,48V. Foram 115 SF alocados, aos nós 2, 4, 7, 9, 13, 17, 18, 21, 23, 25, 27, 28, 33, 35, 36, 39, 40, 44, 47, 50, 53, 54, 57, 58, 63, 64, 66, 70, 73, 74, 77, 78, 83, 86, 89, 93, 95, 97, 101, 103, 105, 108, 110, 111, 116, 118, 119, 120, 125, 127, 131, 135, 136, 139, 144, 147, 148, 153, 156, 157, 159, 161, 164, 166, 169, 171, 174, 175, 180, 182, 184, 188, 190, 193, 195, 198, 205, 207, 209, 213, 216, 217, 220, 222, 223, 228, 229, 230, 231, 236, 237, 241, 242, 244, 249, 251, 252, 254, 259, 261, 262, 263, 266, 270, 271, 274, 277, 278, 281, 284, 286, 290, 292, 293 e 297, os quais assumem a tensão nominal de 12V.

No Apêndice I, nas Tabelas 163 e 164, tem-se os resultados referentes a tensão dos nós, nós onde foram alocados os SF, a potência mínima a ser gerada em cada nó e correntes nas linhas.

Na esquerda da Figura 70 tem-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente. Na direita da Figura 70, apresentam-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações.

Figura 70 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 2/Arranjo III; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 2/Arranjo III.



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 52, tem-se os custos totais, encontrados através do algoritmo Chu-Beasley.

Tabela 52 - Custo do sistema teste 3 através algoritmo Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	431.275,18
Perdas do sistema	11.968,35
TOTAL	443.243,53

Fonte: Da própria autora

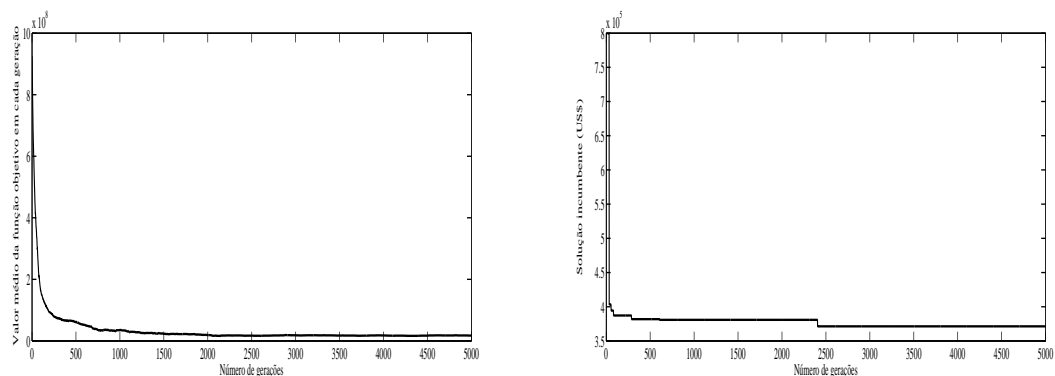
Arranjo IV - A variação da tensão nos nós do sistema teste, ficaram dentro dos limites estabelecidos, sendo que, o nó 280, obteve a tensão mínima do sistema de 11,41V. Foram 95 SF alocados, aos nós 3, 4, 6, 9, 16, 17, 18, 23, 28, 31, 33, 38, 39, 43, 46, 51, 53, 57, 58, 64, 67, 71, 73, 77, 78, 83, 86, 89, 93, 95, 96, 99, 104, 108, 110, 111, 117, 120, 122, 126, 131, 132, 136, 139, 143, 144, 147, 148, 153, 155, 157, 161, 164, 168, 171, 175, 177, 179, 182, 185, 189, 193, 195, 198, 205, 206, 208, 211, 213, 216, 221, 223, 226, 231, 232, 235, 240, 244, 245, 251, 252, 256, 259, 261, 263, 264, 271, 272, 277, 281, 285, 287, 289, 294 e 296, os quais assumem a tensão nominal de 12V.

No Apêndice I, nas Tabelas 165 e 166, tem-se os resultados referentes a tensão dos nós, nós onde foram alocados os SF, a potência mínima a ser gerada em cada nó; e correntes nas linhas.

Na Figura 71 tem-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente.

Na esquerda da Figura 71 tem-se o comportamento da convergência do algoritmo para encontrar a solução incumbente. Na direita da Figura 71, apresentam-se o comportamento da solução incumbente ao longo das gerações.

Figura 71 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 2/Arranjo IV; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 2/Arranjo IV.



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 53, tem-se os custos totais, encontrados através do algoritmo Chu-Beasley.

Tabela 53 - Custo do sistema teste 3 através algoritmo Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	356.270,80
Perdas do sistema	14.994,03
TOTAL	371.264,83

Fonte: Da própria autora

6.6 ALOCAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS COM DIFERENTES TIPOS DE POTÊNCIA DE GERAÇÃO

Para realizar essas simulações utilizou-se diferentes painéis fotovoltaicos em relação a potência máxima diária. Na Tabela 54, apresentam-se os diferentes tipos de painéis fotovoltaicos, os quais garantem o armazenamento de energia nas baterias para a autonomia do sistema de dois (2) dias e no máximo três (3) para o carregamento das baterias após o descarregamento das mesmas. Na Tabela 55 tem-se diferentes tipos de painéis que garantem uma autonomia do sistema de dois (2) dias e no máximo cinco (5) para o carregamento das baterias.

Tabela 54 - Diferentes tipos de potências de painéis fotovoltaicos para autonomia do sistema de dois (2) dias e no máximo três (3) para o carregamento das baterias.

Tipo	Máxima potência dos painéis(W)	Nº de painéis	Corrente máxima a ser gerada(A)	Recarregamento das baterias(<i>dias</i>)
1	83	3	5,2	3
2	135	2	5,6	3
3	135	3	8,5	3
4	210	2	8,7	3

Fonte: Da própria autora

Tabela 55 - Diferentes tipos de potências de painéis fotovoltaicos para autonomia do sistema de dois (2) dias e no máximo cinco (5) para o carregamento das baterias.

Tipo	Máxima potência dos painéis(W)	Nº de painéis	Corrente máxima a ser gerada(A)	Recarregamento das baterias(<i>dias</i>)
1	83	3	6,2	5
2	135	2	6,7	5
3	135	3	10	5
4	210	2	10,4	5

Fonte: Da própria autora

6.6.1 Sistema teste 1 - 20 nós

6.6.1.1 Caso 1

Considerando a autonomia do sistema de dois (2) dias e três (3) dias para o carregamento das baterias, o modelo matemático do PQIM, nessa alternativa possui 140 restrições, 140 variáveis contínuas e 80 variáveis binárias. Foram 410.124 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 2.516.107 iterações do algoritmo simplex, obtendo a solução ótima, em um tempo de 40,23s.

Na Tabela 56, apresentam-se os resultados referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos/tipo e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação.

Tabela 56 - Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Caso 1

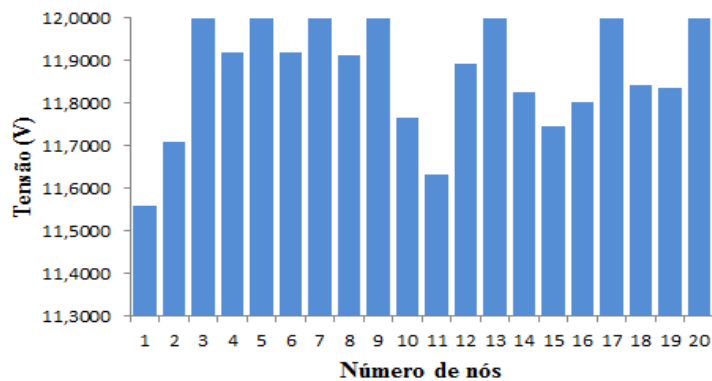
Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,5591	0	0
2	11,7082	0	0
3	12,0000	1/4	104,2513
4	11,9193	0	0
5	12,0000	1/2	64,1119
6	11,9199	0	0
7	12,0000	1/1	61,5239
8	11,9129	0	0
9	12,0000	1/3	101,8497
10	11,7652	0	0
11	11,6319	0	0
12	11,8932	0	0
13	12,0000	1/3	100,7458
14	11,8259	0	0
15	11,7448	0	0
16	11,8026	0	0
17	12,0000	1/4	102,4522
18	11,8414	0	0
19	11,8368	0	0
20	12,0000	1/1	58,4686

Fonte: Da própria autora

Observa-se na Tabela 56, que foram alocados 7 SF com diferentes tipos de painéis, para que as restrições do problema fossem atendidas, dois do tipo 1, um do tipo 2, dois do tipo 3 e dois do tipo 4.

Na Figura 72, tem-se o gráfico das tensões em cada nó do sistema simulado, onde verifica-se que a simulação atendeu aos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 3, 5, 7, 9, 13, 17 e 20, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, o nó 1 obteve a tensão mínima 11,55 V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 3,75% da tensão nominal.

Figura 72 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 1



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 57, tem-se os dados das correntes das linhas do sistema, onde a seção do fio condutor usado atende aos requisitos do limite de corrente, e os efeitos mecânicos do sistema, por se tratar de iluminação pública.

Tabela 57 - Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 1

Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4081
2	2	3	-4,8473
3	3	4	1,3402
4	4	5	-1,6175
5	4	12	0,4746
6	5	6	1,2251
7	6	7	-1,2582
8	7	8	1,3687
9	8	9	-1,1130
10	9	10	4,8744
11	10	11	2,4233
12	12	13	-2,0031
13	13	14	3,8923
14	14	15	1,4286
15	15	16	-1,0182
16	16	17	-3,4771
17	17	18	2,5605
18	18	19	0,0936
19	19	20	-2,3723

Fonte: Da própria autora

Na Tabela 58, tem-se o custo total do sistema, considerando os investimentos na instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 58 - Custo do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 1

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	22.390,20
Perdas do sistema	717,06
TOTAL	23.107,26

Fonte: Da própria autora

6.6.1.2 Caso 2

Considerando a autonomia do sistema de dois (2) dias e cinco (5) dias para o carregamento das baterias, o modelo matemático do PQIM, nessa alternativa possui 140 restrições, 140 variáveis contínuas e 80 variáveis binárias. Foram 598.064 PLs resolvidos na árvore de B&B, totalizando 2.605.306 iterações do algoritmo simplex, obtendo a solução ótima, em um tempo de 48,30s.

Na Tabela 59, apresentam-se os resultados referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos/tipo e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação.

Tabela 59 - Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Caso 2

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,5591	0	0
2	11,7082	0	0
3	12,0000	1/3	117,5335
4	11,8527	0	0
5	11,8466	0	0
6	12,0000	1/1	73,0604
7	11,9210	0	0
8	12,0000	1/1	70,7069
9	11,8317	0	0
10	11,8468	0	0
11	12,0000	1/1	63,3907
12	11,8606	0	0
13	12,0000	1/2	78,0678
14	11,9378	0	0
15	12,0000	1/1	73,6592
16	11,8557	0	0
17	11,8516	0	0
18	12,0000	1/3	117,1324
19	11,7574	0	0
20	11,5912	0	0

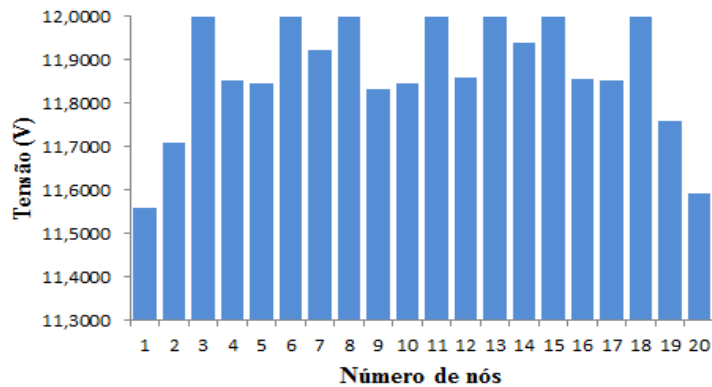
Fonte: Da própria autora

Observa-se na Tabela 59, que foram alocados 7 SF com diferentes tipos de painéis, para que as restrições do problema fossem atendidas. Sendo quatro do tipo 1, um do tipo 2 e dois do tipo 3.

Na Figura 73, tem-se o gráfico das tensões em cada nó do sistema simulado, onde percebe-se que

a simulação atendeu aos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 3, 5, 7, 9, 13, 17 e 20, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, o nó 1 obteve a tensão mínima 11,55 V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 3,75% da tensão nominal.

Figura 73 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 2



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 60, tem-se os dados das correntes das linhas do sistema, onde a seção do fio condutor usado atende aos requisitos do limite de corrente, e os efeitos mecânicos do sistema, por se tratar de iluminação pública.

Tabela 60 - Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 2

Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4081
2	2	3	-4,8473
3	3	4	2,4471
4	4	5	0,1214
5	4	12	-0,1436
6	5	6	-2,3466
7	6	7	1,2417
8	7	8	-1,2417
9	8	9	2,1504
10	9	10	-0,3144
11	10	11	-2,7825
12	12	13	-2,6146
13	13	14	1,3910
14	14	15	-1,0959
15	15	16	2,5422
16	16	17	0,0723
17	17	18	-2,3967
18	18	19	4,8642
19	19	20	2,4148

Fonte: Da própria autora

Na Tabela 61, tem-se o custo total do sistema, considerando os investimentos na instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 61 - Custo do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 2

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	19.223,34
Perdas do sistema	700,98
TOTAL	19.924,32

Fonte: Da própria autora

6.6.2 Sistema teste 2 - 99 nós

Para o sistema teste 2, utilizou-se o algoritmo de B&B com EBCR, devido ao aumento das variáveis binárias, pois tivemos problemas de memória computacional com o algoritmo de B&B.

6.6.2.1 Caso 1

Considerando a autonomia do sistema de dois (2) dias e três (3) dias para o carregamento das baterias, o modelo matemático do PQIM, foi resolvido em duas etapas.

- **Etapa 1:** Para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: $populatelim=10$; $poolgap=0,1$; $mipgap=0,15$; $polintensity=4$; $poolreplace=2$ e $mipdisplay=2$. O algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 693 restrições, 594 variáveis contínuas e 396 variáveis binárias. Foram 36.279 PLs resolvidos na árvore de B&B, para um gap de 15%, conforme determinado na diretiva.
- **Etapa 2:** Através da lista de EBCR obtida na etapa 1, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 453 restrições, 394 variáveis contínuas e 236 variáveis binárias na etapa 2. Foram 1.389.842.726 PLs resolvidos na árvore de B&B, obtendo uma solução de boa qualidade dentro do EBCR com Gap de 3,98%.

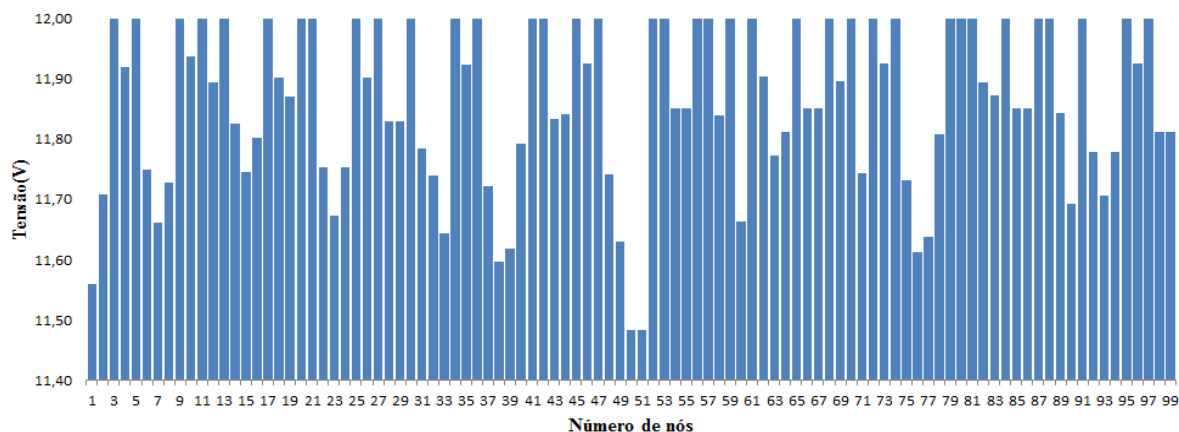
No Apêndice J, na Tabela 167, apresentam-se os resultados referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos/tipo e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação, e na Tabela 168, tem-se os dados das correntes das linhas do sistema.

De acordo com a Tabela 167, que foram alocados 37 SF com diferentes tipos de painéis, para que as restrições do problema fossem atendidas, sendo doze do tipo 1, três do tipo 2, dezesseis do tipo 3 e cinco do tipo 4.

Na Figura 74, tem-se o gráfico das tensões em cada nó do sistema simulado, onde percebe-se que a simulação atendeu aos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 3, 5, 9, 11, 13, 17, 20, 21, 25, 27, 30, 34, 36, 41, 42, 45, 47, 52, 53, 56, 57, 59, 61, 65, 79, 80, 81, 84, 87, 88, 91, 95 e 97, atingiram

a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, os nós 50 e 51 obtiveram a tensão mínima de 11,48 V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 4,3% da tensão nominal.

Figura 74 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 1



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 62, tem-se o custo total do sistema, considerando custos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 62 - Custo do sistema teste 2 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 1

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	118.368,02
Perdas do sistema	3.699,77
TOTAL	122.067,79

Fonte: Da própria autora

6.6.2.2 Caso 2

Considerando a autonomia do sistema de dois (2) dias e cinco (5) dias para o carregamento das baterias, o modelo matemático do PQIM, foi resolvido em duas etapas.

- **Etapa 1:** Para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: $populatelim=10$; $poolgap=0,1$; $mipgap=0,15$; $polintensity=4$; $poolreplace=2$ e $mipdisplay=2$. O algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 693 restrições, 594 variáveis contínuas e 396 variáveis binárias. Foram 23.456 PLs resolvidos na árvore de B&B, para um gap de 15%, conforme determinado na diretiva.
- **Etapa 2:** Através da lista de EBCR obtida na etapa 1, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 603 restrições, 519 variáveis contínuas e 336 variáveis binárias na etapa 2. Foram

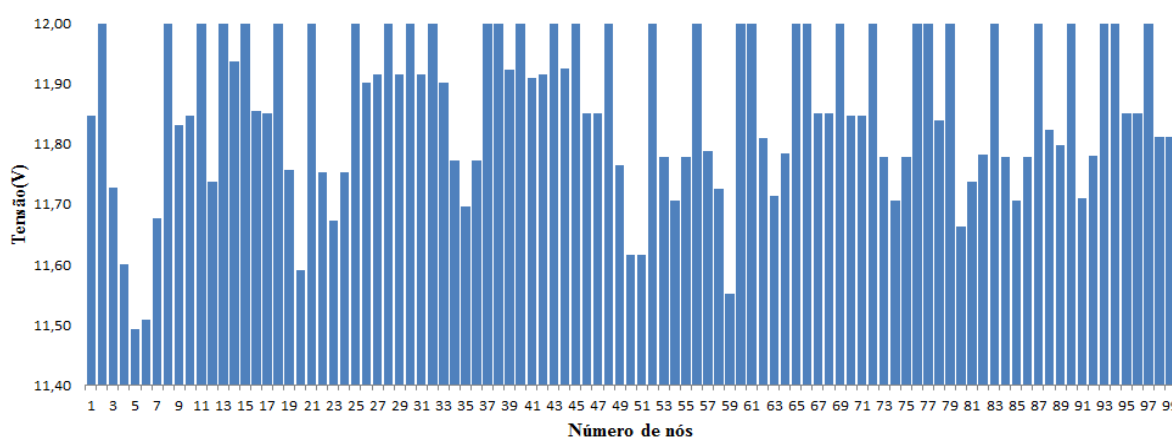
2.080.820.743 PLs resolvidos na árvore de B&B, obtendo uma solução de boa qualidade dentro do EBCR com Gap de 5,08%.

No Apêndice J, na Tabela 169, apresentam-se os resultados referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos/tipo e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação, e na Tabela 170, tem-se os dados das correntes das linhas do sistema.

De acordo com a Tabela 169, que foram alocados 34 SF com diferentes tipos de painéis, para que as restrições do problema fossem atendidas, sendo dezoito do tipo 1, dois do tipo 2, quatorze do tipo 3 e nenhum do tipo 4.

Na Figura 75, tem-se o gráfico das tensões em cada nó do sistema simulado, onde percebe-se que a simulação atendeu aos requisitos de queda de tensão máxima de 5%. Os nós 2, 8, 11, 13, 15, 18, 21, 25, 28, 30, 32, 37, 38, 40, 43, 45, 48, 52, 56, 60, 61, 65, 66, 69, 72, 76, 77, 79, 83, 87, 90, 93, 94 e 97, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, o nó 5 obteve a tensão mínima de 11,49 V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 4,2% da tensão nominal.

Figura 75 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 2



Fonte: Da própria autora

Na Tabela 63, tem-se o custo total do sistema, considerando custos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 63 - Custo do sistema teste 2 através do B&B para diferentes tipos de painéis - Caso 2

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	99.005,78
Perdas do sistema	3.901,46
TOTAL	102.907,24

Fonte: Da própria autora

6.6.3 Sistema teste 3 - 297 nós

Para o sistema teste 3, utilizou-se o algoritmo de B&B com EBCR, devido ao aumento das variáveis binárias, pois tivemos problemas de memória computacional com o algoritmo de B&B.

6.6.3.1 Caso 1

Considerando a autonomia do sistema de dois (2) dias e três (3) dias para o carregamento das baterias, o modelo matemático do PQIM, foi resolvido em duas etapas.

- **Etapa 1:** Para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: `populatelim=10`; `poolgap=0,1`; `mipgap=0,15`; `polintensity=1`; `poolreplace=2` e `mipdisplay=2`. O algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 2079 restrições, 1782 variáveis contínuas e 1188 variáveis binárias. Foram 360.560 PLs resolvidos na árvore de B&B, para um gap de 15%, conforme determinado na diretiva.
- **Etapa 2:** Através da lista de EBCR obtida na etapa 1, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 1.251 restrições, 1.092 variáveis contínuas e 636 variáveis binárias na etapa 2. Foram 538.450.601 PLs resolvidos na árvore de B&B, obtendo uma solução de boa qualidade dentro do EBCR com Gap de 8,04%.

No Apêndice J, na Tabela 171, apresentam-se os resultados referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos/tipo e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação, e na Tabela 172, tem-se os dados das correntes das linhas do sistema.

De acordo com a Tabela 171, foram alocados 111 SF com diferentes tipos de painéis, para que as restrições do problema fossem atendidas, sendo doze do tipo 1, vinte e um do tipo 2, cinquenta e um do tipo 3 e vinte e sete do tipo 4.

A variação da tensão nos nós do sistema teste, ficaram dentro dos limites estabelecidos, sendo que, os nós 1, 5, 6, 11, 15, 16, 20, 23, 24, 26, 30, 31, 34, 37, 41, 42, 45, 46, 50, 53, 55, 59, 64, 65, 70, 72, 74, 77, 78, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 91, 98, 99, 103, 104, 105, 109, 111, 116, 117, 120, 123, 125, 126, 131, 134, 136, 140, 144, 147, 148, 153, 156, 157, 162, 165, 167, 171, 172, 175, 177, 181, 184, 185, 189, 191, 192, 196, 198, 200, 205, 206, 207, 213, 215, 217, 220, 225, 226, 229, 231, 235, 237, 240, 241, 244, 248, 251, 253, 254, 259, 260, 261, 265, 268, 270, 272, 273, 276, 281, 283, 285, 287, 290, 292 e 296, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, o nó 60 obteve a tensão mínima de 11,45 V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 4,5% da tensão nominal.

Na Tabela 64, tem-se o custo total do sistema, considerando custos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 64 - Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR para diferentes tipos de painéis - Caso 1

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	376.438,64
Perdas do sistema	13.001,26
TOTAL	389.439,90

Fonte: Da própria autora

6.6.3.2 Caso 2

Considerando a autonomia do sistema de dois (2) dias e cinco (5) dias para o carregamento das baterias, o modelo matemático do PQIM, foi resolvido em duas etapas.

- **Etapa 1:** Para essa etapa as seguintes diretivas foram utilizadas: $populatelim=10$; $poolgap=0,1$; $mipgap=0,20$; $polintensity=1$; $poolreplace=2$ e $mipdisplay=2$. O algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 2079 restrições, 1782 variáveis contínuas e 1188 variáveis binárias. Foram 609.502 PLs resolvidos na árvore de B&B, para um gap de 20%, conforme determinado na diretiva.
- **Etapa 2:** Através da lista de EBCR obtida na etapa 1, o algoritmo B&B resolveu o modelo matemático com 957 restrições, 847 variáveis contínuas e 440 variáveis binárias na etapa 2. Foram 1.733 PLs resolvidos na árvore de B&B, obtendo uma solução de boa qualidade dentro do EBCR com Gap de 7,98%.

No Apêndice J, na Tabela 173, apresentam-se os resultados referentes à tensão dos nós, nós onde foram alocados sistemas fotovoltaicos/tipo e a potência mínima a ser gerada em cada nó onde ocorreu alocação, e na Tabela 174, tem-se os dados das correntes das linhas do sistema.

De acordo com a Tabela 173, que foram alocados 100 SF com diferentes tipos de painéis, para que as restrições do problema fossem atendidas, sendo dezenove do tipo 1, doze do tipo 2, cinquenta e seis do tipo 3 e treze do tipo 4.

A variação da tensão nos nós do sistema teste, ficaram dentro dos limites estabelecidos, sendo que, os nós 2, 6, 10, 14, 17, 19, 23, 27, 31, 33, 37, 39, 44, 46, 51, 53, 54, 59, 60, 63, 66, 70, 73, 77, 79, 82, 84, 85, 89, 93, 97, 100, 104, 107, 109, 113, 117, 118, 121, 124, 130, 131, 132, 134, 140, 143, 147, 148, 152, 154, 155, 157, 162, 164, 166, 170, 177, 179, 183, 187, 188, 189, 192, 198, 199, 200, 204, 208, 209, 212, 217, 218, 220, 224, 227, 229, 235, 236, 238, 239, 243, 246, 249, 254, 259, 260, 265, 266, 270, 274, 275, 278, 281, 284, 285, 286, 288, 292, 295 e 297, atingiram a tensão nominal de 12V onde foram alocados os sistemas fotovoltaicos, o nó 139 obteve a tensão mínima de 11,44 V, ou seja, a queda máxima de tensão atingiu 4,6% da tensão nominal.

Na Tabela 65, tem-se o custo total do sistema, considerando custos de instalação dos SF e o custo das perdas do sistema.

Tabela 65 - Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR para diferentes tipos de painéis - Caso 2

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	334.380,64
Perdas do sistema	14.002,92
TOTAL	348.383,48

Fonte: Da própria autora

6.7 CONCLUSÕES

Neste capítulo apresentou-se os resultados dos três métodos de solução propostos para o problema de alocação de fontes renováveis: Branch and Bound, Branch and Bound com EBCR e Chu-Beasley. Os sistemas testes utilizados são de um projeto de iluminação pública, os quais são de 20 nós, 99 nós e 297 nós.

Os resultados obtidos para o sistema teste de 20 nós mostrou ótimo desempenho para os três métodos propostos, onde a solução ótima foi encontrada; no sistema teste de 99 nós as soluções encontradas são de boa qualidade para o Alternativa 1 e de ótima qualidade para o Alternativa 2, e o sistema de 297 nós foi resolvido pelo método de Branch and Bound com EBCR e o algoritmo Chu-Beasley, os quais apresentam boa qualidade nas soluções.

Nas Tabelas, tem-se um comparativo entre os resultados obtidos através das simulações do modelo dado pelas equações 3 a 9 (que considera a alocação de apenas um tipo de fonte renovável), pelos diferentes métodos e cenários. O Gap calculado para os métodos de B&B com EBCR e Chu-Beasley nos sistemas testes 1 e 2, é obtido utilizando o melhor limite inferior encontrado pelo método de B&B.

Nas Tabelas 66 e 67, tem-se o resumo dos resultados obtidos pelas simulações do sistema teste 1, para os Cenários 1 e 2, respectivamente, onde se pode observar que nos arranjos que consideram 3 dias para o recarregamento das baterias, o custo aumenta devido ao aumento de pontos com SF alocados. Os três métodos utilizados para obter a solução chegam a solução ótima, no entanto o tempo computacional varia, sendo o Chu-Beasley nesse o que demanda maior tempo.

Tabela 66 - Resumo dos resultados do sistema teste 1 - Alternativa 1

Algoritmo	Arranjo I			
	Custo US\$	Tempo(<i>s</i>)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
B&B	25.434,74	1,31	10	0
B&B com <i>EBCR</i>	25.434,74	0,28	10	0
Chu-Beasley	25.434,74	3,68	10	0
Algoritmo	Arranjo II			
	Custo US\$	Tempo(<i>s</i>)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
B&B	20.723,91	0,68	8	0
B&B com <i>EBCR</i>	20.723,91	0,34	8	0
Chu-Beasley	20.723,91	4,03	8	0
Algoritmo	Arranjo III			
	Custo US\$	Tempo(<i>s</i>)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
B&B	26.708,46	0,76	7	0
B&B com <i>EBCR</i>	26.708,46	0,32	7	0
Chu-Beasley	26.708,46	3,98	7	0
Algoritmo	Arranjo IV			
	Custo US\$	Tempo(<i>s</i>)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
B&B	23.183,28	0,59	6	0
B&B com <i>EBCR</i>	23.183,28	0,33	6	0
Chu-Beasley	23.183,28	3,77	6	0

Fonte: Da própria autora

Tabela 67 - Resumo dos resultados do sistema teste 1 - Alternativa 2

Caso	Algoritmo	Arranjo III			
		Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
Caso B	B&B	26.942,75	0,34	7	0
	B&B com <i>EBCR</i>	26.942,75	0,32	7	0
	Chu-Beasley	26.942,75	4,32	7	0
Caso C	B&B	26.868,05	0,31	7	0
	B&B com <i>EBCR</i>	26.868,05	0,32	7	0
	Chu-Beasley	26.868,05	4,16	7	0
Caso D	B&B	26.952,52	0,31	7	0
	B&B com <i>EBCR</i>	26.952,52	0,26	7	0
	Chu-Beasley	26.952,52	4,23	7	0

Caso	Algoritmo	Arranjo IV			
		Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
Caso B	B&B	23.253,93	0,34	6	0
	B&B com <i>EBCR</i>	23.253,93	0,28	6	0
	Chu-Beasley	23.253,93	4,03	6	0
Caso C	B&B	23.220,30	0,33	6	0
	B&B com <i>EBCR</i>	23.220,30	0,28	6	0
	Chu-Beasley	23.220,30	4,12	6	0
Caso D	B&B	23.304,77	0,32	6	0
	B&B com <i>EBCR</i>	23.304,77	0,29	6	0
	Chu-Beasley	23.304,77	4,14	6	0

Fonte: Da própria autora

Nas Tabelas 68 e 69, tem-se o resumo dos resultados obtidos pelas simulações do sistema teste 2, para os Cenários 1 e 2, respectivamente. Novamente, se pode observar que nos arranjos que consideram 3 dias para o recarregamento das baterias, o custo aumenta devido ao aumento de pontos com SF alocados. No entanto para esse sistema teste, os métodos utilizados para obter a solução chegam a soluções de boa qualidade para o Alternativa 1 e soluções ótimas para o Alternativa 2, devido ao número de variáveis binárias.

Para o Alternativa 1, os métodos de B&B e B&B com *EBCR*, as soluções são de boa qualidade e parecidas, ou ainda o B&B com *EBCR* encontra soluções com gap melhor que o B&B, no entanto o diferencial está no tempo computacional que chega a ser mais de 90% menor para o B&B com *EBCR*. O algoritmo de Chu-Beasley, que é uma metaheurística encontra soluções de boa qualidade próximas com diferença de 2% a 7% as encontradas pela otimização clássica para o Alternativa 1, para o Alternativa 2 a diferença está em até 10%, no entanto com tempo computacional menor.

Tabela 68 - Resumo dos resultados do sistema teste 2 - Alternativa 1

Algoritmo	Arranjo I			
	Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
B&B	129.142,83	301.656,2	51	4,23
B&B com <i>EBCR</i>	129.155,29	840	51	4,23
Chu-Beasley	132.062,29	419,80	52	6,34
Algoritmo	Arranjo II			
	Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
B&B	107.449,91	690.316,64	42	5,68
B&B com <i>EBCR</i>	107.390,37	26.086,30	42	5,62
Chu-Beasley	114.905,94	298,83	45	11,08
Algoritmo	Arranjo III			
	Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
B&B	124.897,65	259.852,46	32	4,19
B&B com <i>EBCR</i>	127.980,74	38.793,40	32	6,50
Chu-Beasley	131.665,09	309,24	34	9,12
Algoritmo	Arranjo IV			
	Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
B&B	108.949,72	329.653,37	28	2,61
B&B com <i>EBCR</i>	108.933,62	456,46	28	2,60
Chu-Beasley	117.284,03	1099,92	30	9,30

Fonte: Da própria autora

Tabela 69 - Resumo dos resultados do sistema teste 2 - Alternativa 2

Caso	Algoritmo	Arranjo III			
		Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
Caso B	B&B	135.011,19	16.239,60	35	0
	B&B com <i>EBCR</i>	135.011,19	324,23	35	0
	Chu-Beasley	149.653,69	662,86	39	9,78
Caso C	B&B	134.936,49	15.770,52	35	0
	B&B com <i>EBCR</i>	134.936,49	230,70	35	0
	Chu-Beasley	150.102,97	640,03	39	10,10
Caso D	B&B	135.020,95	23.112,33	35	0
	B&B com <i>EBCR</i>	135.020,95	4.587,86	35	0
	Chu-Beasley	150.123,05	774,84	39	10,05

Caso	Algoritmo	Arranjo IV			
		Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap(%)
Caso B	B&B	112.650,98	358.583,63	29	0
	B&B com <i>EBCR</i>	112.771,13	153.902,29	29	0,1
	Chu-Beasley	117.113,11	539,85	30	3,8
Caso C	B&B	112.769,86	243.605,25	29	0
	B&B com <i>EBCR</i>	112.788,04	34.549,23	29	0,01
	Chu-Beasley	120.603,60	443,08	31	6,49
Caso D	B&B	112.887,45	343.505,85	29	0
	B&B com <i>EBCR</i>	112.993,99	6.510,01	29	0,09
	Chu-Beasley	120.650,07	542,82	31	6,43

Fonte: Da própria autora

Nas Tabelas 70 e 71, tem-se o resumo dos resultados obtidos pelas simulações do sistema teste 3, para os Cenários 1 e 2, respectivamente. Para esse sistema teste as soluções são de boa qualidade, sendo que para o Alternativa 1, pelo algoritmo de B&B com *EBCR*, somente o arranjo II obteve um Gap=0 na etapa 2 do algoritmo, os demais tiveram problemas de memória computacional. O algoritmo Chu-Beasley apresentou soluções de boa qualidade, com tempo computacional menor.

Tabela 70 - Resumo dos resultados do sistema teste 3 - Alternativa 1

Algoritmo	Arranjo I			
	Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap na etapa 2 (%)
B&B com <i>EBCR</i>	402.412,15	309.782,42	159	4,34
Chu-Beasley	419.976,91	68.068,42	166	-
Algoritmo	Arranjo II			
	Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap na etapa 2 (%)
B&B com <i>EBCR</i>	342.192,22	316.053,55	134	0
Chu-Beasley	357.280,05	84.690,45	140	-
Algoritmo	Arranjo III			
	Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap na etapa 2 (%)
B&B com <i>EBCR</i>	395.380,32	430.466,16	102	6,08
Chu-Beasley	427.446,96	55.447,78	111	-
Algoritmo	Arranjo IV			
	Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap na etapa 2 (%)
B&B com <i>EBCR</i>	324.931,26	141.290,45	83	5,37
Chu-Beasley	370.381,03	46.282,15	95	-

Fonte: Da própria autora

Na Tabela 71, tem-se o resumo dos resultados obtidos pelas simulações do sistema teste 3, para o Alternativa 2.

Tabela 71 - Resumo dos resultados do sistema teste 3 - Alternativa 2

Algoritmo	Arranjo III			
	Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap na etapa 2 (%)
B&B com <i>EBCR</i>	391.473,99	267.849,41	101	3,98
Chu-Beasley	443.243,53	96.563,08	115	-
Algoritmo	Arranjo IV			
	Custo US\$	Tempo(s)	Número de nós com alocação de SF	Gap na etapa 2 (%)
B&B com <i>EBCR</i>	332.364,13	126.971,84	85	4,78
Chu-Beasley	371.264,83	92.070,17	95	-

Fonte: Da própria autora

Nas Tabelas 72, 73 e 74 tem-se um comparativo entre os resultados obtidos através das simulações do modelo dado pelas equações 10 a 16 (que considera a alocação de apenas mais de um tipo de fonte renovável). Pode-se observar que, com o sistema teste 1 obteve a solução ótima nos dois casos, já os sistemas testes 2 e 3, pelo aumento do número das variáveis binárias, a solução do problema apresentou falta de memória computacional, portanto as soluções encontradas são de boa qualidade, e como o gap da etapa 2 é diferente de zero, mesmo na etapa 2 não foi possível percorrer por todo o espaço de busca das soluções.

Tabela 72 - Resumo dos resultados obtidos pelo sistema teste 1 através do algoritmo de B&B

Caso	Custo US\$	Alocação de SF		Tempo (s)
		Tipo	Número de SF	
1	23.107,26	1	2	40,23
		2	1	
		3	3	
		4	4	
Caso	Custo US\$	Alocação de SF		Tempo (s)
		Tipo	Número de SF	
2	19.924,32	1	4	48,30
		2	1	
		3	2	
		4	0	

Fonte: Da própria autora

Tabela 73 - Resumo dos resultados obtidos pelo sistema teste 2 através do algoritmo de B&B com EBCR

Caso	Custo US\$	Alocação de SF		Tempo (s)	Gap na etapa 2 (%)
		Tipo	Número de SF		
1	122.067,79	1	12	245.588,38	3,98
		2	3		
		3	17		
		4	5		
Caso	Custo US\$	Alocação de SF		Tempo (s)	Gap na etapa 2 (%)
		Tipo	Número de SF		
2	102.907,24	1	18	269.758,32	5,08
		2	2		
		3	14		
		4	0		

Fonte: Da própria autora

Tabela 74 - Resumo dos resultados obtidos pelo sistema teste 3 através do algoritmo de B&B com EBCR

Caso	Custo US\$	Alocação de SF		Tempo (s)	Gap na etapa 2 (%)
		Tipo	Número de SF		
1	389.439,90	1	12	288.229,14	8,04
		2	21		
		3	51		
		4	27		
Caso	Custo US\$	Alocação de SF		Tempo (s)	Gap na etapa 2 (%)
		Tipo	Número de SF		
2	348.383,48	1	19	298.342,15	7,98
		2	12		
		3	56		
		4	13		

Fonte: Da própria autora

7 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado um modelo matemático através de um problema quadrático inteiro misto com o objetivo de minimizar os custos operacionais do sistema elétrico em corrente contínua (perdas elétricas) e investimentos dos elementos físicos que compõem o sistema. Na alocação ótima de sistemas fotovoltaicos em sistemas isolados de corrente contínua, o modelo foi formulado com duas variações: a primeira, considera a alocação de somente um tipo de painel fotovoltaico; e, a segunda, a alocação de diferentes tipos de painéis fotovoltaicos.

Para a solução do Problema Quadrático Inteiro Misto (PQIM) proposto, foram trabalhados 3 métodos diferentes para a solução: 1. otimização clássica com o algoritmo de B&B, com implementação do modelo no AMPL e solucionado com o solver CPLEX; 2. otimização clássica com o algoritmo de B&B com um EBCR, com implementação do modelo no AMPL e solucionado com o solver CPLEX e; 3. algoritmo genético Chu-Beasley implementado no MATLAB.

Para validação dos modelos, foram realizadas simulações com um circuito de iluminação pública de um loteamento no município de Ilha Solteira - SP, composto por 297 pontos de iluminação. Este circuito foi representado em três sistemas testes, com 20 nós (ou seja, 20 pontos de iluminação), 99 nós e 297 nós. As simulações foram feitas considerando dois cenários para alocação de sistemas fotovoltaicos (SF), sendo, em um deles, permitida a alocação em qualquer nó do sistema e, no outro cenário, restringindo a alocação de SF em nós adjacentes à área verde, devido os possíveis sombreamentos. Cabe ressaltar que, pelo limite de painéis solares que podem ser fixados em cada poste de iluminação pública, foi necessária a alocação de painéis em alguns nós adjacentes à área verde, para que a solução do problema fosse factível, para os três casos analisados.

Considerando a alocação de somente um tipo de painel fotovoltaico, obteve-se os resultados discutidos a seguir.

Para o sistema teste 1 - 20 nós, os três métodos de resolução do PQIM apresentaram um ótimo desempenho, obtendo a solução ótima em todos os casos avaliados. Isto ocorre por se tratar de um sistema de pequeno porte, onde não há problemas para a convergência.

Para o sistema teste 2 - 99 nós, no cenário 1, como o problema possui 99 variáveis binárias, o método de B&B demandou muitas simulações, o que resultou em problemas de falta de memória computacional. No entanto, soluções de boa qualidade foram encontradas pelo método de B&B com EBCR. As simulações foram feitas variando as diretivas do programa e soluções de qualidade praticamente idênticas as obtidas pelo método de B&B foram encontradas, com tempo computacional reduzido.

Para o cenário 2, as soluções encontradas são de ótima qualidade, cabendo destacar o desempenho do B&B com EBCR, que encontra a solução ótima com tempo computacional em torno de 90% menor que o B&B.

Para as duas alternativas, usando o algoritmo genético Chu-Beasley, por se tratar de uma metaheurística, as soluções encontradas foram superiores entre 2% a 10%, quando comparadas com a otimização clássica.

Para o sistema teste 3 - 297 nós, nas alternativas 1 e 2, como o problema possui 297 variáveis binárias, os métodos utilizados foram o B&B com EBCR e o algoritmo de Chu-Beasley, uma vez que a solução clássica demandou um esforço computacional que tornou este método inviável para a solução de sistemas de grande porte. As soluções encontradas foram de boa qualidade para os dois métodos, sendo que o B&B com EBCR, encontrou soluções melhores que o Chu-Beasley. Entretanto, o Chu-Beasley apresentou soluções com menor tempo computacional.

Considerando a alocação de mais de um tipo de painel fotovoltaico, obteve-se os resultados discutidos a seguir, sendo que para este modelo foi utilizado apenas o algoritmo de B&B com EBCR.

Para esse modelo matemático, o sistema teste 1 obteve a solução ótima nos dois casos de autonomia para a ausência de radiação solar avaliados. Já para os sistemas testes 2 e 3, pelo aumento do número das variáveis binárias, a solução do problema apresentou problemas de hardware relacionados com a falta de memória. Portanto, as soluções encontradas são de boa qualidade, ainda que não seja possível percorrer todo o espaço de busca das soluções.

Nas simulações realizadas para os três sistemas testes, observa-se que a função objetivo varia de acordo com as condições impostas ao problema. Para garantir a autonomia do sistema nos horários que não há incidência de radiação solar, o número de dias de autonomia que se deseja implica diretamente no número de SF que devem ser alocados ao sistema, de forma que sejam garantidas as restrições do problema. Consequentemente, ocorre o aumento no custo final.

O uso de fontes renováveis de energia, em especial o uso de sistemas fotovoltaicos, mostra os problemas reais que devem ser contornados com essa geração de energia. Por exemplo, o problema do sombreamento provocado pelas áreas verdes ou, ainda, a constatação de real impossibilidade de alocação de painéis fotovoltaicos em determinados pontos devido às restrições físicas de qualquer natureza.

Portanto, a contribuição desse trabalho são os modelos matemáticos propostos para a alocação de fontes renováveis de energia em sistemas autônomos em corrente contínua, na forma de microrredes. Tais sistemas apresentam-se como uma alternativa promissora às redes de corrente alternada, devido às características de várias fontes renováveis, que geram em corrente contínua.

7.1 Trabalhos futuros

Os possíveis avanços para este trabalho, podem visar: 1. a proposta do modelo matemático para sistemas em corrente alternada, com isso fazer comparações dos resultados; 2. construir a interface gráfica do programa, considerando a alocação de fontes de energia, assim como o dimensionamento do sistema; 3. estudo de diferentes estratégias para o EBCR utilizado no Branch and Bound; 4. avaliar outras metaheurísticas para resolver o problema para sistemas de grande porte; e 5. análise estatística das instâncias realizadas durante as simulações.

REFERÊNCIAS

ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SADER, L. Distributed generation: a definition. *Electric Power Systems Research*, New York, v. 57, n. 3, p. 195 – 204, 2001. ISSN 0378-7796.

ANAND, S.; FERNANDES, B. Optimal voltage level for dc microgrids. In: CONFERENCE ON IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY. IECON, 36., 2010, Glendale. *Proceedings...* Glendale: [s.n.], 2010. p. 3034 –3039.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília:ANEEL, 2008.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *BIG-banco de informações de geração*. [S.l.: s.n.], 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 30 jun. 2012.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução Normativa no. 395*, de 15 de dezembro de 2009. [S.l.], 2009.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Resolução Normativa no. 493*, de 5 de junho de 2012. [S.l.], 2012.

BALOG, R.; KREIN, P. Bus selection in multibus dc microgrids. *Power Electronics, IEEE Transactions on*, New York, v. 26, n. 3, p. 860 –867, 2011. ISSN 0885-8993.

BARRALCOOL, G. *Energia*. [S.l.: s.n.], 2012. Disponível em: <<http://barralcool.com.br>>. Acesso em: 30 jun. 2012.

BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. [S.l.]: Contexto, 2002.

BECKER, D.; SONNENBERG, B. Dc microgrids in buildings and data centers. In: TELECOMMUNICATIONS ENERGY CONFERENCE -INTELEC, 33.,2011, Amsterdam. *Proceedings...* Amsterdam: [s.n.], 2011. p. 1 –7.

BINACIONAL, I. *Energia hidráulica*. [S.l.: s.n.], 2010. Disponível em: <<http://www.itaipu.gov.br/print/102>>. Acesso em: 30 jun. 2012.

BOSQUE, J.; VALDERRAMA-BLAVI, H.; MUNOZ, M.; MAIXE, X.; GARCES, P. Increased dynamics adaptor to incorporate energy sources in pv-based dc microgrids. In: POWER ELECTRONICS AND MOTION CONTROL CONFERENCE - EPE/PEMC, 14.,2010, Macedonia. *Proceedings...* Macedonia: [s.n.], 2010. p. S9–18 –S9–24.

BRASIL, P. *Parque Eólico de Osório (RS) é o maior da América Latina*. [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/parque-eolico-de-osorio-rs-e-o-maior-da-america-latina>>. Acesso em: 30 jun. 2012.

CHEN, C.; DUAN, S.; CAI, T.; LIU, B.; HU, G. Optimal allocation and economic analysis of energy storage system in microgrids. *Power Electronics, IEEE Transactions on*, New York, v. 26, n. 10, p. 2762

–2773, 2011. ISSN 0885-8993.

CHOWDHURY, S.; CHOWDHURY, S.; CROSSLEY, P. Microgrids and active distribution networks. In: _____. [S.l.]: Stevenage: IET Publisher, 2009.

CUNHA, K. *Primeira usina de energia solar no Brasil*. [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <<http://karlacunha.com.br/primeira-usina-de-energia-solar-no-brasil/>>. Acesso em: 30 jun. 2012.

EL-KHATTAM, W.; SALAMA, M. M. A. Distributed generation technologies, definitions and benefits. *Electric Power Systems Research*, New York, v. 71, n. 2, p. 119–128, 2004.

ELGERD, O. I. Introdução à teoria de sistemas de energia elétrica. In: _____. São Paulo: [s.n.], 1925.

ELSHAER, M.; MOHAMED, A.; MOHAMMED, O. Grid connected dc distribution system for efficient integration of sustainable energy sources. In: POWER SYSTEMS CONFERENCE AND EXPOSITION - PSCE, 23, 2011, Proenix. *Proceedings...* Proenix: [s.n.], 2011. p. 1–9.

ENGELEN, K.; SHUN, E. L.; VERMEYEN, P.; PARDON, I.; D'HULST, R.; DRIESEN, J.; BELMANS, R. The feasibility of small-scale residential dc distribution systems. In: IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS - IECON, 32., 2006, Paris. *Proceedings...* Paris: [s.n.], 2006. p. 2618–2623. ISSN 1553-572X.

EPE, E. D. P. E. *Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira*. [S.l.: s.n.], 2012. 64 p.

GRADITI, G.; IPPOLITO, M.; SANSEVERINO, E. R.; ZIZZO, G. Optimal set points regulation of distributed generation units in micro-grids under islanded operation. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL ELECTRONICS -ISIE, 4., 2010, Glendale. *Proceedings...* Glendale: [s.n.], 2010. p. 2253–2260.

GROUMPOS, P.; PAPAGEORGIU, G. An Optimal Sizing Method For Stand-Alone Photovoltaic Power Systems. *Solar Energy*, Cleveland, v. 38, n. 5, p. 341–351, 2009.

GUERRERO, J.; VASQUEZ, J.; MATAS, J.; VICUNA, L. de; CASTILLA, M. Hierarchical control of droop-controlled ac and dc microgrids;a general approach toward standardization. *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, New York, v. 58, n. 1, p. 158–172, 2011. ISSN 0278-0046.

ILOG. *CPLEX Optimization subroutine library guide and reference, version 11.0*. Incline Village: ILOG, 2008.

JIANG, Z.; YU, X. Hybrid dc- and ac-linked microgrids: Towards integration of distributed energy resources. In: ENERGY 2030 CONFERENCE, 2.,2008, Atlanta. *Proceedings...* Atlanta: [s.n.], 2008. p. 1–8.

JIN, C.; LOH, P. C.; WANG, P.; MI, Y.; BLAABJERG, F. Autonomous operation of hybrid ac-dc microgrids. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE ENERGY TECHNOLOGIES- ICSET, 2.,2010, Kandy. *Proceedings...* Kandy: [s.n.], 2010. p. 1–7.

KAKIGANO, H.; MIURA, Y.; ISE, T. Low-voltage bipolar-type dc microgrid for super high quality distribution. *Power Electronics, IEEE Transactions on*, New York, v. 25, n. 12, p. 3066–3075, 2010. ISSN 0885-8993.

KWASINSKI, A.; ONWUCHEKWA, C. Dynamic behavior and stabilization of dc microgrids with instantaneous constant-power loads. *Power Electronics, IEEE Transactions on*, New York, v. 26, n. 3, p. 822–834, 2011. ISSN 0885-8993.

- LI, Y.; VILATHGAMUWA, D.; LOH, P. C. Design, analysis, and real-time testing of a controller for multibus microgrid system. *Power Electronics, IEEE Transactions on*, New York, v. 19, n. 5, p. 1195 – 1204, 2004. ISSN 0885-8993.
- LIANG, H.; GOOI, H. Unit commitment in microgrids by improved genetic algorithm. In: INTERNATIONAL POWER ELECTRONICS CONFERENCE- IPEC, 9.,2010, Saporro. *Proceedings...*Saporro: [s.n.], 2010. p. 842 –847. ISSN 1947-1262.
- LORA, E. E. S.; HADDAD, J. *Geração distribuída: aspectos tecnológicos, ambientais e institucionais*. São Paulo: Interciência, 2006.
- MARINHO, G. S. P. *Apresentação de uma indústria sucroalcooleira sob os conceitos de microrrede de energia elétrica*. 2011. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita, Ilha Solteira, 2011.
- MARINI, J. A. *Desenvolvimento de programa computacional para projeto de sistemas fotovoltaicos no suprimento de eletricidade a pequenas comunidades rurais*. 2001. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2001.
- MARNAY, C. *Microgrids concept*. Berkeley: microgrids at berkeley Lab. [S.l.: s.n.], 2010. Disponível em: <<http://der.lbl.gov/microgrid-concept>>. Acesso em: 03 mar. 2012.
- MELO, E. D. de; GEWEHR, D. N.; PASCHOARELI, D. Utilização de algoritmo genético para alocação de geradores em sistemas isolados de corrente contínua. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE APLICAÇÕES INDUSTRIAIS - INDUSCON, 8., 2008, Fortaleza. *Anais... Fortaleza* : [s.n.], 2008.
- MOHAMED, A.; MOHAMMED, O. Connectivity of dc microgrids involving sustainable energy sources. In: CONFERENCE ANNUAL MEETING -IAS, 39., 2011, Orlando . *Proceedings...* Orlando: [s.n.], 2011. p. 1 –8. ISSN 0197-2618.
- OLIVEIRA, M. L. *Planejamento Integrado da Expansão de Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica*. [S.l.], Campinas 2010.
- PELISSERO, M.; HAIM, P.; OLIVETO, G.; GALIA, F.; TULA, R. Aprovechamiento de la energía undimotriz. *Revista Proyecciones*, Buenos Aires, v. 10, n. 2, p. 34–45, 2011.
- RADWAN, A.; MOHAMED, Y.-R. Linear active stabilization of converter-dominated dc microgrids. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, New York, v. 3, n. 1, p. 203 –216, 2012. ISSN 1949-3053.
- RAUSCHENBACH, H. S. *Solar Cell Array Design Handbook*. [S.l.]: Van Nostrand Reinhold, 1980.
- REIS, L. *Geração de Energia Elétrica Tecnologia, Inserção Ambiental, Planejamento, Operação e Análise de Viabilidade*. [S.l.]: Barueri: Manoele, 2003.
- REN21. *Renewables 2012 Global Status Report*. Paris: Unep, 2012.
- RENDON, R.; ZULUAGA, A.; ROMERO, R. *Programação Linear Inteira*. [S.l.: s.n.], 2007.
- ROBERTS, S. *Solar Electricity*. [S.l.: s.n.], 1990.
- ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. *Uso da biomassa para a produção de energia na indústria brasileira*. [S.l.]: Editora da UNICAMP, 2005.
- SALOMONSSON, D.; SANNINO, A. Low-voltage dc distribution system for commercial power systems with sensitive electronic loads. *Power Delivery, IEEE Transactions on*, New York, v. 22, n. 3, p. 1620 –1627, 2007. ISSN 0885-8977.

- SALOMONSSON, D.; SODER, L. Comparison of different solutions for emergency and standby power systems for commercial consumers. In: TELECOMMUNICATIONS ENERGY CONFERENCE, 6., 2006, Providence. *Proceedings...* Providence: [s.n.], 2006. p. 1 –8.
- SALOMONSSON, D.; SODER, L.; SANNINO, A. An adaptive control system for a dc microgrid for data centers. *Industry Applications, IEEE Transactions on*, New York, v. 44, n. 6, p. 1910 –1917, 2008. ISSN 0093-9994.
- SALOMONSSON, D.; SODER, L.; SANNINO, A. Protection of low-voltage dc microgrids. *Power Delivery, IEEE Transactions on*, New York, v. 24, n. 3, p. 1045 –1053, 2009. ISSN 0885-8977.
- SANNINO, A.; POSTIGLIONE, G.; BOLLEN, M. Feasibility of a dc network for commercial facilities. *Industry Applications, IEEE Transactions on*, New York, v. 39, n. 5, p. 1499 – 1507, 2003. ISSN 0093-9994.
- SCHEER, H. *Economia solar global: estratégia para modernidade ecológica*. Rio de Janeiro: CRESESB-CEPEL, 2002.
- SEVERINO, M. M. *Avaliação técnico-econômica de um sistema híbrido de geração distribuída para atendimento de comunidades isoladas da Amazônia*. 2008. 358 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) — Faculdade de Engenharia, Universidade de Brasília, Brasília 2008.
- SILVA, E. F. da. *Planejamento estocástico da expansão da rede de transmissão de energia elétrica multiestágio considerando restrições de segurança*. 2013. 183 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) — Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita, Ilha Solteira 2013.
- SMITH, M. U. S. *Department of Energy research and development activities on microgrid technologies*. [S.l.: s.n.], 2011. Disponível em: <<http://der.lbl.gov/sites/der.lbl.gov/files/jejusmith.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2012.
- SOFLA, M.; WANG, L. Control of dc-dc bidirectional converters for interfacing batteries in microgrids. In: POWER SYSTEMS CONFERENCE AND EXPOSITION -PSCE, 2011, Arizona. *Proceedings...* Arizona: [s.n.], 2011. p. 1 –6.
- TAGLIALENHA, S. L. de S. *Novas Aplicações de Metaheurísticas na Solução do Problema de Planejamento da Expansão do Sistema de Transmissão de Energia Elétrica*. 2008. 138 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) — Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita, Ilha Solteira 2008.
- TAHA, H. Integer programming: theory applications and computations. In: _____. [S.l.]: University of Arkansas Fayetteville, Arkansas, 1975.
- TODD, B. *DC microgrids: a new source of local power generation?* [S.l.: s.n.], 2009. Disponível em: <<http://www.renewableenergyfocus.com>>. Acesso em: 10 set. 2012.
- TOLMASQUIM, M. T. *Geração de Energia Elétrica no Brasil*. [S.l.]: São Paulo: Interciência, 2003.
- VANDOORN, T.; RENDERS, B.; DEGROOTE, L.; MEERSMAN, B.; VANDEVELDE, L. Power balancing in islanded microgrids by using a dc-bus voltage reference. In: POWER ELECTRONICS ELECTRICAL DRIVES AUTOMATION AND MOTION - SPEEDAM, 20., 2010, Naples. *Proceedings...* Naples: [s.n.], 2010. p. 884 –889.
- VILLALVA, M. G. *Conversor Eletrônico de Potência Trifásico para Sistema Fotovoltaico Conectado a Rede Elétrica*. 2010. 292 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) — Faculdade de Engenharia,

Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2010.

VILLALVA, M. G. *Energia solar fotovoltaica: Conceitos e Aplicações*. [S.l.]: São Paulo: Érica, 2012.

XIANBIAO, B.; WEIBIN, M.; HUASHAN, L. Geothermal energy production utilizing abandoned oil and gas wells. *Elsevier, Renewable Energy*, New York, v. 41, p. 80– 85, 2011.

YU, G.-R.; WEI, J.-S. Modeling and control of a bi-directional inverter for dc microgrids. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCE AND ENGINEERING- ICSSE, 2011, Macau. *Proceedings...* Macau: [s.n.], 2011. p. 425 –430.

APÊNDICE A - DADOS DAS LINHAS E DEMANDAS DOS SISTEMAS TESTES

Quadro 5: Dados das linhas do sistema teste 2.

Linha	De	Para	Com.(m)	Linha	De	Para	Com.(m)	Linha	De	Para	Com.(m)
1	1	2	36	34	34	35	36	67	67	68	35
2	2	3	35	35	35	36	36	68	68	69	35
3	3	4	35	36	36	37	36	69	69	70	36
4	4	5	29	37	37	38	36	70	69	71	36
5	5	6	38	38	38	39	36	71	69	72	40
6	6	7	37	39	39	40	36	72	72	73	35
7	7	8	37	40	40	41	23	73	73	74	35
8	8	9	45,5	41	41	42	22	74	74	75	35
9	9	10	28	42	42	43	42	75	75	76	35
10	10	11	32	43	43	44	35	76	76	77	35
11	4	12	32	44	44	45	35	77	77	78	35
12	12	13	31	45	45	46	35	78	78	79	42
13	13	14	26	46	46	47	35	79	78	80	42
14	14	15	33	47	47	48	35	80	62	81	32
15	15	16	33	48	48	49	35	81	81	82	22
16	16	17	33	49	49	50	36	82	82	83	35
17	17	18	36	50	49	51	36	83	83	84	35
18	18	19	29	51	49	52	40	84	84	85	35
19	19	20	40	52	52	53	35	85	85	86	35
20	18	21	39	53	53	54	35	86	86	87	35
21	21	22	39	54	54	55	35	87	87	88	35
22	22	23	39	55	55	56	35	88	88	89	35
23	23	24	39	56	56	57	35	89	89	90	36
24	24	25	39	57	57	58	35	90	89	91	40
25	25	26	23	58	58	59	42	91	91	92	35
26	25	27	40	59	58	60	42	92	92	93	35
27	27	28	40	60	42	61	32	93	93	94	35
28	28	29	40	61	61	62	22	94	94	95	35
29	29	30	40	62	62	63	42	95	95	96	35
30	30	31	40	63	63	64	35	96	96	97	35
31	31	32	40	64	64	65	35	97	97	98	44,5
32	32	33	23	65	65	66	35	98	97	99	44,5
33	32	34	36	66	66	67	35				

Fonte: Projeto de loteamento de residências populares do município de Ilha Solteira - SP

Tabela 75 - Dados das linhas do sistema teste 3.

Linha	De	Para	Com.(m)	Linha	De	Para	Com.(m)	Linha	De	Para	Com.(m)
1	1	2	36	100	100	101	35	199	199	200	22
2	2	3	35	101	101	102	35	200	200	201	33
3	3	4	35	102	102	103	36	201	201	202	33
4	4	5	29	103	102	104	36	202	202	203	33
5	5	6	38	104	102	105	40	203	203	204	31
6	6	7	37	105	105	106	35	204	204	205	22
7	7	8	37	106	106	107	35	205	201	206	34
8	8	9	45,5	107	107	108	35	206	206	207	36
9	9	10	28	108	108	109	35	207	207	208	36
10	10	11	32	109	109	110	35	208	208	209	36
11	4	12	32	110	110	111	35	209	209	210	36
12	12	13	31	111	111	112	44,5	210	210	211	36
13	13	14	26	112	111	113	44,5	211	211	212	34
14	14	15	33	113	83	114	40	212	211	213	34
15	15	16	33	114	114	115	22	213	211	214	36
16	16	17	33	115	115	116	40	214	214	215	36
17	17	18	36	116	116	117	36	215	215	216	36
18	18	19	29	117	117	118	36	216	216	217	36
19	19	20	40	118	118	119	36	217	217	218	36
20	18	21	39	119	119	120	36	218	218	219	36
21	21	22	39	120	120	121	36	219	219	220	35
22	22	23	39	121	121	122	34	220	219	221	38
23	23	24	39	122	121	123	34	221	219	222	38
24	24	25	39	123	121	124	36	222	222	223	40
25	25	26	23	124	124	125	36	223	223	224	40
26	25	27	40	125	125	126	36	224	224	225	40
27	27	28	40	126	126	127	36	225	225	226	40
28	28	29	40	127	127	128	36	226	226	227	23
29	29	30	40	128	128	129	36	227	227	228	35
30	30	31	40	129	129	130	35	228	200	229	32
31	31	32	40	130	129	131	35	229	229	230	22
32	32	33	23	131	129	132	38	230	230	231	33
33	32	34	36	132	132	133	35	231	231	232	31
34	34	35	36	133	133	134	35	232	232	233	31
35	35	36	36	134	134	135	35	233	233	234	31
36	36	37	36	135	135	136	35	234	234	235	22
37	37	38	36	136	136	137	35	235	234	236	22
38	38	39	36	137	137	138	35	236	231	237	36
39	39	40	36	138	138	139	36	237	237	238	36
40	40	41	23	139	138	140	36	238	238	239	36
41	41	42	22	140	138	141	40	239	239	240	36
42	42	43	42	141	141	142	35	240	240	241	36
43	43	44	35	142	142	143	30	241	241	242	36
44	44	45	35	143	143	144	32	242	242	243	24
45	45	46	35	144	115	145	32	243	243	244	27
46	46	47	35	145	145	146	22	244	230	245	32
47	47	48	35	146	146	147	30	245	245	246	22
48	48	49	35	147	147	148	36	246	246	247	33
49	49	50	36	148	148	149	36	247	247	248	33
50	49	51	36	149	149	150	36	248	248	249	33
51	49	52	40	150	150	151	36	249	249	250	22
52	52	53	35	151	151	152	36	250	249	251	22
53	53	54	35	152	152	153	34	251	247	252	36
54	54	55	35	153	152	154	34	252	252	253	36
55	55	56	35	154	152	155	36	253	253	254	36

continua.

Linha	De	Para	Com.(m)	Linha	De	Para	Com.(m)	Linha	De	Para	Com.(m)
56	56	57	35	155	155	156	36	254	254	255	36
57	57	58	35	156	156	157	36	255	255	256	36
58	58	59	42	157	157	158	36	256	256	257	36
59	58	60	42	158	158	159	36	257	257	258	24
60	42	61	32	159	159	160	36	258	258	259	27
61	61	62	22	160	160	161	35	259	246	260	32
62	62	63	42	161	160	162	35	260	260	261	22
63	63	64	35	162	160	163	38	261	261	262	33
64	64	65	35	163	163	164	35	262	262	263	25
65	65	66	35	164	164	165	35	263	263	264	26
66	66	67	35	165	165	166	35	264	264	265	22
67	67	68	35	166	166	167	35	265	264	266	22
68	68	69	35	167	167	168	35	266	262	267	36
69	69	70	36	168	168	169	35	267	267	268	36
70	69	71	36	169	169	170	40	268	268	269	36
71	69	72	40	170	170	171	23	269	269	270	36
72	72	73	35	171	146	172	32	270	270	271	36
73	73	74	35	172	172	173	22	271	271	272	36
74	74	75	35	173	173	174	30	272	272	273	38
75	75	76	35	174	174	175	36	273	273	274	35
76	76	77	35	175	175	176	36	274	272	275	38
77	77	78	35	176	176	177	36	275	275	276	40
78	78	79	42	177	177	178	36	276	276	277	35
79	78	80	42	178	178	179	36	277	277	278	43
80	62	81	32	179	179	180	34	278	278	279	43
81	81	82	22	180	179	181	34	279	279	280	43
82	83	84	40	181	179	182	36	280	280	281	41
83	84	85	40	182	182	183	36	281	280	282	41
84	85	86	40	183	183	184	36	282	280	283	44
85	86	87	40	184	184	185	36	283	283	284	45
86	87	88	40	185	185	186	36	284	284	285	45
87	88	89	22	186	186	187	36	285	261	286	32
88	88	90	39	187	187	188	35	286	286	287	22
89	90	91	39	188	187	189	35	287	287	288	40
90	91	92	39	189	187	190	38	288	288	289	36
91	92	93	40	190	190	191	40	289	289	290	22
92	93	94	36	191	191	192	40	290	288	291	36
93	94	95	35	192	192	193	40	291	291	292	36
94	82	95	32	193	193	194	40	292	292	293	36
95	94	96	38	194	194	195	38	293	293	294	36
96	96	97	35	195	195	196	18	294	294	295	36
97	97	98	35	196	196	197	23	295	295	296	36
98	98	99	35	197	197	198	26	296	296	297	45
99	99	100	35	198	173	199	32				

Fim.

Fonte: Própria da autora

APÊNDICE B - SISTEMA TESTE 1 - 20 NÓS - B&B

B.1 Alternativa 1

Tabela 76 - Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	66,6815	11	11,8640	0	0
2	11,8107	0	0	12	12,0000	1	54,7208
3	11,7748	0	0	13	12,0000	1	61,9527
4	11,8866	0	0	14	11,8809	0	0
5	12,0000	1	57,2781	15	11,8703	0	0
6	12,0000	1	61,6735	16	12,0000	1	57,4253
7	11,8320	0	0	17	12,0000	1	60,7269
8	11,8209	0	0	18	11,8414	0	0
9	12,0000	1	57,4589	19	11,8368	0	0
10	12,0000	1	59,6599	20	12,0000	1	58,4686

Fonte: Da própria autora

Tabela 77 - Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	3,0567	8	8	9	-2,2882	15	15	16	-2,2854
2	2	3	0,5962	9	9	10	0,0000	16	16	17	0,0000
3	3	4	-1,8568	10	10	11	2,4716	17	17	18	2,5605
4	4	5	-2,2731	11	4	12	-2,0600	18	18	19	0,0936
5	5	6	0,0000	12	12	13	0,0000	19	19	20	-2,3723
6	6	7	2,6394	13	13	14	2,6627				
7	7	8	0,1744	14	14	15	0,1875				

Fonte: Da própria autora

Tabela 78 - Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	80,0495	11	12,0000	1	77,4396
2	11,7417	0	0	12	11,7761	0	0
3	11,6379	0	0	13	12,0000	1	80,3843
4	11,6801	0	0	14	12,0000	1	59,6494
5	11,7493	0	0	15	11,8598	0	0
6	12,0000	1	76,0291	16	11,8598	0	0
7	12,0000	1	70,7518	17	12,0000	1	72,9574
8	11,7839	0	0	18	11,9313	0	0
9	11,7102	0	0	19	12,0000	1	76,0964
10	11,7824	0	0	20	11,8304	0	0

Fonte: Da própria autora

Tabela 79 - Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	4,1707	8	8	9	0,9410	15	15	16	-0,0000
2	2	3	1,7245	9	9	10	-1,4986	16	16	17	-2,4707
3	3	4	-0,6999	10	10	11	-3,9532	17	17	18	1,1090
4	4	5	-1,3879	11	4	12	-1,7453	18	18	19	-1,3766
5	5	6	-3,8357	12	12	13	-4,1986	19	19	20	2,4646
6	6	7	0,0000	13	13	14	0,0000				
7	7	8	3,3959	14	14	15	2,4707				

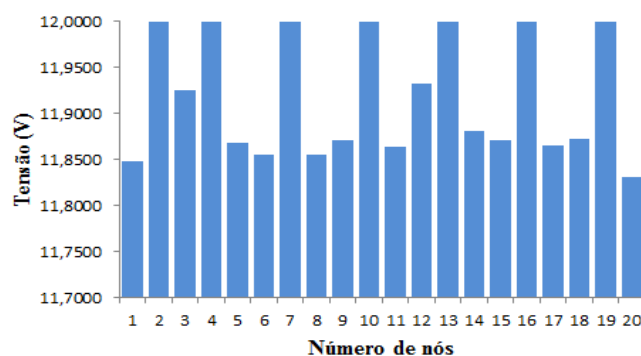
Fonte: Da própria autora

Tabela 80 - Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0	11	11,8640	0	0
2	12,0000	1	74,5245	12	11,9327	0	0
3	11,9252	0	0	13	12,0000	1	77,1053
4	12,0000	1	91,5249	14	11,8809	0	0
5	11,8672	0	0	15	11,8703	0	0
6	11,8549	0	0	16	12,0000	1	85,8826
7	12,0000	1	84,6008	17	11,8654	0	0
8	11,8556	0	0	18	11,8716	0	0
9	11,8712	0	0	19	12,0000	1	90,4613
10	12,0000	1	91,7421	20	11,8304	0	0

Fonte: Da própria autora

Figura 76 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III



Fonte: Da própria autora

Tabela 81 - Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4681	8	7	8	2,2695	15	15	16	-2,2854
2	2	3	1,2422	9	8	9	-0,2003	16	16	17	2,3714
3	3	4	-1,2422	10	9	10	-2,6735	17	17	18	-0,1005
4	4	5	2,6616	11	10	11	2,4716	18	18	19	-2,5737
5	4	12	1,2232	12	12	13	-1,2627	19	19	20	2,4646
6	5	6	0,1892	13	13	14	2,6627				
7	6	7	-2,2805	14	14	15	0,1875				

Fonte: Da própria autora

Tabela 82 - Custo do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III

Custo Total US\$	
Sistemas fotovoltaicos	26.251,50
Perdas do sistema	456,96
TOTAL	26.708,46

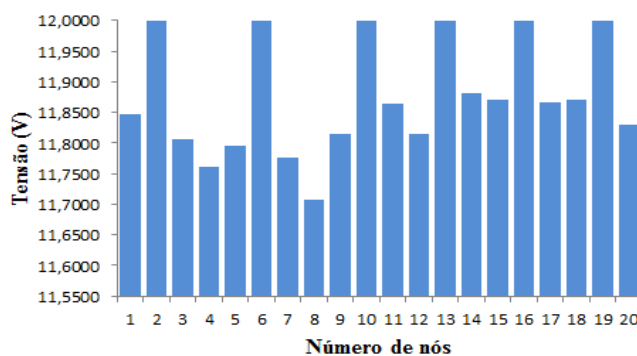
Fonte: Da própria autora

Tabela 83 - Resultados para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8471	0	0	11	11,8639	0	0
2	12,0000	1	98,2726	12	11,8153	0	0
3	11,8060	0	0	13	12,0000	1	103,5086
4	11,7602	0	0	14	11,8809	0	0
5	11,7944	0	0	15	11,8702	0	0
6	12,0000	1	109,9774	16	12,0000	1	85,8826
7	11,7759	0	0	17	11,8653	0	0
8	11,7080	0	0	18	11,8716	0	0
9	11,8153	0	0	19	12,0000	1	90,4612
10	12,0000	1	105,6606	20	11,8304	0	0

Fonte: Da própria autora

Figura 77 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV



Fonte: Da própria autora

Tabela 84 - Corrente nas linhas para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	2,4681	8	7	8	-1,3718	15	15	16	-2,2854
2	2	3	3,2212	9	8	9	-3,8333	16	16	17	2,3714
3	3	4	0,7616	10	9	10	2,4716	17	17	18	-0,1005
4	4	5	-0,6869	11	10	11	-1,0014	18	18	19	-2,5737
5	4	12	-3,1441	12	12	13	-3,4629	19	19	20	2,4646
6	5	6	3,5206	13	13	14	2,6627				
7	6	7	1,0673	14	14	15	0,1875				

Fonte: Da própria autora

Tabela 85 - Custo do sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV

Custo Total US\$	
Sistemas fotovoltaicos	22.501,32
Perdas do sistema	681,96
TOTAL	23.183,28

Fonte: Da própria autora

B.2 Alternativa 2

Tabela 86 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
2	12,0000	1	74,5245	12,0000	1	74,5245	12,0000	1	74,5245
3	11,9252	0	0	11,9252	0	0	11,9252	0	0
4	12,0000	1	91,5249	12,0000	1	91,5249	12,0000	1	91,5249
5	11,8672	0	0	11,8672	0	0	11,8672	0	0
6	11,8549	0	0	11,8549	0	0	11,8549	0	0
7	12,0000	1	73,7914	12,0000	1	84,6008	12,0000	1	98,1178
8	11,9129	0	0	11,8556	0	0	11,7839	0	0
9	12,0000	1	101,8500	11,8712	0	0	11,7102	0	0
10	11,7652	0	0	12,0000	1	91,7421	11,7824	0	0
11	11,6319	0	0	11,8640	0	0	12,0000	1	77,4396
12	11,9327	0	0	11,9327	0	0	11,9327	0	0
13	12,0000	1	91,8609	12,0000	1	91,8609	12,0000	1	91,8609
14	11,8259	0	0	11,8259	0	0	11,8259	0	0
15	11,7448	0	0	11,7448	0	0	11,7448	0	0
16	11,8026	0	0	11,8026	0	0	11,8026	0	0
17	12,0000	1	71,7253	12,0000	1	71,7253	12,0000	1	71,7253
18	12,0000	1	88,3715	12,0000	1	88,3715	12,0000	1	88,3715
19	11,7574	0	0	11,7574	0	0	11,7574	0	0
20	11,5912	0	0	11,5912	0	0	11,5912	0	0

Fonte: Da própria autora

Tabela 87 - Corrente nas linhas para o sistema teste
1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo
III

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
1	1	2	-2,4681	-2,4681	-2,4681
2	2	3	1,2422	1,2422	1,2422
3	3	4	-1,2422	-1,2422	-1,2422
4	4	5	2,6616	2,6616	2,6616
5	4	12	1,2232	1,2232	1,2232
6	5	6	0,1892	0,1892	0,1892
7	6	7	-2,2805	-2,2805	-2,2805
8	7	8	1,3687	2,2695	3,3959
9	8	9	-1,1130	-0,2003	0,9410
10	9	10	4,8744	-2,6735	-1,4986
11	10	11	2,4233	2,4716	-3,9533
12	12	13	-1,2627	-1,2627	-1,2627
13	13	14	3,8923	3,8923	3,8923
14	14	15	1,4286	1,4286	1,4286
15	15	16	-1,0182	-1,0182	-1,0182
16	16	17	-3,4771	-3,4771	-3,4771
17	17	18	0,0000	0,0000	0,0000
18	18	19	4,8642	4,8642	4,8642
19	19	20	2,4148	2,4148	2,4148

Fonte: Da própria autora

Tabela 88 - Corrente nas linhas para o sistema teste
1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo
IV

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
1	1	2	-2,4681	-2,4681	-2,4681
2	2	3	2,4407	2,8706	2,8706
3	3	4	-0,0286	0,4066	0,4066
4	4	5	0,1398	1,5323	1,5323
5	4	12	-2,6382	-3,5845	-3,5845
6	5	6	-2,3284	-0,9106	-0,9106
7	6	7	2,6394	-3,3659	-3,3659
8	7	8	0,1744	2,2695	3,3959
9	8	9	-2,2882	-0,2003	0,9410
10	9	10	4,8744	-2,6735	-1,4986
11	10	11	2,4233	2,4716	-3,9533
12	12	13	2,5266	2,5266	2,5266
13	13	14	0,0547	0,0547	0,0547
14	14	15	-2,4166	-2,4166	-2,4166
15	15	16	2,5422	2,5422	2,5422
16	16	17	0,0723	0,0723	0,0723
17	17	18	-2,3967	-2,3967	-2,3967
18	18	19	4,8642	4,8642	4,8642
19	19	20	2,4148	2,4148	2,4148

Fonte: Da própria autora

Tabela 89 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 1 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
2	12,0000	1	88,9070	12,0000	1	94,0659	12,0000	1	94,0650
3	11,8531	0	0	11,8272	0	0	11,8272	0	0
4	11,8548	0	0	11,8027	0	0	11,8027	0	0
5	11,8478	0	0	11,7263	0	0	11,7263	0	0
6	12,0000	1	89,6146	11,7858	0	0	11,7858	0	0
7	11,8320	0	0	12,0000	1	97,6267	12,0000	1	111,1440
8	11,8209	0	0	11,8556	0	0	11,7839	0	0
9	12,0000	1	115,9520	11,8712	0	0	11,7102	0	0
10	11,7652	0	0	12,0000	1	91,7421	11,7824	0	0
11	11,6319	0	0	11,8640	0	0	12,0000	1	77,4390
12	12,0000	1	91,9792	12,0000	1	103,335	12,0000	1	103,3350
13	11,8653	0	0	11,8653	0	0	11,8653	0	0
14	11,8628	0	0	11,8628	0	0	11,8628	0	0
15	12,0000	1	89,5075	12,0000	1	89,5075	12,0000	1	89,5070
16	11,8557	0	0	11,8557	0	0	11,8557	0	0
17	11,8516	0	0	11,8516	0	0	11,8516	0	0
18	12,0000	1	117,1320	12,0000	1	117,1320	12,0000	1	117,1320
19	11,7574	0	0	11,7574	0	0	11,7574	0	0
20	11,5912	0	0	11,5912	0	0	11,5912	0	0

Fonte: Da própria autora

APÊNDICE C - SISTEMA TESTE 2 - 99 NÓS - B&B

C.1 Alternativa 1

Tabela 90 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	44,6952	34	12,0000	1	59,7136	67	11,9252	0	0,00000
2	11,9241	0	0,00000	35	11,9230	0	0,00000	68	12,0000	1	65,6638
3	12,0000	1	62,9354	36	12,0000	1	59,8077	69	11,8958	0	0,00000
4	11,9106	0	0,00000	37	11,9230	0	0,00000	70	11,7443	0	0,00000
5	11,8792	0	0,00000	38	12,0000	1	59,8077	71	12,0000	1	50,1806
6	12,0000	1	52,1635	39	11,9230	0	0,00000	72	12,0000	1	63,0691
7	12,0000	1	46,4253	40	12,0000	1	59,5116	73	11,9252	0	0,00000
8	11,9128	0	0,00000	41	11,9518	0	0,00000	74	12,0000	1	59,8130
9	12,0000	1	59,2717	42	12,0000	1	57,4371	75	11,9252	0	0,00000
10	11,9361	0	0,00000	43	12,0000	1	59,6284	76	12,0000	1	44,9065
11	12,0000	1	43,9254	44	11,8513	0	0,00000	77	12,0000	1	62,0494
12	12,0000	1	63,1061	45	11,8513	0	0,00000	78	11,8392	0	0,00000
13	11,9395	0	0,00000	46	12,0000	1	59,6284	79	11,6636	0	0,00000
14	12,0000	1	61,1453	47	12,0000	1	60,4963	80	12,0000	1	56,7078
15	11,9294	0	0,00000	48	11,8470	0	0,00000	81	12,0000	1	63,9140
16	12,0000	1	60,4680	49	11,8426	0	0,00000	82	11,8930	0	0,00000
17	11,9264	0	0,00000	50	11,6917	0	0,00000	83	11,8720	0	0,00000
18	12,0000	1	59,1557	51	12,0000	1	60,5037	84	12,0000	1	55,4988
19	12,0000	1	59,5760	52	12,0000	1	57,4533	85	12,0000	1	59,6284
20	11,8304	0	0,00000	53	12,0000	1	59,6284	86	11,8513	0	0,00000
21	11,9167	0	0,00000	54	11,8513	0	0,00000	87	11,8513	0	0,00000
22	12,0000	1	59,7918	55	11,8513	0	0,00000	88	12,0000	1	59,6284
23	11,9167	0	0,00000	56	12,0000	1	59,6284	89	12,0000	1	59,6179
24	12,0000	1	58,9224	57	12,0000	1	62,0494	90	11,8471	0	0,00000
25	11,9215	0	0,00000	58	11,8392	0	0,00000	91	12,0000	1	59,6284
26	12,0000	1	53,7841	59	11,6636	0	0,00000	92	11,8513	0	0,00000
27	11,8756	0	0,00000	60	12,0000	1	56,7078	93	11,8513	0	0,00000
28	12,0000	1	66,5758	61	11,9442	0	0,00000	94	12,0000	1	59,6284
29	11,9146	0	0,00000	62	12,0000	1	61,2388	95	12,0000	1	55,5894
30	12,0000	1	66,4035	63	11,9184	0	0,00000	96	11,8716	0	0,00000
31	11,8766	0	0,00000	64	12,0000	1	61,1589	97	11,8921	0	0,00000
32	11,9235	0	0,00000	65	11,9252	0	0,00000	98	12,0000	1	46,9099
33	12,0000	1	53,1805	66	12,0000	1	59,8130	99	12,0000	1	46,9099

Fonte: Da própria autora

Tabela 91 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	1,2246	34	34	35	1,2419	67	67	68	-1,2422
2	2	3	-1,2595	35	35	36	-1,2419	68	68	69	1,7297
3	3	4	1,4850	36	36	37	1,2419	69	69	70	2,4467
4	4	5	0,6278	37	37	38	-1,2419	70	69	71	-1,6817
5	5	6	-1,8469	38	38	39	1,2419	71	69	72	-1,5135
6	6	7	0,0000	39	39	40	-1,2419	72	72	73	1,2422
7	7	8	1,3687	40	40	41	1,2173	73	73	74	-1,2422
8	8	9	-1,1130	41	41	42	-1,2726	74	74	75	1,2422
9	9	10	1,3262	42	42	43	0,0000	75	75	76	-1,2422
10	10	11	-1,1604	43	43	44	2,4690	76	76	77	0,0000
11	4	12	-1,6242	44	44	45	0,0000	77	77	78	2,6707
12	12	13	1,1346	45	45	46	-2,4690	78	78	79	2,4299
13	13	14	-1,3527	46	46	47	0,0000	79	78	80	-2,2256
14	14	15	1,2426	47	47	48	2,5413	80	62	81	0,0000
15	15	16	-1,2426	48	48	49	0,0732	81	81	82	2,8261
16	16	17	1,2963	49	49	50	2,4357	82	82	83	0,3484
17	17	18	-1,1883	50	49	51	-2,5419	83	83	84	-2,1249
18	18	19	-0,0000	51	49	52	-2,2877	84	84	85	0,0000
19	19	20	2,4646	52	52	53	0,0000	85	85	86	2,4690
20	18	21	1,2413	53	53	54	2,4690	86	86	87	0,0000
21	21	22	-1,2413	54	54	55	0,0000	87	87	88	-2,4690
22	22	23	1,2413	55	55	56	-2,4690	88	88	89	-0,0000
23	23	24	-1,2413	56	56	57	0,0000	89	89	90	2,4681
24	24	25	1,1688	57	57	58	2,6707	90	89	91	0,0000
25	25	26	-1,9820	58	58	59	2,4299	91	91	92	2,4690
26	25	27	0,6672	59	58	60	-2,2256	92	92	93	0,0000
27	27	28	-1,8068	60	42	61	1,0137	93	93	94	-2,4690
28	28	29	1,2411	61	61	62	-1,4745	94	94	95	0,0000
29	29	30	-1,2411	62	62	63	1,1286	95	95	96	2,1324
30	30	31	1,7925	63	63	64	-1,3543	96	96	97	-0,3408
31	31	32	-0,6817	64	64	65	1,2422	97	97	98	-1,4091
32	32	33	-1,9317	65	65	66	-1,2422	98	97	99	-1,4091
33	32	34	-1,2341	66	66	67	1,2422				

Fonte: Da própria autora

Tabela 92 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8471	0	0,00000	34	11,7751	0	0,00000	67	11,8513	0	0,00000
2	12,0000	1	74,5244	35	11,8114	0	0,00000	68	12,0000	1	80,3856
3	11,9252	0	0,00000	36	12,0000	1	66,5490	69	11,8958	0	0,00000
4	12,0000	1	72,5944	37	12,0000	1	69,8004	70	12,0000	1	50,1806
5	12,0000	1	59,3373	38	11,7946	0	0,00000	71	11,7443	0	0,00000
6	11,8402	0	0,00000	39	11,7414	0	0,00000	72	12,0000	1	77,7910
7	11,8416	0	0,00000	40	11,8396	0	0,00000	73	11,8513	0	0,00000
8	12,0000	1	71,2251	41	12,0000	1	78,6387	74	11,8513	0	0,00000
9	11,9259	0	0,00000	42	12,0000	1	68,7839	75	12,0000	1	74,5349
10	12,0000	1	78,1166	43	12,0000	1	44,9065	76	11,9252	0	0,00000
11	11,8639	0	0,00000	44	11,9252	0	0,00000	77	12,0000	1	76,9559
12	11,8730	0	0,00000	45	12,0000	1	74,5349	78	11,8392	0	0,00000
13	11,8818	0	0,00000	46	11,8513	0	0,00000	79	12,0000	1	56,7078
14	12,0000	1	76,6110	47	11,8513	0	0,00000	80	11,6636	0	0,00000
15	11,9294	0	0,00000	48	12,0000	1	80,3856	81	11,7282	0	0,00000
16	12,0000	1	68,9618	49	11,8958	0	0,00000	82	11,7761	0	0,00000
17	11,8862	0	0,00000	50	11,7443	0	0,00000	83	12,0000	1	74,6308
18	11,9154	0	0,00000	51	12,0000	1	50,1806	84	12,0000	1	59,6284
19	12,0000	1	79,9101	52	12,0000	1	77,7910	85	11,8513	0	0,00000
20	11,8304	0	0,00000	53	11,8513	0	0,00000	86	11,8513	0	0,00000
21	12,0000	1	74,7067	54	11,8513	0	0,00000	87	12,0000	1	74,5349
22	11,8346	0	0,00000	55	12,0000	1	74,5349	88	11,9252	0	0,00000
23	11,8346	0	0,00000	56	11,9252	0	0,00000	89	12,0000	1	74,5244
24	12,0000	1	59,5865	57	12,0000	1	76,9559	90	11,8471	0	0,00000
25	12,0000	1	74,6480	58	11,8392	0	0,00000	91	12,0000	1	59,6284
26	11,9019	0	0,00000	59	12,0000	1	56,7078	92	11,8513	0	0,00000
27	11,9146	0	0,00000	60	11,6636	0	0,00000	93	11,8513	0	0,00000
28	12,0000	1	74,4693	61	11,8221	0	0,00000	94	12,0000	1	74,5349
29	11,8304	0	0,00000	62	11,7930	0	0,00000	95	11,9252	0	0,00000
30	11,8304	0	0,00000	63	12,0000	1	79,2902	96	12,0000	1	77,7700
31	12,0000	1	78,6129	64	11,9252	0	0,00000	97	11,8351	0	0,00000
32	11,8908	0	0,00000	65	12,0000	1	74,5349	98	12,0000	1	55,8477
33	12,0000	1	63,1076	66	11,8513	0	0,00000	99	11,6493	0	0,00000

Fonte: Da própria autora

Tabela 93 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4681	34	34	35	-0,5850	67	67	68	-2,4690
2	2	3	1,2422	35	35	36	-3,0457	68	68	69	1,7297
3	3	4	-1,2422	36	36	37	0,0000	69	69	70	-1,6817
4	4	5	0,0000	37	37	38	3,3167	70	69	71	2,4467
5	5	6	2,4447	38	38	39	0,8594	71	69	72	-1,5135
6	6	7	-0,0219	39	39	40	-1,5866	72	72	73	2,4690
7	7	8	-2,4889	40	40	41	-4,0532	73	73	74	0,0000
8	8	9	0,9465	41	41	42	0,0000	74	74	75	-2,4690
9	9	10	-1,5380	42	42	43	-0,0000	75	75	76	1,2422
10	10	11	2,4716	43	43	44	1,2422	76	76	77	-1,2422
11	4	12	2,3073	44	44	45	-1,2422	77	77	78	2,6707
12	12	13	-0,1662	45	45	46	2,4690	78	78	79	-2,2256
13	13	14	-2,6416	46	46	47	0,0000	79	78	80	2,4299
14	14	15	1,2426	47	47	48	-2,4690	80	62	81	1,1774
15	15	16	-1,2426	48	48	49	1,7297	81	81	82	-1,2658
16	16	17	2,0041	49	49	50	2,4467	82	82	83	-3,7192
17	17	18	-0,4721	50	49	51	-1,6817	83	83	84	0,0000
18	18	19	-1,6945	51	49	52	-1,5135	84	84	85	2,4690

continua.

Tabela 93 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
19	19	20	2,4646	52	52	53	2,4690	85	85	86	0,0000
20	18	21	-1,2600	53	53	54	0,0000	86	86	87	-2,4690
21	21	22	2,4655	54	54	55	-2,4690	87	87	88	1,2422
22	22	23	0,0000	55	55	56	1,2422	88	88	89	-1,2422
23	23	24	-2,4655	56	56	57	-1,2422	89	89	90	2,4681
24	24	25	-0,0000	57	57	58	2,6707	90	89	91	0,0000
25	25	26	2,4795	58	58	59	-2,2256	91	91	92	2,4690
26	25	27	1,2411	59	58	60	2,4299	92	92	93	0,0000
27	27	28	-1,2411	60	42	61	3,2319	93	93	94	-2,4690
28	28	29	2,4646	61	61	62	0,7690	94	94	95	1,2422
29	29	30	-0,0000	62	62	63	-2,8653	95	95	96	-1,2422
30	30	31	-2,4646	63	63	64	1,2422	96	96	97	2,7386
31	31	32	1,5864	64	64	65	-1,2422	97	97	98	-2,1539
32	32	33	-2,7589	65	65	66	2,4690	98	97	99	2,4269
33	32	34	1,8681	66	66	67	0,0000				

Fim.

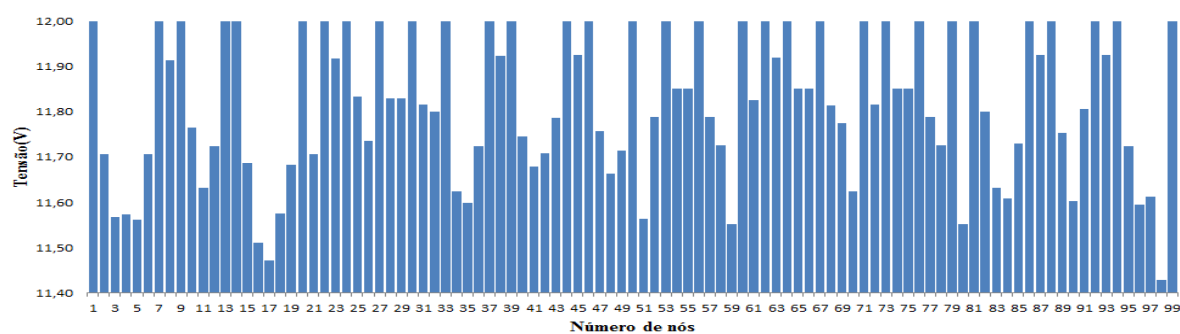
Fonte: Da própria autora

Tabela 94 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	86,9482	34	11,6247	0	0	67	12,0000	1	96,8437
2	11,7061	0	0	35	11,5997	0	0	68	11,8133	0	0
3	11,5673	0	0	36	11,7242	0	0	69	11,7748	0	0
4	11,5735	0	0	37	12,0000	1	98,3520	70	11,6248	0	0
5	11,5625	0	0	38	11,9231	0	0	71	12,0000	1	73,6501
6	11,7055	0	0	39	12,0000	1	94,2134	72	11,8159	0	0
7	12,0000	1	101,9520	40	11,7456	0	0	73	12,0000	1	96,3349
8	11,9129	0	0	41	11,6798	0	0	74	11,8514	0	0
9	12,0000	1	101,8500	42	11,7090	0	0	75	11,8514	0	0
10	11,7652	0	0	43	11,7871	0	0	76	12,0000	1	101,7130
11	11,6319	0	0	44	12,0000	1	87,3475	77	11,7889	0	0
12	11,7240	0	0	45	11,9252	0	0	78	11,7256	0	0
13	12,0000	1	92,1225	46	12,0000	1	93,2521	79	12,0000	1	75,5809
14	12,0000	1	96,3491	47	11,7575	0	0	80	11,5517	0	0
15	11,6862	0	0	48	11,6624	0	0	81	12,0000	1	93,2183
16	11,5105	0	0	49	11,7136	0	0	82	11,8007	0	0
17	11,4710	0	0	50	12,0000	1	85,5075	83	11,6315	0	0
18	11,5758	0	0	51	11,5644	0	0	84	11,6082	0	0
19	11,6837	0	0	52	11,7875	0	0	85	11,7306	0	0
20	12,0000	1	85,1633	53	12,0000	1	101,9890	86	12,0000	1	98,6156
21	11,7061	0	0	54	11,8514	0	0	87	11,9252	0	0
22	12,0000	1	97,4670	55	11,8514	0	0	88	12,0000	1	94,1100
23	11,9167	0	0	56	12,0000	1	101,7130	89	11,7532	0	0
24	12,0000	1	74,7310	57	11,7889	0	0	90	11,6035	0	0
25	11,8332	0	0	58	11,7256	0	0	91	11,8058	0	0
26	11,7365	0	0	59	11,5517	0	0	92	12,0000	1	83,6093
27	12,0000	1	88,6653	60	12,0000	1	75,5809	93	11,9252	0	0
28	11,8304	0	0	61	11,8262	0	0	94	12,0000	1	99,9155
29	11,8304	0	0	62	12,0000	1	98,6623	95	11,7240	0	0
30	12,0000	1	91,8054	63	11,9185	0	0	96	11,5951	0	0
31	11,8152	0	0	64	12,0000	1	75,8809	97	11,6116	0	0
32	11,7998	0	0	65	11,8514	0	0	98	11,4294	0	0
33	12,0000	1	90,7316	66	11,8514	0	0	99	12,0000	1	90,8913

Fonte: Da própria autora

Figura 78 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III



Fonte: Da própria autora

Tabela 95 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	4,7456	34	34	35	0,4051	67	67	68	3,1012
2	2	3	2,3069	35	35	36	-2,0114	68	68	69	0,6401
3	3	4	-0,1029	36	36	37	-4,4540	69	69	70	2,4218
4	4	5	0,2202	37	37	38	1,2419	70	69	71	-3,6375
5	5	6	-2,1885	38	38	39	-1,2419	71	69	72	-0,5972
6	6	7	-4,6272	39	39	40	4,1091	72	72	73	-3,0588
7	7	8	1,3687	40	40	41	1,6621	73	73	74	2,4690
8	8	9	-1,1130	41	41	42	-0,7711	74	74	75	0,0000
9	9	10	4,8744	42	42	43	-1,0811	75	75	76	-2,4690
10	10	11	2,4233	43	43	44	-3,5367	76	76	77	3,5070
11	4	12	-2,7343	44	44	45	1,2422	77	77	78	1,0510
12	12	13	-5,1768	45	45	46	-1,2422	78	78	79	-3,7984
13	13	14	0,0000	46	46	47	4,0287	79	78	80	2,4066
14	14	15	5,5290	47	47	48	1,5793	80	62	81	-0,0000
15	15	16	3,0944	48	48	49	-0,8503	81	81	82	5,2681
16	16	17	0,6964	49	49	50	-4,6256	82	82	83	2,8097
17	17	18	-1,6933	50	49	51	2,4092	83	83	84	0,3864
18	18	19	-2,1628	51	49	52	-1,0742	84	84	85	-2,0318
19	19	20	-4,5969	52	52	53	-3,5300	85	85	86	-4,4757
20	18	21	-1,9421	53	53	54	2,4690	86	86	87	1,2422
21	21	22	-4,3809	54	54	55	0,0000	87	87	88	-1,2422
22	22	23	1,2413	55	55	56	-2,4690	88	88	89	4,1002
23	23	24	-1,2413	56	56	57	3,5070	89	89	90	2,4173
24	24	25	2,4862	57	57	58	1,0510	90	89	91	-0,7656
25	25	26	2,4451	58	58	59	2,4066	91	91	92	-3,2252
26	25	27	-2,4241	59	58	60	-3,7984	92	92	93	1,2422
27	27	28	2,4646	60	42	61	-2,1294	93	93	94	-1,2422
28	28	29	-0,0000	61	61	62	-4,5932	94	94	95	4,5840
29	29	30	-2,4646	62	62	63	1,1286	95	95	96	2,1415
30	30	31	2,6857	63	63	64	-1,3543	96	96	97	-0,2740
31	31	32	0,2242	64	64	65	2,4690	97	97	98	2,3811
32	32	33	-5,0609	65	65	66	0,0000	98	97	99	-5,0742
33	32	34	2,8269	66	66	67	-2,4690				

Fim.

Fonte: Da própria autora

Tabela 96 - Custo do sistema teste 2 através do
B&B - Alternativa 1/Arranjo III

Custo Total US\$	
Sistemas fotovoltaicos	120.007,00
Perdas do sistema	4.890,65
TOTAL	124.897,65

Fonte: Da própria autora

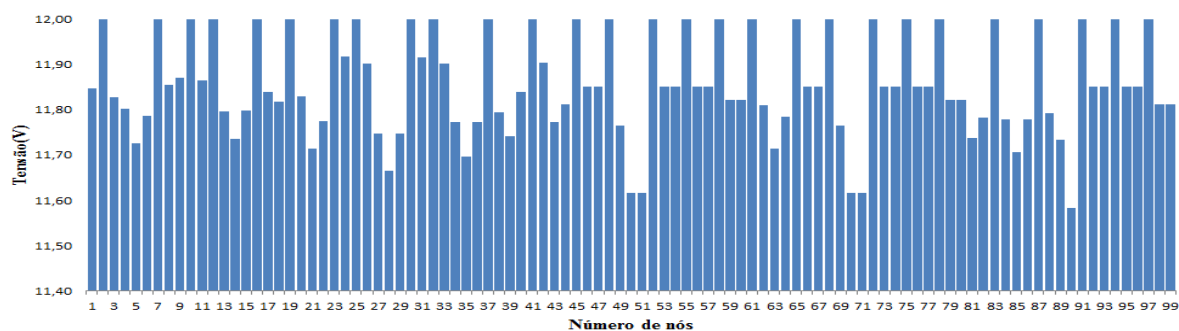
Tabela 97 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0	34	11,7727	0	0	67	11,8514	0	0
2	12,0000	1	94,0659	35	11,6972	0	0	68	12,0000	1	106,2920
3	11,8272	0	0	36	11,7727	0	0	69	11,7659	0	0
4	11,8027	0	0	37	12,0000	1	113,8540	70	11,6161	0	0
5	11,7263	0	0	38	11,7946	0	0	71	11,6161	0	0
6	11,7858	0	0	39	11,7414	0	0	72	12,0000	1	100,4590
7	12,0000	1	97,6267	40	11,8397	0	0	73	11,8514	0	0
8	11,8556	0	0	41	12,0000	1	109,0990	74	11,8514	0	0
9	11,8712	0	0	42	11,9039	0	0	75	12,0000	1	89,2568
10	12,0000	1	91,7421	43	11,7737	0	0	76	11,8514	0	0
11	11,8640	0	0	44	11,8128	0	0	77	11,8514	0	0
12	12,0000	1	118,7320	45	12,0000	1	96,9527	78	12,0000	1	118,7390
13	11,7969	0	0	46	11,8514	0	0	79	11,8221	0	0
14	11,7364	0	0	47	11,8514	0	0	80	11,8221	0	0
15	11,7984	0	0	48	12,0000	1	106,2920	81	11,7384	0	0
16	12,0000	1	106,4580	49	11,7659	0	0	82	11,7823	0	0
17	11,8399	0	0	50	11,6161	0	0	83	12,0000	1	117,4700
18	11,8180	0	0	51	11,6161	0	0	84	11,7789	0	0
19	12,0000	1	103,3600	52	12,0000	1	100,4590	85	11,7055	0	0
20	11,8304	0	0	53	11,8514	0	0	86	11,7789	0	0
21	11,7147	0	0	54	11,8514	0	0	87	12,0000	1	115,3780
22	11,7751	0	0	55	12,0000	1	89,2568	88	11,7928	0	0
23	12,0000	1	85,1357	56	11,8514	0	0	89	11,7335	0	0
24	11,9167	0	0	57	11,8514	0	0	90	11,5841	0	0
25	12,0000	1	118,6010	58	12,0000	1	118,7390	91	12,0000	1	106,1050
26	11,9019	0	0	59	11,8221	0	0	92	11,8514	0	0
27	11,7480	0	0	60	11,8221	0	0	93	11,8514	0	0
28	11,6644	0	0	61	12,0000	1	111,4920	94	12,0000	1	89,2568
29	11,7480	0	0	62	11,8091	0	0	95	11,8514	0	0
30	12,0000	1	88,8438	63	11,7151	0	0	96	11,8514	0	0
31	11,9146	0	0	64	11,7836	0	0	97	12,0000	1	118,6870
32	12,0000	1	118,7010	65	12,0000	1	102,7580	98	11,8117	0	0
33	11,9019	0	0	66	11,8514	0	0	99	11,8117	0	0

Fim.

Fonte: Da própria autora

Figura 79 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV



Fonte: Da própria autora

Tabela 98 - Custo do sistema teste 2 através do
B&B - Alternativa 1/Arranjo IV

Custo Total US\$	
Sistemas fotovoltaicos	105.006,13
Perdas do sistema	3.943,59
TOTAL	108.949,72

Fonte: Da própria autora

Tabela 99 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4681	34	34	35	1,2184	67	67	68	-2,4690
2	2	3	2,8706	35	35	36	-1,2184	68	68	69	3,8886
3	3	4	0,4066	36	36	37	-3,6711	69	69	70	2,4200
4	4	5	1,5323	37	37	38	3,3167	70	69	71	2,4200
5	5	6	-0,9106	38	38	39	0,8594	71	69	72	-3,4025
6	6	7	-3,3659	39	39	40	-1,5866	72	72	73	2,4690
7	7	8	2,2695	40	40	41	-4,0532	73	73	74	0,0000
8	8	9	-0,2003	41	41	42	2,5383	74	74	75	-2,4690
9	9	10	-2,6735	42	42	43	1,8034	75	75	76	2,4690
10	10	11	2,4716	43	43	44	-0,6493	76	76	77	0,0000
11	4	12	-3,5845	44	44	45	-3,1103	77	77	78	-2,4690
12	12	13	3,8097	45	45	46	2,4690	78	78	79	2,4629
13	13	14	1,3520	46	46	47	0,0000	79	78	80	2,4629
14	14	15	-1,0930	47	47	48	-2,4690	80	62	81	1,2842
15	15	16	-3,5510	48	48	49	3,8886	81	81	82	-1,1612
16	16	17	2,8204	49	49	50	2,4200	82	82	83	-3,6159
17	17	18	0,3537	50	49	51	2,4200	83	83	84	3,6732
18	18	19	-3,6486	51	49	52	-3,4025	84	84	85	1,2193
19	19	20	2,4646	52	52	53	2,4690	85	85	86	-1,2193
20	18	21	1,5403	53	53	54	0,0000	86	86	87	-3,6732
21	21	22	-0,9001	54	54	55	-2,4690	87	87	88	3,4416
22	22	23	-3,3533	55	55	56	2,4690	88	88	89	0,9847
23	23	24	1,2413	56	56	57	0,0000	89	89	90	2,4133
24	24	25	-1,2413	57	57	58	-2,4690	90	89	91	-3,8730
25	25	26	2,4795	58	58	59	2,4629	91	91	92	2,4690
26	25	27	3,6625	59	58	60	2,4629	92	92	93	0,0000
27	27	28	1,2150	60	42	61	-1,7451	93	93	94	-2,4690
28	28	29	-1,2150	61	61	62	5,0458	94	94	95	2,4690
29	29	30	-3,6625	62	62	63	1,3014	95	95	96	0,0000
30	30	31	1,2411	63	63	64	-1,1392	96	96	97	-2,4690
31	31	32	-1,2411	64	64	65	-3,5941	97	97	98	2,4607
32	32	33	2,4795	65	65	66	2,4690	98	97	99	2,4607
33	32	34	3,6711	66	66	67	0,0000				

Fim.

Fonte: Da própria autora

C.2 Alternativa 2

Tabela 100 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8471	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
2	12,0000	1	74,5244	12,0000	1	74,5245	12,0000	1	74,5245
3	11,9252	0	0	11,9252	0	0	11,9252	0	0
4	12,0000	1	91,5248	12,0000	1	91,5249	12,0000	1	91,5249
5	11,8672	0	0	11,8672	0	0	11,8672	0	0
6	11,8548	0	0	11,8549	0	0	11,8549	0	0
7	12,0000	1	73,7913	12,0000	1	84,6008	12,0000	1	98,1178
8	11,9128	0	0	11,8556	0	0	11,7839	0	0
9	12,0000	1	101,8490	11,8712	0	0	11,7102	0	0
10	11,7652	0	0	12,0000	1	91,7421	11,7824	0	0
11	11,6318	0	0	11,8640	0	0	12,0000	1	77,4396

continua.

Tabela 100 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
12	11,9326	0	0	11,9327	0	0	11,9327	0	0
13	12,0000	1	91,8608	12,0000	1	91,8609	12,0000	1	91,8609
14	11,8259	0	0	11,8259	0	0	11,8259	0	0
15	11,7448	0	0	11,7448	0	0	11,7448	0	0
16	11,8026	0	0	11,8026	0	0	11,8026	0	0
17	12,0000	1	71,7252	12,0000	1	71,7253	12,0000	1	71,7253
18	12,0000	1	88,3714	12,0000	1	88,3715	12,0000	1	88,3715
19	11,7573	0	0	11,7574	0	0	11,7574	0	0
20	11,5912	0	0	11,5912	0	0	11,5912	0	0
21	12,0000	1	59,5865	12,0000	1	59,5865	12,0000	1	59,5865
22	11,8346	0	0	11,8346	0	0	11,8346	0	0
23	11,8346	0	0	11,8346	0	0	11,8346	0	0
24	12,0000	1	89,4216	12,0000	1	89,4216	12,0000	1	89,4216
25	11,8332	0	0	11,8332	0	0	11,8332	0	0
26	11,7364	0	0	11,7365	0	0	11,7365	0	0
27	12,0000	1	88,6652	12,0000	1	88,6653	12,0000	1	88,6653
28	11,8304	0	0	11,8304	0	0	11,8304	0	0
29	11,8304	0	0	11,8304	0	0	11,8304	0	0
30	12,0000	1	91,8054	12,0000	1	91,8054	12,0000	1	91,8054
31	11,8152	0	0	11,8152	0	0	11,8152	0	0
32	11,7997	0	0	11,7998	0	0	11,7998	0	0
33	12,0000	1	90,7315	12,0000	1	90,7316	12,0000	1	90,7316
34	11,6247	0	0	11,6247	0	0	11,6247	0	0
35	11,5996	0	0	11,5997	0	0	11,5997	0	0
36	11,7242	0	0	11,7242	0	0	11,7242	0	0
37	12,0000	1	98,3519	12,0000	1	98,352	12,0000	1	98,352
38	11,9230	0	0	11,9231	0	0	11,9231	0	0
39	12,0000	1	95,1983	12,0000	1	95,1984	12,0000	1	95,1984
40	11,7404	0	0	11,7405	0	0	11,7405	0	0
41	11,6714	0	0	11,6714	0	0	11,6714	0	0
42	11,6974	0	0	11,6974	0	0	11,6974	0	0
43	12,0000	1	95,1713	12,0000	1	95,1714	12,0000	1	95,1714
44	11,9252	0	0	11,9252	0	0	11,9252	0	0
45	12,0000	1	74,5349	12,0000	1	74,5349	12,0000	1	74,5349
46	11,8513	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
47	11,8513	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
48	12,0000	1	59,6284	12,0000	1	59,6284	12,0000	1	59,6284
49	12,0000	1	89,2358	12,0000	1	89,2359	12,0000	1	89,2359
50	11,8471	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
51	11,8471	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
52	12,0000	1	88,1781	12,0000	1	88,1781	12,0000	1	88,1781
53	11,7081	0	0	11,7081	0	0	11,7081	0	0
54	11,5631	0	0	11,5631	0	0	11,5631	0	0
55	11,5631	0	0	11,5631	0	0	11,5631	0	0
56	11,7081	0	0	11,7081	0	0	11,7081	0	0
57	12,0000	1	88,1781	12,0000	1	88,1781	12,0000	1	88,1781
58	12,0000	1	89,1103	12,0000	1	89,1104	12,0000	1	89,1104
59	11,8220	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
60	11,8220	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
61	11,6387	0	0	11,6388	0	0	11,6388	0	0
62	11,6901	0	0	11,6902	0	0	11,6902	0	0
63	12,0000	1	96,3693	12,0000	1	96,3694	12,0000	1	96,3694
64	11,9252	0	0	11,9252	0	0	11,9252	0	0
65	12,0000	1	74,5349	12,0000	1	74,5349	12,0000	1	74,5349
66	11,8513	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
67	11,8513	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
68	12,0000	1	59,6284	12,0000	1	59,6284	12,0000	1	59,6284
69	12,0000	1	89,2358	12,0000	1	89,2359	12,0000	1	89,2359
70	11,8471	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
71	11,8471	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
72	12,0000	1	88,1781	12,0000	1	88,1781	12,0000	1	88,1781
73	11,7081	0	0	11,7081	0	0	11,7081	0	0
74	11,5631	0	0	11,5631	0	0	11,5631	0	0
75	11,5631	0	0	11,5631	0	0	11,5631	0	0
76	11,7081	0	0	11,7081	0	0	11,7081	0	0
77	12,0000	1	88,1781	12,0000	1	88,1781	12,0000	1	88,1781
78	12,0000	1	89,1103	12,0000	1	89,1104	12,0000	1	89,1104
79	11,8220	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
80	11,8220	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
81	11,6630	0	0	11,6630	0	0	11,6630	0	0
82	11,7362	0	0	11,7363	0	0	11,7363	0	0
83	12,0000	1	97,4781	12,0000	1	97,4782	12,0000	1	97,4782
84	11,9252	0	0	11,9252	0	0	11,9252	0	0
85	12,0000	1	74,5349	12,0000	1	74,5349	12,0000	1	74,5349

continua.

Tabela 100 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
86	11,8513	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
87	11,8513	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
88	12,0000	1	59,6284	12,0000	1	59,6284	12,0000	1	59,6284
89	12,0000	1	87,8730	12,0000	1	87,8731	12,0000	1	87,8731
90	11,8471	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
91	11,8380	0	0	11,8380	0	0	11,8380	0	0
92	11,8447	0	0	11,8447	0	0	11,8447	0	0
93	12,0000	1	90,5801	12,0000	1	90,5801	12,0000	1	90,5801
94	11,8513	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
95	11,8513	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
96	12,0000	1	59,6284	12,0000	1	59,6284	12,0000	1	59,6284
97	12,0000	1	89,0582	12,0000	1	89,0583	12,0000	1	89,0583
98	11,8116	0	0	11,8117	0	0	11,8117	0	0
99	11,8116	0	0	11,8117	0	0	11,8117	0	0

Fim.

Fonte: Da própria autora

Tabela 101 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
1	1	2	-2,4681	-2,4681	-2,4681
2	2	3	1,2422	1,2422	1,2422
3	3	4	-1,2422	-1,2422	-1,2422
4	4	5	2,6616	2,6616	2,6616
5	5	6	0,1892	0,1892	0,1892
6	6	7	-2,2805	-2,2805	-2,2805
7	7	8	1,3687	2,2695	3,3959
8	8	9	-1,1130	-0,2003	0,9410
9	9	10	4,8744	-2,6735	-1,4986
10	10	11	2,4233	2,4716	-3,9533
11	4	12	1,2232	1,2232	1,2232
12	12	13	-1,2627	-1,2627	-1,2627
13	13	14	3,8923	3,8923	3,8923
14	14	15	1,4286	1,4286	1,4286
15	15	16	-1,0182	-1,0182	-1,0182
16	16	17	-3,4771	-3,4771	-3,4771
17	17	18	0,0000	0,0000	0,0000
18	18	19	4,8642	4,8642	4,8642
19	19	20	2,4148	2,4148	2,4148
20	18	21	0,0000	0,0000	0,0000
21	21	22	2,4655	2,4655	2,4655
22	22	23	-0,0000	0,0000	0,0000
23	23	24	-2,4655	-2,4655	-2,4655
24	24	25	2,4862	2,4862	2,4862
25	25	26	2,4451	2,4451	2,4451
26	25	27	-2,4241	-2,4241	-2,4241
27	27	28	2,4646	2,4646	2,4646
28	28	29	-0,0000	-0,0000	-0,0000
29	29	30	-2,4646	-2,4646	-2,4646
30	30	31	2,6857	2,6857	2,6857
31	31	32	0,2242	0,2242	0,2242
32	32	33	-5,0609	-5,0609	-5,0609
33	32	34	2,8269	2,8269	2,8269
34	34	35	0,4051	0,4051	0,4051
35	35	36	-2,0114	-2,0114	-2,0114

continua.

Tabela 101 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
36	36	37	-4,4540	-4,4540	-4,4540
37	37	38	1,2419	1,2419	1,2419
38	38	39	-1,2419	-1,2419	-1,2419
39	39	40	4,1912	4,1912	4,1912
40	40	41	1,7452	1,7452	1,7452
41	41	42	-0,6862	-0,6862	-0,6862
42	42	43	-4,1887	-4,1887	-4,1887
43	43	44	1,2422	1,2422	1,2422
44	44	45	-1,2422	-1,2422	-1,2422
45	45	46	2,4690	2,4690	2,4690
46	46	47	0,0000	0,0000	0,0000
47	47	48	-2,4690	-2,4690	-2,4690
48	48	49	0,0000	0,0000	0,0000
49	49	50	2,4681	2,4681	2,4681
50	49	51	2,4681	2,4681	2,4681
51	49	52	0,0000	0,0000	0,0000
52	52	53	4,8481	4,8481	4,8481
53	53	54	2,4089	2,4089	2,4089
54	54	55	0,0000	0,0000	0,0000
55	55	56	-2,4089	-2,4089	-2,4089
56	56	57	-4,8481	-4,8481	-4,8481
57	57	58	0,0000	0,0000	0,0000
58	58	59	2,4629	2,4629	2,4629
59	58	60	2,4629	2,4629	2,4629
60	42	61	1,0655	1,0655	1,0655
61	61	62	-1,3592	-1,3592	-1,3592
62	62	63	-4,2885	-4,2885	-4,2885
63	63	64	1,2422	1,2422	1,2422
64	64	65	-1,2422	-1,2422	-1,2422
65	65	66	2,4690	2,4690	2,4690
66	66	67	0,0000	0,0000	0,0000
67	67	68	-2,4690	-2,4690	-2,4690
68	68	69	0,0000	0,0000	0,0000
69	69	70	2,4681	2,4681	2,4681
70	69	71	2,4681	2,4681	2,4681
71	69	72	0,0000	0,0000	0,0000
72	72	73	4,8481	4,8481	4,8481
73	73	74	2,4089	2,4089	2,4089
74	74	75	0,0000	0,0000	0,0000
75	75	76	-2,4089	-2,4089	-2,4089
76	76	77	-4,8481	-4,8481	-4,8481
77	77	78	0,0000	0,0000	0,0000
78	78	79	2,4629	2,4629	2,4629
79	78	80	2,4629	2,4629	2,4629
80	62	81	0,4938	0,4938	0,4938
81	81	82	-1,9359	-1,9359	-1,9359
82	82	83	-4,3809	-4,3809	-4,3809
83	83	84	1,2422	1,2422	1,2422
84	84	85	-1,2422	-1,2422	-1,2422
85	85	86	2,4690	2,4690	2,4690
86	86	87	0,0000	0,0000	0,0000
87	87	88	-2,4690	-2,4690	-2,4690
88	88	89	0,0000	0,0000	0,0000
89	89	90	2,4681	2,4681	2,4681

continua.

Tabela 101 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
90	89	91	2,3545	2,3545	2,3545
91	91	92	-0,1116	-0,1116	-0,1116
92	92	93	-2,5793	-2,5793	-2,5793
93	93	94	2,4690	2,4690	2,4690
94	94	95	0,0000	0,0000	0,0000
95	95	96	-2,4690	-2,4690	-2,4690
96	96	97	0,0000	0,0000	0,0000
97	97	98	2,4607	2,4607	2,4607
98	97	99	2,4607	2,4607	2,4607

Fim.

Fonte: Da própria autora

Tabela 102 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0	11,5591	0	0	11,8472	0	0
2	12,0000	1	98,2726	11,7082	0	0	12,0000	1	94,0659
3	11,8061	0	0	12,0000	1	117,5340	11,8272	0	0
4	11,7602	0	0	11,8527	0	0	11,8027	0	0
5	11,7945	0	0	11,8466	0	0	11,7263	0	0
6	12,0000	1	99,4033	12,0000	1	100,4070	11,7858	0	0
7	11,8320	0	0	11,7759	0	0	12,0000	1	111,1440
8	11,8209	0	0	11,7080	0	0	11,7839	0	0
9	12,0000	1	115,9520	11,8154	0	0	11,7102	0	0
10	11,7652	0	0	12,0000	1	105,6610	11,7824	0	0
11	11,6319	0	0	11,8640	0	0	12,0000	1	77,4396
12	11,8154	0	0	11,8606	0	0	12,0000	1	118,7320
13	12,0000	1	118,2640	12,0000	1	108,0830	11,7969	0	0
14	11,8259	0	0	11,8259	0	0	11,7364	0	0
15	11,7448	0	0	11,7448	0	0	11,7984	0	0
16	11,8026	0	0	11,8026	0	0	12,0000	1	88,1688
17	12,0000	1	71,7253	12,0000	1	71,7253	11,9264	0	0
18	12,0000	1	117,9580	12,0000	1	117,9580	12,0000	1	117,5270
19	11,7574	0	0	11,7574	0	0	11,7574	0	0
20	11,5912	0	0	11,5912	0	0	11,5912	0	0
21	11,8346	0	0	11,8346	0	0	11,9167	0	0
22	11,8346	0	0	11,8346	0	0	12,0000	1	74,4824
23	12,0000	1	74,4824	12,0000	1	74,4824	11,8346	0	0
24	11,9167	0	0	11,9167	0	0	11,8346	0	0
25	12,0000	1	118,6010	12,0000	1	118,6010	12,0000	1	118,9170
26	11,9019	0	0	11,9019	0	0	11,9019	0	0
27	11,7480	0	0	11,7480	0	0	11,8304	0	0
28	11,6644	0	0	11,6644	0	0	11,8304	0	0
29	11,7480	0	0	11,7480	0	0	12,0000	1	103,3650
30	12,0000	1	88,8438	12,0000	1	88,8438	11,7489	0	0
31	11,9146	0	0	11,9146	0	0	11,6663	0	0
32	12,0000	1	118,7010	12,0000	1	118,7010	11,7509	0	0
33	11,9019	0	0	11,9019	0	0	12,0000	1	105,5740
34	11,7727	0	0	11,7727	0	0	11,5886	0	0
35	11,6972	0	0	11,6972	0	0	11,5758	0	0
36	11,7727	0	0	11,7727	0	0	11,7124	0	0
37	12,0000	1	103,6710	12,0000	1	103,6710	12,0000	1	115,3620
38	11,8472	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
39	11,8472	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
40	12,0000	1	119,1830	12,0000	1	119,1830	12,0000	1	119,1830
41	11,8036	0	0	11,8036	0	0	11,8036	0	0
42	11,7089	0	0	11,7089	0	0	11,7089	0	0
43	11,7870	0	0	11,7870	0	0	11,7870	0	0
44	12,0000	1	116,5320	12,0000	1	116,5320	12,0000	1	116,5320
45	11,7789	0	0	11,7789	0	0	11,7789	0	0
46	11,7055	0	0	11,7055	0	0	11,7055	0	0
47	11,7789	0	0	11,7789	0	0	11,7789	0	0
48	12,0000	1	119,4920	12,0000	1	119,4920	12,0000	1	119,4920

continua.

Tabela 102 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
49	11,7722	0	0	11,7722	0	0	11,7722	0	0
50	11,6223	0	0	11,6223	0	0	11,6223	0	0
51	12,0000	1	74,1517	12,0000	1	74,1517	12,0000	1	74,1517
52	11,5940	0	0	11,5940	0	0	11,5940	0	0
53	11,5835	0	0	11,5835	0	0	11,5835	0	0
54	11,7183	0	0	11,7183	0	0	11,7183	0	0
55	12,0000	1	115,7890	12,0000	1	115,7890	12,0000	1	115,7890
56	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
57	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
58	12,0000	1	118,7390	12,0000	1	118,7390	12,0000	1	118,7390
59	11,8221	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
60	11,8221	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
61	11,6457	0	0	11,6457	0	0	11,6457	0	0
62	11,6941	0	0	11,6941	0	0	11,6941	0	0
63	12,0000	1	110,4450	12,0000	1	110,4450	12,0000	1	110,4450
64	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
65	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
66	12,0000	1	89,2568	12,0000	1	89,2568	12,0000	1	102,4820
67	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,7850	0	0
68	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,7178	0	0
69	12,0000	1	118,8640	12,0000	1	118,8640	11,7976	0	0
70	11,8472	0	0	11,8472	0	0	11,6474	0	0
71	11,8472	0	0	11,8472	0	0	12,0000	1	69,2192
72	12,0000	1	59,6284	12,0000	1	59,6284	12,0000	1	94,9257
73	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
74	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
75	12,0000	1	89,2568	12,0000	1	89,2568	12,0000	1	89,2568
76	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
77	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
78	12,0000	1	118,7390	12,0000	1	118,7390	12,0000	1	118,7390
79	11,8221	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
80	11,8221	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
81	11,6655	0	0	11,6655	0	0	11,6655	0	0
82	11,7378	0	0	11,7378	0	0	11,7378	0	0
83	12,0000	1	111,9000	12,0000	1	111,9000	12,0000	1	111,9000
84	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
85	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
86	12,0000	1	89,2568	12,0000	1	74,5349	12,0000	1	89,2568
87	11,8514	0	0	11,9252	0	0	11,8514	0	0
88	11,8514	0	0	12,0000	1	94,1100	11,8514	0	0
89	12,0000	1	117,5010	11,7532	0	0	12,0000	1	117,5010
90	11,8472	0	0	11,6035	0	0	11,8472	0	0
91	11,8380	0	0	11,8058	0	0	11,8380	0	0
92	11,8447	0	0	12,0000	1	98,3311	11,8447	0	0
93	12,0000	1	75,8582	11,8514	0	0	12,0000	1	75,8582
94	11,9252	0	0	11,8514	0	0	11,9252	0	0
95	12,0000	1	59,8130	12,0000	1	74,5349	12,0000	1	59,8130
96	11,9252	0	0	11,9252	0	0	11,9252	0	0
97	12,0000	1	103,965	12,0000	1	103,9650	12,0000	1	103,9650
98	11,8117	0	0	11,8117	0	0	11,8117	0	0
99	11,8117	0	0	11,8117	0	0	11,8117	0	0

Fim.

Fonte: Da própria autora

Tabela 103 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo IV

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
1	1	2	-2,4681	-2,4081	-2,4681
2	2	3	3,2212	-4,8473	2,8706
3	3	4	0,7616	2,4471	0,4066
4	4	5	-0,6869	0,1214	1,5323
5	5	6	-3,1441	-2,3466	-0,9106
6	6	7	2,6394	3,5206	-3,3659
7	7	8	0,1744	1,0673	3,3959
8	8	9	-2,2882	-1,3718	0,9410

continua.

Tabela 103 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
9	9	10	4,8744	-3,8333	-1,4986
10	10	11	2,4233	2,4716	-3,9533
11	4	12	-1,0014	-0,1436	-3,5845
12	12	13	-3,4629	-2,6146	3,8097
13	13	14	3,8923	3,8923	1,3520
14	14	15	1,4286	1,4286	-1,0930
15	15	16	-1,0182	-1,0182	-3,5510
16	16	17	-3,4771	-3,4771	1,2963
17	17	18	0,0000	0,0000	-1,1883
18	18	19	4,8642	4,8642	4,8642
19	19	20	2,4148	2,4148	2,4148
20	18	21	2,4655	2,4655	1,2413
21	21	22	0,0000	0,0000	-1,2413
22	22	23	-2,4655	-2,4655	2,4655
23	23	24	1,2413	1,2413	0,0000
24	24	25	-1,2413	-1,2413	-2,4655
25	25	26	2,4795	2,4795	2,4795
26	25	27	3,6625	3,6625	2,4646
27	27	28	1,2150	1,2150	0,0000
28	28	29	-1,2150	-1,2150	-2,4646
29	29	30	-3,6625	-3,6625	3,6490
30	30	31	1,2411	1,2411	1,2013
31	31	32	-1,2411	-1,2411	-1,2291
32	32	33	2,4795	2,4795	-6,2978
33	32	34	3,6711	3,6711	2,6206
34	34	35	1,2184	1,2184	0,2063
35	35	36	-1,2184	-1,2184	-2,2052
36	36	37	-3,6711	-3,6711	-4,6453
37	37	38	2,4681	2,4681	2,4681
38	38	39	0,0000	0,0000	0,0000
39	39	40	-2,4681	-2,4681	-2,4681
40	40	41	4,9637	4,9637	4,9637
41	41	42	2,5047	2,5047	2,5047
42	42	43	-1,0821	-1,0821	-1,0821
43	43	44	-3,5377	-3,5377	-3,5377
44	44	45	3,6732	3,6732	3,6732
45	45	46	1,2193	1,2193	1,2193
46	46	47	-1,2193	-1,2193	-1,2193
47	47	48	-3,6732	-3,6732	-3,6732
48	48	49	3,7844	3,7844	3,7844
49	49	50	2,4213	2,4213	2,4213
50	49	51	-3,6793	-3,6793	-3,6793
51	49	52	2,5899	2,5899	2,5899
52	52	53	0,1744	0,1744	0,1744
53	53	54	-2,2387	-2,2387	-2,2387
54	54	55	-4,6800	-4,6800	-4,6800
55	55	56	2,4690	2,4690	2,4690
56	56	57	0,0000	0,0000	0,0000
57	57	58	-2,4690	-2,4690	-2,4690
58	58	59	2,4629	2,4629	2,4629
59	58	60	2,4629	2,4629	2,4629
60	42	61	1,1474	1,1474	1,1474
61	61	62	-1,2787	-1,2787	-1,2787
62	62	63	-4,2347	-4,2347	-4,2347

continua.

Tabela 103 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
63	63	64	2,4690	2,4690	2,4690
64	64	65	0,0000	0,0000	0,0000
65	65	66	-2,4690	-2,4690	-2,4690
66	66	67	2,4690	2,4690	3,5711
67	67	68	0,0000	0,0000	1,1158
68	68	69	-2,4690	-2,4690	-1,3253
69	69	70	2,4681	2,4681	2,4265
70	69	71	2,4681	2,4681	-3,2682
71	69	72	0,0000	0,0000	-2,9414
72	72	73	2,4690	2,4690	2,4690
73	73	74	0,0000	0,0000	0,0000
74	74	75	-2,4690	-2,4690	-2,4690
75	75	76	2,4690	2,4690	2,4690
76	76	77	0,0000	0,0000	0,0000
77	77	78	-2,4690	-2,4690	-2,4690
78	78	79	2,4629	2,4629	2,4629
79	78	80	2,4629	2,4629	2,4629
80	62	81	0,5197	0,5197	0,5197
81	81	82	-1,9105	-1,9105	-1,9105
82	82	83	-4,3559	-4,3559	-4,3559
83	83	84	2,4690	2,4690	2,4690
84	84	85	0,0000	0,0000	0,0000
85	85	86	-2,4690	-2,4690	-2,4690
86	86	87	2,4690	1,2422	2,4690
87	87	88	0,0000	-1,2422	0,0000
88	88	89	-2,4690	4,1002	-2,4690
89	89	90	2,4681	2,4173	2,4681
90	89	91	2,3545	-0,7656	2,3545
91	91	92	-0,1116	-3,2252	-0,1116
92	92	93	-2,5793	2,4690	-2,5793
93	93	94	1,2422	0,0000	1,2422
94	94	95	-1,2422	-2,4690	-1,2422
95	95	96	1,2422	1,2422	1,2422
96	96	97	-1,2422	-1,2422	-1,2422
97	97	98	2,4607	2,4607	2,4607
98	97	99	2,4607	2,4607	2,4607

Fim.

Fonte: Da própria autora

APÊNDICE D - SISTEMA TESTE 1 - 20 NÓS - B&B COM EBCR

D.1 Alternativa 1

Tabela 104 - Lista do EBCR para o sistema teste 1 - Alternativa 1/Ar-
ranjo I

Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF
1	1	6	1	11	1	16	1
2	1	7	1	12	1	17	1
3	1	8	1	13	1	18	0
4	0	9	1	14	0	19	0
5	1	10	1	15	0	20	1

Fonte: Da própria autora

Tabela 105 - Lista do EBCR para o sistema teste 1 - Alternativa 1/Ar-
ranjo II

Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF
1	1	6	1	11	1	16	1
2	1	7	1	12	0	17	1
3	0	8	1	13	1	18	1
4	1	9	0	14	1	19	1
5	0	10	1	15	0	20	1

Fonte: Da própria autora

D.2 Alternativa 2

Tabela 106 - Lista para o EBCR para o sistema teste 1 - Alternativa 2/Arranjo III

Nó	Nós para alocação de SF		Nós para alocação de SF Caso D
	Caso B	Caso C	
1	1	0	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	1
5	1	1	1
6	0	0	0
7	1	1	1
8	1	1	0
9	1	0	0
10	0	1	0
11	0	0	1
12	1	1	1
13	1	1	1
14	1	0	1
15	0	0	0
16	0	0	0
17	1	1	1
18	1	1	1
19	0	0	0
20	0	0	0

Fonte: Da própria autora

Tabela 107 - Lista para o EBCR para o sistema teste 1 - Alternativa 2/Arranjo IV

Nó	Nós para alocação de SF		Nós para alocação de SF Caso D
	Caso B	Caso C	
1	0	0	0
2	1	1	1
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	1	1
6	0	0	1
7	1	1	1
8	1	1	0
9	1	0	0
10	0	1	0
11	0	0	1
12	1	1	1
13	1	1	0
14	0	0	1
15	1	1	1
16	0	0	1
17	1	0	1
18	1	1	1
19	0	0	0
20	0	0	0

Fonte: Da própria autora

APÊNDICE E - SISTEMA TESTE 2 - 99 NÓS - B&B COM EBCR

E.1 Alternativa 1

Tabela 108 - Lista do EBCR para o arranjo I do sistema teste 2 - Alternativa 1

Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF
1	1	21	0	41	1	61	1	81	1
2	0	22	1	42	1	62	1	82	1
3	1	23	0	43	1	63	1	83	1
4	0	24	1	44	1	64	1	84	1
5	1	25	0	45	0	65	1	85	1
6	1	26	1	46	1	66	1	86	1
7	1	27	0	47	1	67	1	87	1
8	0	28	1	48	1	68	1	88	1
9	1	29	1	49	0	69	0	89	0
10	1	30	1	50	1	70	1	90	1
11	0	31	0	51	0	71	1	91	1
12	1	32	0	52	1	72	1	92	1
13	1	33	1	53	1	73	0	93	1
14	1	34	1	54	1	74	1	94	0
15	1	35	1	55	1	75	0	95	1
16	1	36	1	56	1	76	1	96	1
17	1	37	1	57	1	77	1	97	0
18	1	38	1	58	0	78	0	98	1
19	1	39	1	59	1	79	0	99	1
20	1	40	1	60	1	80	1		

Fonte: Da própria autora

Tabela 109 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	44,6953	34	12,0000	1	59,7137	67	12,0000	1	66,5035
2	11,9242	0	0	35	11,9231	0	0	68	11,8917	0	0
3	12,0000	1	54,1699	36	12,0000	1	59,8077	69	11,9325	0	0
4	11,9546	0	0	37	11,9231	0	0	70	12,0000	1	43,0908
5	12,0000	1	55,6294	38	12,0000	1	59,8077	71	12,0000	1	43,0908
6	11,9199	0	0	39	11,9231	0	0	72	12,0000	1	56,6882
7	12,0000	1	61,5239	40	12,0000	1	59,5117	73	11,9252	0	0
8	11,9129	0	0	41	11,9518	0	0	74	12,0000	1	59,813
9	12,0000	1	43,3569	42	12,0000	1	58,8155	75	11,9252	0	0
10	12,0000	1	59,6599	43	11,9185	0	0	76	12,0000	1	44,9065
11	11,8640	0	0	44	12,0000	1	61,1590	77	12,0000	1	62,0494
12	12,0000	1	53,5188	45	11,9252	0	0	78	11,8392	0	0
13	11,9395	0	0	46	12,0000	1	59,8130	79	11,6637	0	0
14	12,0000	1	61,1454	47	11,9252	0	0	80	12,0000	1	56,7078
15	11,9295	0	0	48	12,0000	1	65,6638	81	11,7914	0	0
16	12,0000	1	60,4680	49	11,8959	0	0	82	11,8148	0	0

continua.

Tabela 109 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
17	11,9264	0	0	50	12,0000	1	50,1807	83	12,0000	1	66,9266
18	12,0000	1	59,1558	51	11,7444	0	0	84	12,0000	1	59,6284
19	12,0000	1	59,5761	52	12,0000	1	63,0691	85	11,8514	0	0
20	11,8304	0	0	53	11,9252	0	0	86	11,8514	0	0
21	11,9167	0	0	54	12,0000	1	59,8130	87	12,0000	1	59,6284
22	12,0000	1	59,7918	55	11,9252	0	0	88	12,0000	1	61,3791
23	11,9167	0	0	56	12,0000	1	44,9065	89	11,8426	0	0
24	12,0000	1	58,9224	57	12,0000	1	62,0494	90	11,6918	0	0
25	11,9216	0	0	58	11,8392	0	0	91	12,0000	1	57,4567
26	12,0000	1	53,7841	59	11,6637	0	0	92	12,0000	1	59,6284
27	11,8757	0	0	60	12,0000	1	56,7078	93	11,8514	0	0
28	12,0000	1	66,5758	61	12,0000	1	64,0074	94	11,8514	0	0
29	11,9146	0	0	62	11,8928	0	0	95	12,0000	1	59,6284
30	12,0000	1	66,4035	63	12,0000	1	62,7199	96	12,0000	1	62,8635
31	11,8767	0	0	64	11,9252	0	0	97	11,8351	0	0
32	11,9236	0	0	65	12,0000	1	59,8130	98	11,6494	0	0
33	12,0000	1	53,1806	66	11,9252	0	0	99	12,0000	1	55,8477

Fim.

Fonte: Da própria autora

Tabela 110 - Corrente nas linhas para o sistema 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	1,2246	34	34	35	1,2420	67	67	68	1,7997
2	2	3	-1,2596	35	35	36	-1,2420	68	68	69	-0,6777
3	3	4	0,7546	36	36	37	1,2420	69	69	70	-1,0909
4	4	5	-0,9107	37	37	38	-1,2420	70	69	71	-1,0909
5	5	6	1,2251	38	38	39	1,2420	71	69	72	-0,9818
6	6	7	-1,2582	39	39	40	-1,2420	72	72	73	1,2422
7	7	8	1,3688	40	40	41	1,2173	73	73	74	-1,2422
8	8	9	-1,1131	41	41	42	-1,2726	74	74	75	1,2422
9	9	10	0,0000	42	42	43	1,1286	75	75	76	-1,2422
10	10	11	2,4717	43	43	44	-1,3544	76	76	77	0,0000
11	4	12	-0,8253	44	44	45	1,2422	77	77	78	2,6708
12	12	13	1,1346	45	45	46	-1,2422	78	78	79	2,4299
13	13	14	-1,3528	46	46	47	1,2422	79	78	80	-2,2257
14	14	15	1,2427	47	47	48	-1,2422	80	62	81	1,8407
15	15	16	-1,2427	48	48	49	1,7298	81	81	82	-0,6158
16	16	17	1,2963	49	49	50	-1,6817	82	82	83	-3,0772
17	17	18	-1,1883	50	49	51	2,4467	83	83	84	0,0000
18	18	19	0,0000	51	49	52	-1,5136	84	84	85	2,4690
19	19	20	2,4647	52	52	53	1,2422	85	85	86	0,0000
20	18	21	1,2413	53	53	54	-1,2422	86	86	87	-2,4690
21	21	22	-1,2413	54	54	55	1,2422	87	87	88	0,0000
22	22	23	1,2413	55	55	56	-1,2422	88	88	89	2,6149
23	23	24	-1,2413	56	56	57	0,0000	89	89	90	2,4358
24	24	25	1,1689	57	57	58	2,6708	90	89	91	-2,2881
25	25	26	-1,9820	58	58	59	2,4299	91	91	92	0,0000
26	25	27	0,6672	59	58	60	-2,2257	92	92	93	2,4690
27	27	28	-1,8069	60	42	61	0,0000	93	93	94	0,0000
28	28	29	1,2411	61	61	62	2,8339	94	94	95	-2,4690
29	29	30	-1,2411	62	62	63	-1,4844	95	95	96	0,0000
30	30	31	1,7925	63	63	64	1,2422	96	96	97	2,7386
31	31	32	-0,6818	64	64	65	-1,2422	97	97	98	2,4270
32	32	33	-1,9317	65	65	66	1,2422	98	97	99	-2,1540
33	32	34	-1,2342	66	66	67	-1,2422				

Fim.

Fonte: Da própria autora

Tabela 111 - Lista do EBCR para o arranjo II do sistema teste 2 - Alternativa 1

Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF
1	1	21	1	41	1	61	0	81	1
2	1	22	1	42	1	62	1	82	1
3	1	23	0	43	1	63	1	83	0
4	1	24	1	44	1	64	1	84	0
5	1	25	1	45	1	65	1	85	1
6	1	26	1	46	0	66	1	86	0
7	1	27	1	47	1	67	1	87	1
8	1	28	0	48	1	68	1	88	0
9	1	29	1	49	0	69	1	89	1
10	1	30	1	50	1	70	0	90	1
11	0	31	1	51	1	71	1	91	1
12	1	32	1	52	1	72	1	92	1
13	0	33	1	53	1	73	1	93	0
14	1	34	1	54	1	74	1	94	1
15	1	35	1	55	1	75	1	95	1
16	1	36	1	56	1	76	1	96	0
17	1	37	1	57	1	77	1	97	1
18	1	38	1	58	0	78	0	98	1
19	1	39	1	59	0	79	1	99	0
20	1	40	1	60	1	80	1		

Fonte: Da própria autora

Tabela 112 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0	34	11,9231	0	0	67	11,9252	0	0
2	12,0000	1	74,5245	35	12,0000	1	74,5218	68	12,0000	1	65,6638
3	11,9252	0	0	36	11,8472	0	0	69	11,8959	0	0
4	12,0000	1	72,5944	37	11,8472	0	0	70	11,7444	0	0
5	12,0000	1	59,3374	38	12,0000	1	74,5218	71	12,0000	1	50,1807
6	11,8402	0	0	39	11,9231	0	0	72	12,0000	1	77,7910
7	11,8416	0	0	40	12,0000	1	79,0512	73	11,8514	0	0
8	12,0000	1	71,2252	41	11,8874	0	0	74	11,8514	0	0
9	11,9259	0	0	42	11,8735	0	0	75	12,0000	1	74,5349
10	12,0000	1	78,1167	43	12,0000	1	65,9261	76	11,9252	0	0
11	11,8640	0	0	44	11,9252	0	0	77	12,0000	1	76,9559
12	11,8730	0	0	45	12,0000	1	74,5349	78	11,8392	0	0
13	11,8819	0	0	46	11,8514	0	0	79	12,0000	1	56,7078
14	12,0000	1	76,6111	47	11,8514	0	0	80	11,6637	0	0
15	11,9295	0	0	48	12,0000	1	80,3857	81	11,9442	0	0
16	12,0000	1	68,9618	49	11,8959	0	0	82	12,0000	1	77,3235
17	11,8862	0	0	50	11,7444	0	0	83	11,8514	0	0
18	11,9155	0	0	51	12,0000	1	50,1807	84	11,8514	0	0
19	12,0000	1	79,9102	52	12,0000	1	77,7910	85	12,0000	1	74,5349
20	11,8304	0	0	53	11,8514	0	0	86	11,9252	0	0
21	12,0000	1	74,7067	54	11,8514	0	0	87	12,0000	1	69,2563
22	11,8346	0	0	55	12,0000	1	74,5349	88	11,8778	0	0
23	11,8346	0	0	56	11,9252	0	0	89	11,9047	0	0
24	12,0000	1	59,5865	57	12,0000	1	76,9559	90	12,0000	1	48,4771
25	12,0000	1	59,7548	58	11,8392	0	0	91	12,0000	1	76,2578
26	11,9019	0	0	59	11,6637	0	0	92	11,8514	0	0
27	12,0000	1	73,9506	60	12,0000	1	56,7078	93	11,8514	0	0
28	11,7480	0	0	61	11,8929	0	0	94	12,0000	1	59,6284
29	11,6644	0	0	62	12,0000	1	76,1330	95	12,0000	1	73,0430
30	11,7480	0	0	63	12,0000	1	59,6284	96	11,7841	0	0
31	12,0000	1	73,9506	64	11,8514	0	0	97	11,7159	0	0
32	12,0000	1	74,6586	65	11,8514	0	0	98	12,0000	1	74,5371
33	11,9019	0	0	66	12,0000	1	74,5349	99	11,5320	0	0

Fim.

Fonte: Da própria autora

Tabela 113 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4681	34	34	35	-1,2419	67	67	68	-1,2422
2	2	3	1,2422	35	35	36	2,4681	68	68	69	1,7297
3	3	4	-1,2422	36	36	37	0,0000	69	69	70	2,4467
4	4	5	0,0000	37	37	38	-2,4681	70	69	71	-1,6817
5	5	6	2,4447	38	38	39	1,2419	71	69	72	-1,5135
6	6	7	-0,0219	39	39	40	-1,2419	72	72	73	2,4690
7	7	8	-2,4889	40	40	41	2,8456	73	73	74	0,0000
8	8	9	0,9465	41	41	42	0,3690	74	74	75	-2,4690
9	9	10	-1,5380	42	42	43	-1,7516	75	75	76	1,2422
10	10	11	2,4716	43	43	44	1,2422	76	76	77	-1,2422
11	4	12	2,3073	44	44	45	-1,2422	77	77	78	2,6707
12	12	13	-0,1662	45	45	46	2,4690	78	78	79	-2,2256
13	13	14	-2,6416	46	46	47	0,0000	79	78	80	2,4299
14	14	15	1,2426	47	47	48	-2,4690	80	62	81	1,0137
15	15	16	-1,2426	48	48	49	1,7297	81	81	82	-1,4745
16	16	17	2,0041	49	49	50	2,4467	82	82	83	2,4690
17	17	18	-0,4721	50	49	51	-1,6817	83	83	84	0,0000
18	18	19	-1,6945	51	49	52	-1,5135	84	84	85	-2,4690
19	19	20	2,4646	52	52	53	2,4690	85	85	86	1,2422
20	18	21	-1,2600	53	53	54	0,0000	86	86	87	-1,2422
21	21	22	2,4655	54	54	55	-2,4690	87	87	88	2,0291
22	22	23	0,0000	55	55	56	1,2422	88	88	89	-0,4454
23	23	24	-2,4655	56	56	57	-1,2422	89	89	90	-1,5397
24	24	25	0,0000	57	57	58	2,6707	90	89	91	-1,3857
25	25	26	2,4795	58	58	59	2,4299	91	91	92	2,4690
26	25	27	0,0000	59	58	60	-2,2256	92	92	93	0,0000
27	27	28	3,6625	60	42	61	-0,3529	93	93	94	-2,4690
28	28	29	1,2150	61	61	62	-2,8306	94	94	95	0,0000
29	29	30	-1,2150	62	62	63	0,0000	95	95	96	3,5869
30	30	31	-3,6625	63	63	64	2,4690	96	96	97	1,1319
31	31	32	0,0000	64	64	65	0,0000	97	97	98	-3,7114
32	32	33	2,4795	65	65	66	-2,4690	98	97	99	2,4025
33	32	34	1,2419	66	66	67	1,2422				

Fonte: Da própria autora

Tabela 114 - Lista do EBCR para o arranjo III do sistema teste 2 - Alternativa 1

Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF
1	0	21	0	41	1	61	1	81	1
2	1	22	1	42	0	62	1	82	0
3	0	23	1	43	1	63	0	83	1
4	1	24	1	44	1	64	1	84	1
5	1	25	1	45	1	65	1	85	1
6	0	26	0	46	0	66	0	86	0
7	1	27	1	47	1	67	1	87	1
8	0	28	0	48	1	68	1	88	1
9	1	29	1	49	0	69	0	89	1
10	1	30	1	50	1	70	1	90	0
11	0	31	1	51	1	71	1	91	1
12	1	32	1	52	1	72	0	92	1
13	1	33	1	53	1	73	1	93	0
14	1	34	1	54	0	74	0	94	1
15	1	35	1	55	1	75	1	95	0
16	1	36	1	56	0	76	0	96	1
17	0	37	1	57	0	77	0	97	1
18	0	38	1	58	1	78	1	98	0
19	1	39	1	59	0	79	0	99	0
20	0	40	1	60	1	80	1		

Fonte: Da própria autora

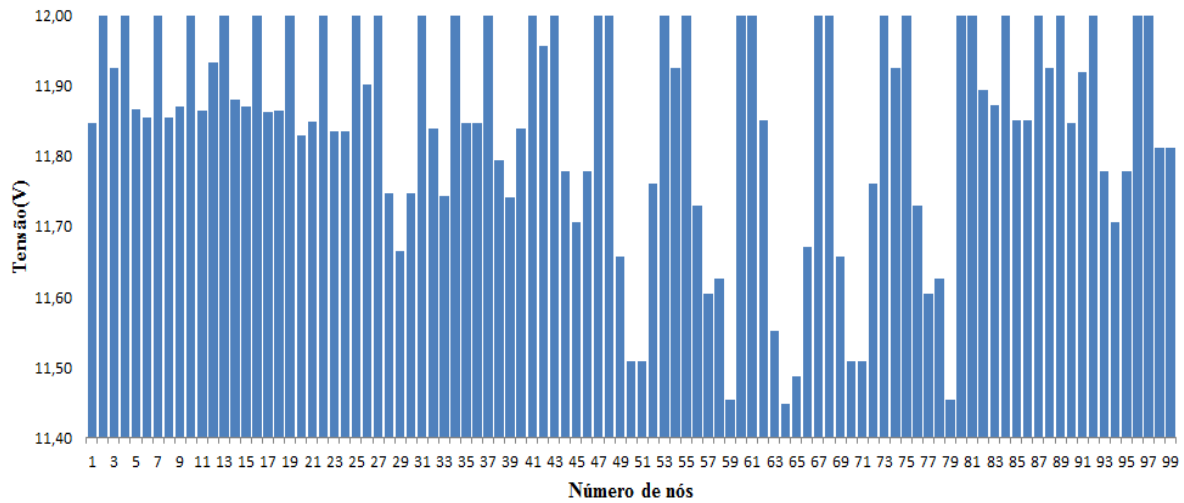
Tabela 115 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0	34	12,0000	1	90,6482	67	12,0000	1	95,6941
2	12,0000	1	74,5245	35	11,8472	0	0	68	12,0000	1	98,4568
3	11,9252	0	0	36	11,8472	0	0	69	11,6566	0	0
4	12,0000	1	91,5249	37	12,0000	1	99,4184	70	11,5081	0	0
5	11,8672	0	0	38	11,7946	0	0	71	11,5081	0	0
6	11,8549	0	0	39	11,7414	0	0	72	11,7611	0	0
7	12,0000	1	84,6008	40	11,8397	0	0	73	12,0000	1	92,5344
8	11,8556	0	0	41	12,0000	1	92,1572	74	11,9252	0	0
9	11,8712	0	0	42	11,9574	0	0	75	12,0000	1	98,9309
10	12,0000	1	91,7421	43	12,0000	1	81,1601	76	11,7290	0	0
11	11,8640	0	0	44	11,7789	0	0	77	11,6051	0	0
12	11,9327	0	0	45	11,7055	0	0	78	11,6267	0	0
13	12,0000	1	77,1053	46	11,7789	0	0	79	11,4543	0	0
14	11,8809	0	0	47	12,0000	1	74,0790	80	12,0000	1	92,0131
15	11,8703	0	0	48	12,0000	1	98,4568	81	12,0000	1	96,2341
16	12,0000	1	86,6530	49	11,6566	0	0	82	11,8931	0	0
17	11,8618	0	0	50	11,5081	0	0	83	11,8721	0	0
18	11,8640	0	0	51	11,5081	0	0	84	12,0000	1	85,1272
19	12,0000	1	92,3055	52	11,7611	0	0	85	11,8514	0	0
20	11,8304	0	0	53	12,0000	1	92,5344	86	11,8514	0	0
21	11,8492	0	0	54	11,9252	0	0	87	12,0000	1	74,5349
22	12,0000	1	86,5666	55	12,0000	1	98,9309	88	11,9252	0	0
23	11,8346	0	0	56	11,7290	0	0	89	12,0000	1	88,4314
24	11,8346	0	0	57	11,6051	0	0	90	11,8472	0	0
25	12,0000	1	89,3413	58	11,6267	0	0	91	11,9203	0	0
26	11,9019	0	0	59	11,4543	0	0	92	12,0000	1	89,9727
27	12,0000	1	73,9506	60	12,0000	1	92,0131	93	11,7789	0	0
28	11,7480	0	0	61	12,0000	1	86,3049	94	11,7055	0	0
29	11,6644	0	0	62	11,8518	0	0	95	11,7789	0	0
30	11,7480	0	0	63	11,5526	0	0	96	12,0000	1	74,0790
31	12,0000	1	101,8780	64	11,4481	0	0	97	12,0000	1	89,0583
32	11,8399	0	0	65	11,4872	0	0	98	11,8117	0	0
33	11,7431	0	0	66	11,6704	0	0	99	11,8117	0	0

Fim.

Fonte: Da própria autora

Figura 80 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III



Fonte: Da própria autora

Tabela 116 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4681	34	34	35	2,4681	67	67	68	0,0000
2	2	3	1,2422	35	35	36	0,0000	68	68	69	5,7047
3	3	4	-1,2422	36	36	37	-2,4681	69	69	70	2,3975
4	4	5	2,6616	37	37	38	3,3167	70	69	71	2,3975
5	5	6	0,1892	38	38	39	0,8594	71	69	72	-1,5187
6	6	7	-2,2805	39	39	40	-1,5866	72	72	73	-3,9689
7	7	8	2,2695	40	40	41	-4,0532	73	73	74	1,2422
8	8	9	-0,2003	41	41	42	1,1265	74	74	75	-1,2422
9	9	10	-2,6735	42	42	43	-0,5900	75	75	76	4,5020
10	10	11	2,4716	43	43	44	3,6732	76	76	77	2,0585
11	4	12	1,2232	44	44	45	1,2193	77	77	78	-0,3592
12	12	13	-1,2627	45	45	46	-1,2193	78	78	79	2,3863
13	13	14	2,6627	46	46	47	-3,6732	79	78	80	-5,1677
14	14	15	0,1875	47	47	48	0,0000	80	62	81	-2,6933
15	15	16	-2,2854	48	48	49	5,7047	81	81	82	2,8261
16	16	17	2,4356	49	49	50	2,3975	82	82	83	0,3484
17	17	18	-0,0355	50	49	51	2,3975	83	83	84	-2,1249
18	18	19	-2,7274	51	49	52	-1,5187	84	84	85	2,4690
19	19	20	2,4646	52	52	53	-3,9689	85	85	86	0,0000
20	18	21	0,2202	53	53	54	1,2422	86	86	87	-2,4690
21	21	22	-2,2483	54	54	55	-1,2422	87	87	88	1,2422
22	22	23	2,4655	55	55	56	4,5020	88	88	89	-1,2422
23	23	24	0,0000	56	56	57	2,0585	89	89	90	2,4681
24	24	25	-2,4655	57	57	58	-0,3592	90	89	91	1,1589
25	25	26	2,4795	58	58	59	2,3863	91	91	92	-1,3244
26	25	27	0,0000	59	58	60	-5,1677	92	92	93	3,6732
27	27	28	3,6625	60	42	61	-0,7744	93	93	94	1,2193
28	28	29	1,2150	61	61	62	3,9175	94	94	95	-1,2193
29	29	30	-1,2150	62	62	63	4,1418	95	95	96	-3,6732
30	30	31	-3,6625	63	63	64	1,7350	96	96	97	0,0000
31	31	32	2,3272	64	64	65	-0,6499	97	97	98	2,4607
32	32	33	2,4464	65	65	66	-3,0431	98	97	99	2,4607
33	32	34	-2,5858	66	66	67	-5,4745				

Fonte: Da própria autora

Tabela 117 - Custo do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	123.757,23
Perdas do sistema	4.223,51
TOTAL	127.980,74

Fonte: Da própria autora

Tabela 118 - Lista do EBCR para o arranjo IV do sistema teste 2 - Alternativa 1

Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF	Nó	Nós para alocação de SF
1	0	21	0	41	0	61	1	81	0
2	1	22	1	42	0	62	1	82	1
3	0	23	1	43	0	63	0	83	1
4	0	24	1	44	1	64	1	84	1
5	1	25	1	45	1	65	1	85	1
6	0	26	0	46	0	66	0	86	0
7	1	27	1	47	0	67	0	87	1
8	0	28	0	48	1	68	1	88	1
9	1	29	1	49	0	69	0	89	0
10	1	30	1	50	1	70	1	90	1
11	0	31	1	51	1	71	1	91	1
12	1	32	1	52	1	72	1	92	0
13	0	33	1	53	0	73	0	93	0
14	1	34	1	54	0	74	0	94	1
15	1	35	1	55	1	75	1	95	0
16	1	36	1	56	0	76	0	96	1
17	0	37	1	57	0	77	0	97	1
18	0	38	1	58	1	78	1	98	0
19	1	39	1	59	0	79	0	99	0
20	0	40	1	60	0	80	0		

Fonte: Da própria autora

Tabela 119 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo IV

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0	34	11,8472	0	0	67	11,7789	0	0
2	12,0000	1	94,0659	35	11,8472	0	0	68	12,0000	1	119,4920
3	11,8272	0	0	36	12,0000	1	103,6710	69	11,7722	0	0
4	11,8027	0	0	37	11,7727	0	0	70	11,6223	0	0
5	11,7263	0	0	38	11,6972	0	0	71	12,0000	1	74,1517
6	11,7858	0	0	39	11,7727	0	0	72	11,5940	0	0
7	12,0000	1	97,6267	40	12,0000	1	114,3020	73	11,5835	0	0
8	11,8556	0	0	41	11,8673	0	0	74	11,7183	0	0
9	11,8712	0	0	42	11,8340	0	0	75	12,0000	1	115,7890
10	12,0000	1	91,7421	43	11,7304	0	0	76	11,8514	0	0
11	11,8640	0	0	44	11,7913	0	0	77	11,8514	0	0
12	12,0000	1	118,7320	45	12,0000	1	101,2350	78	12,0000	1	118,7390
13	11,7969	0	0	46	11,8514	0	0	79	11,8221	0	0
14	11,7364	0	0	47	11,8514	0	0	80	11,8221	0	0
15	11,7984	0	0	48	12,0000	1	106,2920	81	11,7635	0	0
16	12,0000	1	101,8400	49	11,7659	0	0	82	11,7977	0	0
17	11,8618	0	0	50	11,6161	0	0	83	12,0000	1	114,4040
18	11,8640	0	0	51	11,6161	0	0	84	11,7789	0	0
19	12,0000	1	92,3055	52	12,0000	1	100,4590	85	11,7055	0	0
20	11,8304	0	0	53	11,8514	0	0	86	11,7789	0	0
21	11,8492	0	0	54	11,8514	0	0	87	12,0000	1	115,3780
22	12,0000	1	86,5666	55	12,0000	1	89,2568	88	11,7928	0	0

continua.

Tabela 119 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
23	11,8346	0	0	56	11,8514	0	0	89	11,7335	0	0
24	11,8346	0	0	57	11,8514	0	0	90	11,5841	0	0
25	12,0000	1	118,9170	58	12,0000	1	118,7390	91	12,0000	1	106,1050
26	11,9019	0	0	59	11,8221	0	0	92	11,8514	0	0
27	11,8304	0	0	60	11,8221	0	0	93	11,8514	0	0
28	11,8304	0	0	61	12,0000	1	114,1650	94	12,0000	1	89,2568
29	12,0000	1	89,1522	62	11,8488	0	0	95	11,8514	0	0
30	11,8304	0	0	63	11,8502	0	0	96	11,8514	0	0
31	11,8304	0	0	64	12,0000	1	103,9420	97	12,0000	1	118,6870
32	12,0000	1	118,9490	65	11,7789	0	0	98	11,8117	0	0
33	11,9019	0	0	66	11,7055	0	0	99	11,8117	0	0

Fim.

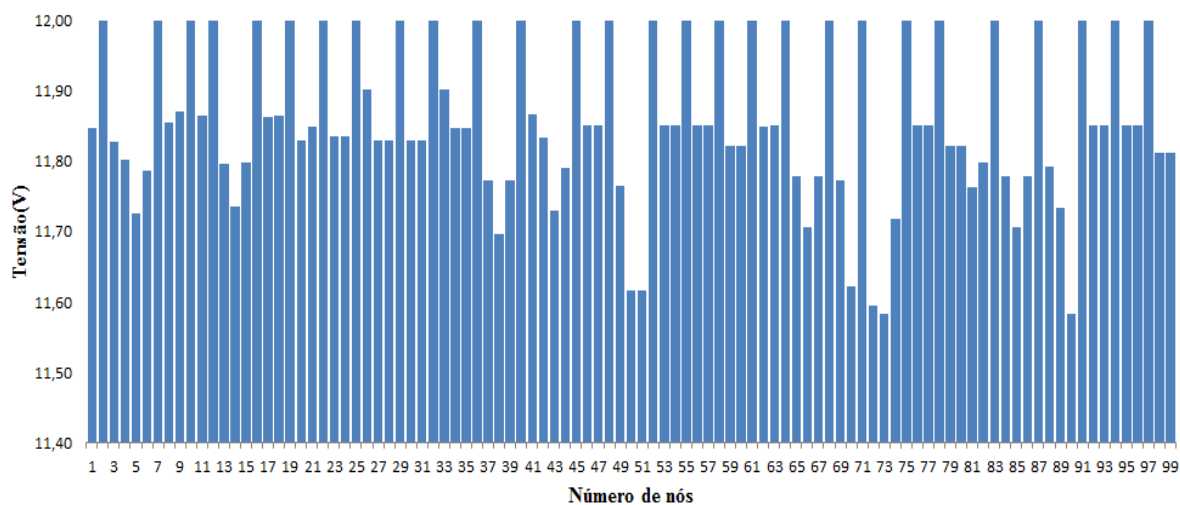
Fonte: Da própria autora

Tabela 120 - Custo do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo IV

Custo Total US\$	
Sistemas fotovoltaicos	105.006,13
Perdas do sistema	3.927,49
TOTAL	108.933,62

Fonte: Da própria autora

Figura 81 - Variação da tensão dos nós do sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo IV



Fonte: Da própria autora

Tabela 121 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4681	34	34	35	0,0000	67	67	68	-3,6732
2	2	3	2,8706	35	35	36	-2,4681	68	68	69	3,7844
3	3	4	0,4066	36	36	37	3,6711	69	69	70	2,4213
4	4	5	1,5323	37	37	38	1,2184	70	69	71	-3,6793
5	5	6	-0,9106	38	38	39	-1,2184	71	69	72	2,5899
6	6	7	-3,3659	39	39	40	-3,6711	72	72	73	0,1740
7	7	8	2,2695	40	40	41	3,3540	73	73	74	-2,2387
8	8	9	-0,2003	41	41	42	0,8816	74	74	75	-4,6800
9	9	10	-2,6735	42	42	43	1,4331	75	75	76	2,4690
10	10	11	2,4716	43	43	44	-1,0107	76	76	77	0,0000
11	4	12	-3,5845	44	44	45	-3,4672	77	77	78	-2,4690
12	12	13	3,8097	45	45	46	2,4690	78	78	79	2,4629
13	13	14	1,3520	46	46	47	0,0000	79	78	80	2,4629
14	14	15	-1,0930	47	47	48	-2,4690	80	62	81	1,5481
15	15	16	-3,5510	48	48	49	3,8886	81	81	82	-0,9025
16	16	17	2,4356	49	49	50	2,4200	82	82	83	-3,3604
17	17	18	-0,0355	50	49	51	2,4200	83	83	84	3,6732
18	18	19	-2,7274	51	49	52	-3,4025	84	84	85	1,2193
19	19	20	2,4646	52	52	53	2,4690	85	85	86	-1,2193
20	18	21	0,2202	53	53	54	0,0000	86	86	87	-3,6732
21	21	22	-2,2483	54	54	55	-2,4690	87	87	88	3,4416
22	22	23	2,4655	55	55	56	2,4690	88	88	89	0,9847
23	23	24	0,0000	56	56	57	0,0000	89	89	90	2,4133
24	24	25	-2,4655	57	57	58	-2,4690	90	89	91	-3,8730
25	25	26	2,4795	58	58	59	2,4629	91	91	92	2,4690
26	25	27	2,4646	59	58	60	2,4629	92	92	93	0,0000
27	27	28	0,0000	60	42	61	-3,0168	93	93	94	-2,4690
28	28	29	-2,4646	61	61	62	3,9968	94	94	95	2,4690
29	29	30	2,4646	62	62	63	-0,0197	95	95	96	0,0000
30	30	31	0,0000	63	63	64	-2,4885	96	96	97	-2,4690
31	31	32	-2,4646	64	64	65	3,6732	97	97	98	2,4607
32	32	33	2,4795	65	65	66	1,2193	98	97	99	2,4607
33	32	34	2,4681	66	66	67	-1,2193				

Fonte: Da própria autora

E.2 Alternativa 2

Tabela 122 - Lista para o EBCR para o arranjo III do sistema teste 2 - Alternativa 2

Nó	Nós para alocação de SF		
	Caso B	Caso C	Caso D
1	0	0	0
2	1	1	1
3	0	0	1
4	1	1	1
5	0	0	1
6	0	0	1
7	1	1	1
8	0	0	1
9	1	0	0
10	0	1	0
11	0	0	1
12	0	0	1
13	1	1	1
14	0	0	1
15	0	0	1
16	0	0	1
17	1	1	1
18	1	1	1
19	0	0	0

continua.

Tabela 122 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Nós para alocação de SF		Nós para alocação de SF	Nós para alocação de SF	
	Caso B	Caso C		Caso C	Caso D
20	0		0		0
21	1		1		1
22	1		1		1
23	1		1		1
24	1		1		1
25	0		0		0
26	0		0		0
27	1		1		1
28	1		1		1
29	0		1		1
30	1		1		1
31	1		0		1
32	0		1		1
33	1		1		1
34	1		1		1
35	1		1		1
36	1		1		0
37	1		0		1
38	1		1		1
39	1		1		1
40	1		1		1
41	0		0		0
42	0		0		0
43	1		1		1
44	1		1		1
45	1		1		1
46	1		1		1
47	0		1		1
48	1		1		1
49	1		1		1
50	1		1		1
51	1		1		1
52	1		1		1
53	0		0		1
54	1		1		1
55	0		0		1
56	0		0		0
57	1		1		1
58	1		1		1
59	0		0		0
60	0		0		0
61	0		0		0
62	0		0		0
63	1		1		1
64	1		1		1
65	1		1		1
66	0		0		1
67	0		1		1
68	1		1		1
69	1		1		1
70	1		0		1
71	1		1		1
72	1		1		1
73	0		0		1

continua.

Tabela 122 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Nós para alocação de SF		Nós para alocação de SF		Nós para alocação de SF	
	Caso B		Caso C		Caso D	
74	1		1		1	
75	1		0		1	
76	0		0		0	
77	1		1		1	
78	1		1		1	
79	0		0		0	
80	0		0		0	
81	0		0		0	
82	0		0		0	
83	1		1		1	
84	1		1		1	
85	1		1		1	
86	0		0		1	
87	0		0		1	
88	1		1		1	
89	1		1		1	
90	1		1		1	
91	1		1		1	
92	0		0		1	
93	1		1		1	
94	0		0		1	
95	0		0		0	
96	1		1		1	
97	1		1		1	
98	0		0		0	
99	0		0		0	

Fim.

Fonte: Da própria autora

Tabela 123 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo IV

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
2	12,0000	1	98,2726	12,0000	1	98,2726	12,0000	1	88,9070
3	11,8061	0	0	11,8061	0	0	11,8531	0	0
4	11,7602	0	0	11,7602	0	0	11,8548	0	0
5	11,7945	0	0	11,7945	0	0	11,8478	0	0
6	12,0000	1	99,4033	12,0000	1	109,9770	12,0000	1	113,0860
7	11,8320	0	0	11,7759	0	0	11,7075	0	0
8	11,8209	0	0	11,7080	0	0	11,5703	0	0
9	12,0000	1	115,9520	11,8154	0	0	11,5902	0	0
10	11,7652	0	0	12,0000	1	105,6610	11,7187	0	0
11	11,6319	0	0	11,8640	0	0	12,0000	1	91,3221
12	11,8154	0	0	11,8154	0	0	12,0000	1	107,3760
13	12,0000	1	118,2640	12,0000	1	118,2640	11,7969	0	0
14	11,8259	0	0	11,8259	0	0	11,7364	0	0
15	11,7448	0	0	11,7448	0	0	11,7984	0	0
16	11,8026	0	0	11,8026	0	0	12,0000	1	88,1687
17	12,0000	1	71,7253	12,0000	1	71,7253	11,9264	0	0
18	12,0000	1	117,9580	12,0000	1	117,9580	12,0000	1	117,5270
19	11,7574	0	0	11,7574	0	0	11,7574	0	0
20	11,5912	0	0	11,5912	0	0	11,5912	0	0
21	11,8346	0	0	11,8346	0	0	11,9167	0	0
22	11,8346	0	0	11,8346	0	0	12,0000	1	74,4824
23	12,0000	1	74,4824	12,0000	1	99,0899	11,8346	0	0
24	11,9167	0	0	11,7792	0	0	11,8346	0	0
25	12,0000	1	118,6010	11,7230	0	0	12,0000	1	118,9170

continua.

Tabela 123 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
26	11,9019	0	0	11,6271	0	0	11,9019	0	0
27	11,7480	0	0	12,0000	1	107,8960	11,8304	0	0
28	11,6644	0	0	11,8304	0	0	11,8304	0	0
29	11,7480	0	0	11,8304	0	0	12,0000	1	103,3650
30	12,0000	1	88,8438	12,0000	1	74,4693	11,7489	0	0
31	11,9146	0	0	11,9146	0	0	11,6663	0	0
32	12,0000	1	118,7010	12,0000	1	118,7010	11,7509	0	0
33	11,9019	0	0	11,9019	0	0	12,0000	1	105,5740
34	11,7727	0	0	11,7727	0	0	11,5886	0	0
35	11,6972	0	0	11,6972	0	0	11,5758	0	0
36	11,7727	0	0	11,7727	0	0	11,7124	0	0
37	12,0000	1	103,6710	12,0000	1	103,6710	12,0000	1	115,3620
38	11,8472	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
39	11,8472	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
40	12,0000	1	119,1830	12,0000	1	119,1830	12,0000	1	119,1830
41	11,8036	0	0	11,8036	0	0	11,8036	0	0
42	11,7089	0	0	11,7089	0	0	11,7089	0	0
43	11,7870	0	0	11,7870	0	0	11,7870	0	0
44	12,0000	1	116,5320	12,0000	1	116,5320	12,0000	1	116,5320
45	11,7789	0	0	11,7789	0	0	11,7789	0	0
46	11,7055	0	0	11,7055	0	0	11,7055	0	0
47	11,7789	0	0	11,7789	0	0	11,7789	0	0
48	12,0000	1	119,4920	12,0000	1	119,4920	12,0000	1	119,4920
49	11,7722	0	0	11,7722	0	0	11,7722	0	0
50	11,6223	0	0	12,0000	1	74,1517	11,6223	0	0
51	12,0000	1	74,1517	11,6223	0	0	12,0000	1	74,1517
52	11,5940	0	0	11,5940	0	0	11,5940	0	0
53	11,5835	0	0	11,5835	0	0	11,5835	0	0
54	11,7183	0	0	11,7183	0	0	11,7183	0	0
55	12,0000	1	115,7890	12,0000	1	115,7890	12,0000	1	115,7890
56	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
57	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
58	12,0000	1	118,7390	12,0000	1	118,7390	12,0000	1	118,7390
59	11,8221	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
60	11,8221	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
61	11,6457	0	0	11,6457	0	0	11,6457	0	0
62	11,6941	0	0	11,6941	0	0	11,6941	0	0
63	12,0000	1	110,4450	12,0000	1	110,4450	12,0000	1	110,4450
64	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
65	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
66	12,0000	1	102,4820	12,0000	1	102,4820	12,0000	1	102,4820
67	11,7850	0	0	11,7850	0	0	11,7850	0	0
68	11,7178	0	0	11,7178	0	0	11,7178	0	0
69	11,7976	0	0	11,7976	0	0	11,7976	0	0
70	11,6474	0	0	12,0000	1	69,2192	11,6474	0	0
71	12,0000	1	69,2192	11,6474	0	0	12,0000	1	69,2192
72	12,0000	1	94,9257	12,0000	1	94,9257	12,0000	1	94,9257
73	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
74	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
75	12,0000	1	89,2568	12,0000	1	89,2568	12,0000	1	89,2568
76	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
77	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
78	12,0000	1	118,7390	12,0000	1	118,7390	12,0000	1	118,7390
79	11,8221	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
80	11,8221	0	0	11,8221	0	0	11,8221	0	0
81	11,6655	0	0	11,6655	0	0	11,6655	0	0
82	11,7378	0	0	11,7378	0	0	11,7378	0	0
83	12,0000	1	111,9000	12,0000	1	111,9000	12,0000	1	111,9000
84	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
85	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
86	12,0000	1	89,2568	12,0000	1	89,2568	12,0000	1	89,2568
87	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
88	11,8514	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
89	12,0000	1	117,5010	12,0000	1	103,1530	12,0000	1	89,2463
90	11,8472	0	0	11,8472	0	0	11,8472	0	0
91	11,8380	0	0	11,9203	0	0	12,0000	1	59,6284
92	11,8447	0	0	12,0000	1	60,8002	11,8514	0	0
93	12,0000	1	75,8582	11,9252	0	0	11,8514	0	0
94	11,9252	0	0	12,0000	1	74,5349	12,0000	1	89,2568
95	12,0000	1	59,8130	11,8514	0	0	11,8514	0	0
96	11,9252	0	0	11,8514	0	0	11,8514	0	0
97	12,0000	1	103,9650	12,0000	1	118,6870	12,0000	1	118,6870
98	11,8117	0	0	11,8117	0	0	11,8117	0	0
99	11,8117	0	0	11,8117	0	0	11,8117	0	0

Fim.

Fonte: Da própria autora

Tabela 124 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo IV

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
1	1	2	-2,4681	-2,4681	-2,4681
2	2	3	3,2212	3,2212	2,4407
3	3	4	0,7616	0,7616	-0,0286
4	4	5	-0,6869	-0,6869	0,1398
5	5	6	-3,1441	-3,1441	-2,3284
6	6	7	2,6394	3,5206	4,5954
7	7	8	0,1744	1,0673	2,1563
8	8	9	-2,2882	-1,3718	-0,2541
9	9	10	4,8744	-3,8333	-2,6687
10	10	11	2,4233	2,4716	-5,1101
11	4	12	-1,0014	-1,0014	-2,6382
12	12	13	-3,4629	-3,4629	3,8097
13	13	14	3,8923	3,8923	1,3520
14	14	15	1,4286	1,4286	-1,0930
15	15	16	-1,0182	-1,0182	-3,5510
16	16	17	-3,4771	-3,4771	1,2963
17	17	18	0,0000	0,0000	-1,1883
18	18	19	4,8642	4,8642	4,8642
19	19	20	2,4148	2,4148	2,4148
20	18	21	2,4655	2,4655	1,2413
21	21	22	0,0000	0,0000	-1,2413
22	22	23	-2,4655	-2,4655	2,4655
23	23	24	1,2413	3,2919	0,0000
24	24	25	-1,2413	0,8379	-2,4655
25	25	26	2,4795	2,4223	2,4795
26	25	27	3,6625	-4,0266	2,4646
27	27	28	1,2150	2,4646	0,0000
28	28	29	-1,2150	0,0000	-2,4646
29	29	30	-3,6625	-2,4646	3,6490
30	30	31	1,2411	1,2411	1,2013
31	31	32	-1,2411	-1,2411	-1,2291
32	32	33	2,4795	2,4795	-6,2978
33	32	34	3,6711	3,6711	2,6206
34	34	35	1,2184	1,2184	0,2063
35	35	36	-1,2184	-1,2184	-2,2052
36	36	37	-3,6711	-3,6711	-4,6453
37	37	38	2,4681	2,4681	2,4681
38	38	39	0,0000	0,0000	0,0000
39	39	40	-2,4681	-2,4681	-2,4681
40	40	41	4,9637	4,9637	4,9637
41	41	42	2,5047	2,5047	2,5047
42	42	43	-1,0821	-1,0821	-1,0821
43	43	44	-3,5377	-3,5377	-3,5377
44	44	45	3,6732	3,6732	3,6732
45	45	46	1,2193	1,2193	1,2193
46	46	47	-1,2193	-1,2193	-1,2193
47	47	48	-3,6732	-3,6732	-3,6732
48	48	49	3,7844	3,7844	3,7844
49	49	50	2,4213	-3,6793	2,4213
50	49	51	-3,6793	2,4213	-3,6793

continua.

Tabela 124 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
51	49	52	2,5899	2,5899	2,5899
52	52	53	0,1744	0,1744	0,1744
53	53	54	-2,2387	-2,2387	-2,2387
54	54	55	-4,6800	-4,6800	-4,6800
55	55	56	2,4690	2,4690	2,4690
56	56	57	0,0000	0,0000	0,0000
57	57	58	-2,4690	-2,4690	-2,4690
58	58	59	2,4629	2,4629	2,4629
59	58	60	2,4629	2,4629	2,4629
60	42	61	1,1474	1,1474	1,1474
61	61	62	-1,2787	-1,2787	-1,2787
62	62	63	-4,2347	-4,2347	-4,2347
63	63	64	2,4690	2,4690	2,4690
64	64	65	0,0000	0,0000	0,0000
65	65	66	-2,4690	-2,4690	-2,4690
66	66	67	3,5711	3,5711	3,5711
67	67	68	1,1158	1,1158	1,1158
68	68	69	-1,3253	-1,3253	-1,3253
69	69	70	2,4265	-3,2682	2,4265
70	69	71	-3,2682	2,4265	-3,2682
71	69	72	-2,9414	-2,9414	-2,9414
72	72	73	2,4690	2,4690	2,4690
73	73	74	0,0000	0,0000	0,0000
74	74	75	-2,4690	-2,4690	-2,4690
75	75	76	2,4690	2,4690	2,4690
76	76	77	0,0000	0,0000	0,0000
77	77	78	-2,4690	-2,4690	-2,4690
78	78	79	2,4629	2,4629	2,4629
79	78	80	2,4629	2,4629	2,4629
80	62	81	0,5197	0,5197	0,5197
81	81	82	-1,9105	-1,9105	-1,9105
82	82	83	-4,3559	-4,3559	-4,3559
83	83	84	2,4690	2,4690	2,4690
84	84	85	0,0000	0,0000	0,0000
85	85	86	-2,4690	-2,4690	-2,4690
86	86	87	2,4690	2,4690	2,4690
87	87	88	0,0000	0,0000	0,0000
88	88	89	-2,4690	-2,4690	-2,4690
89	89	90	2,4681	2,4681	2,4681
90	89	91	2,3545	1,1589	0,0000
91	91	92	-0,1116	-1,3244	2,4690
92	92	93	-2,5793	1,2422	0,0000
93	93	94	1,2422	-1,2422	-2,4690
94	94	95	-1,2422	2,4690	2,4690
95	95	96	1,2422	0,0000	0,0000
96	96	97	-1,2422	-2,4690	-2,4690
97	97	98	2,4607	2,4607	2,4607
98	97	99	2,4607	2,4607	2,4607

Fim.

Fonte: Da própria autora

APÊNDICE F - SISTEMA TESTE 3 - 297

NÓS - B&B COM EBCR

F.1 Alternativa 1

Tabela 125 - Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo I

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	59,3432	100	12,0000	1	60,4964	199	11,8106	0	0,0000
2	11,8486	0	0,0000	101	11,8470	0	0,0000	200	11,8372	0	0,0000
3	11,8500	0	0,0000	102	11,8426	0	0,0000	201	11,8490	0	0,0000
4	12,0000	1	59,9033	103	11,6918	0	0,0000	202	11,8544	0	0,0000
5	12,0000	1	44,7012	104	12,0000	1	60,5037	203	12,0000	1	60,7796
6	11,9199	0	0,0000	105	12,0000	1	57,4534	204	12,0000	1	59,7653
7	12,0000	1	61,5239	106	12,0000	1	59,6284	205	11,9061	0	0,0000
8	11,9129	0	0,0000	107	11,8514	0	0,0000	206	12,0000	1	60,9842
9	12,0000	1	59,2717	108	11,8514	0	0,0000	207	12,0000	1	44,9039
10	11,9361	0	0,0000	109	12,0000	1	59,6284	208	11,9231	0	0,0000
11	12,0000	1	43,9255	110	12,0000	1	62,8635	209	12,0000	1	65,9469
12	12,0000	1	60,3201	111	11,8351	0	0,0000	210	11,8914	0	0,0000
13	11,8653	0	0,0000	112	11,6494	0	0,0000	211	11,9362	0	0,0000
14	11,8628	0	0,0000	113	12,0000	1	55,8477	212	12,0000	1	43,0844
15	12,0000	1	59,0001	114	11,9393	0	0,0000	213	12,0000	1	43,0843
16	12,0000	1	61,6203	115	12,0000	1	61,4223	214	12,0000	1	57,2613
17	11,8504	0	0,0000	116	12,0000	1	44,9039	215	11,9231	0	0,0000
18	11,8401	0	0,0000	117	11,9231	0	0,0000	216	12,0000	1	59,8077
19	11,836	0	0,0000	118	12,0000	1	59,8077	217	11,9231	0	0,0000
20	12,0000	1	58,5997	119	11,9231	0	0,0000	218	12,0000	1	65,3219
21	12,0000	1	58,5965	120	12,0000	1	64,2391	219	11,8946	0	0,0000
22	12,0000	1	66,0307	121	11,9002	0	0,0000	220	11,7473	0	0,0000
23	11,7986	0	0,0000	122	11,7570	0	0,0000	221	12,0000	1	49,3434
24	11,7621	0	0,0000	123	12,0000	1	50,4726	222	12,0000	1	64,2367
25	11,8899	0	0,0000	124	12,0000	1	64,2391	223	11,9146	0	0,0000
26	12,0000	1	63,3941	125	11,9231	0	0,0000	224	12,0000	1	59,7865
27	12,0000	1	64,0949	126	12,0000	1	59,8077	225	11,9146	0	0,0000
28	11,9146	0	0,0000	127	11,9231	0	0,0000	226	12,0000	1	44,8933
29	12,0000	1	59,7865	128	12,0000	1	64,7695	227	12,0000	1	59,6284
30	11,9146	0	0,0000	129	11,8975	0	0,0000	228	11,8514	0	0,0000
31	12,0000	1	58,4488	130	12,0000	1	50,4333	229	12,0000	1	65,5041
32	11,9223	0	0,0000	131	11,7501	0	0,0000	230	12,0000	1	42,1654
33	12,0000	1	53,5749	132	12,0000	1	63,7266	231	12,0000	1	65,8556
34	11,8845	0	0,0000	133	11,9252	0	0,0000	232	11,8407	0	0,0000
35	12,0000	1	52,3865	134	12,0000	1	59,8130	233	11,8129	0	0,0000
36	12,0000	1	44,9039	135	11,9252	0	0,0000	234	11,9163	0	0,0000
37	11,9231	0	0,0000	136	12,0000	1	44,9065	235	12,0000	1	56,5346
38	12,0000	1	59,8077	137	12,0000	1	59,8091	236	12,0000	1	56,5346
39	11,9231	0	0,0000	138	11,8505	0	0,0000	237	12,0000	1	59,6179
40	12,0000	1	59,5117	139	11,6995	0	0,0000	238	11,8472	0	0,0000
41	11,9518	0	0,0000	140	12,0000	1	58,9811	239	11,8472	0	0,0000
42	12,0000	1	57,4372	141	11,8509	0	0,0000	240	12,0000	1	59,6179
43	12,0000	1	59,6284	142	12,0000	1	59,7122	241	12,0000	1	56,5971
44	11,8514	0	0,0000	143	12,0000	1	59,6599	242	11,8628	0	0,0000
45	11,8514	0	0,0000	144	11,8640	0	0,0000	243	11,8733	0	0,0000
46	12,0000	1	59,6284	145	11,9442	0	0,0000	244	12,0000	1	62,7430
47	12,0000	1	60,4964	146	12,0000	1	63,9634	245	11,9442	0	0,0000
48	11,8470	0	0,0000	147	11,9300	0	0,0000	246	12,0000	1	59,8605
49	11,8426	0	0,0000	148	12,0000	1	58,4607	247	12,0000	1	59,6179
50	11,6918	0	0,0000	149	11,9231	0	0,0000	248	12,0000	1	53,6830
51	12,0000	1	60,5037	150	12,0000	1	44,9039	249	11,8880	0	0,0000
52	12,0000	1	57,4534	151	12,0000	1	49,3352	250	11,7950	0	0,0000
53	12,0000	1	59,6284	152	11,9002	0	0,0000	251	12,0000	1	65,5245

continua.

Tabela 125 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
54	11,8514	0	0,0000	153	11,7570	0	0,0000	252	11,8472	0	0,0000
55	11,8514	0	0,0000	154	12,0000	1	50,4726	253	11,8472	0	0,0000
56	12,0000	1	59,6284	155	12,0000	1	64,2391	254	12,0000	1	59,6179
57	12,0000	1	62,0494	156	11,9231	0	0,0000	255	12,0000	1	55,9688
58	11,8392	0	0,0000	157	12,0000	1	59,8077	256	11,8660	0	0,0000
59	12,0000	1	56,7078	158	11,9231	0	0,0000	257	11,8851	0	0,0000
60	11,6637	0	0,0000	159	12,0000	1	64,7695	258	12,0000	1	63,4089
61	11,9442	0	0,0000	160	11,8975	0	0,0000	259	12,0000	1	30,0000
62	12,0000	1	59,8605	161	12,0000	1	50,4333	260	11,9442	0	0,0000
63	12,0000	1	59,6284	162	11,7501	0	0,0000	261	12,0000	1	63,7719
64	11,8514	0	0,0000	163	12,0000	1	48,8201	262	11,9240	0	0,0000
65	11,8514	0	0,0000	164	12,0000	1	44,9065	263	12,0000	1	51,2213
66	12,0000	1	59,6284	165	11,9252	0	0,0000	264	12,0000	1	59,7653
67	12,0000	1	60,4964	166	12,0000	1	44,9065	265	12,0000	1	30,0000
68	11,8470	0	0,0000	167	12,0000	1	44,9065	266	11,9061	0	0,0000
69	11,8426	0	0,0000	168	11,9252	0	0,0000	267	11,8853	0	0,0000
70	11,6918	0	0,0000	169	12,0000	1	55,8019	268	12,0000	1	67,1290
71	12,0000	1	60,5037	170	11,9375	0	0,0000	269	11,9231	0	0,0000
72	12,0000	1	57,4534	171	12,0000	1	48,9485	270	12,0000	1	59,8077
73	12,0000	1	44,9065	172	12,0000	1	59,3531	271	11,9231	0	0,0000
74	11,9252	0	0,0000	173	11,9074	0	0,0000	272	12,0000	1	60,1818
75	12,0000	1	59,8130	174	12,0000	1	51,5256	273	12,0000	1	59,6284
76	11,9252	0	0,0000	175	12,0000	1	59,6179	274	11,8514	0	0,0000
77	12,0000	1	56,1039	176	11,8472	0	0,0000	275	11,9168	0	0,0000
78	11,9438	0	0,0000	177	11,8472	0	0,0000	276	12,0000	1	60,9389
79	12,0000	1	39,3311	178	12,0000	1	66,8809	277	11,9176	0	0,0000
80	12,0000	1	39,3311	179	11,9625	0	0,0000	278	12,0000	1	43,3691
81	11,9442	0	0,0000	180	12,0000	1	37,6902	279	12,0000	1	59,0732
82	12,0000	1	63,2734	181	12,0000	1	37,6902	280	11,8208	0	0,0000
83	12,0000	1	55,4846	182	12,0000	1	66,8809	281	11,6497	0	0,0000
84	11,9146	0	0,0000	183	11,8472	0	0,0000	282	12,0000	1	60,4914
85	12,0000	1	59,7865	184	11,8472	0	0,0000	283	11,8152	0	0,0000
86	11,9146	0	0,0000	185	12,0000	1	59,6179	284	12,0000	1	58,6497
87	12,0000	1	52,6690	186	12,0000	1	49,8657	285	12,0000	1	30,0000
88	11,9554	0	0,0000	187	11,8975	0	0,0000	286	12,0000	1	49,2569
89	12,0000	1	44,1377	188	11,7501	0	0,0000	287	11,9393	0	0,0000
90	12,0000	1	52,8710	189	12,0000	1	50,4333	288	12,0000	1	55,4952
91	11,9167	0	0,0000	190	12,0000	1	48,8201	289	12,0000	1	59,7653
92	12,0000	1	59,0106	191	12,0000	1	44,8933	290	11,9061	0	0,0000
93	11,9191	0	0,0000	192	11,9146	0	0,0000	291	11,9231	0	0,0000
94	12,0000	1	59,9260	193	12,0000	1	44,8933	292	12,0000	1	59,8077
95	11,9285	0	0,0000	194	12,0000	1	39,6008	293	11,9231	0	0,0000
96	12,0000	1	59,6284	195	11,9477	0	0,0000	294	12,0000	1	44,9039
97	11,8514	0	0,0000	196	12,0000	1	50,2684	295	12,0000	1	30,0000
98	11,8514	0	0,0000	197	12,0000	1	59,7231	296	12,0000	1	59,5239
99	12,0000	1	59,6284	198	11,8892	0	0,0000	297	11,8096	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 126 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo I

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	2,4459	100	100	101	2,5415	199	199	200	-0,7037
2	2	3	-0,0233	101	101	102	0,0731	200	200	201	-0,2077
3	3	4	-2,4917	102	102	103	2,4362	201	201	202	-0,0951
4	4	5	0,0000	103	102	104	-2,5428	202	202	203	-2,5634
5	5	6	1,2248	104	102	105	-2,2878	203	203	204	0,0000
6	6	7	-1,2594	105	105	106	0,0000	204	204	205	2,4841
7	7	8	1,3695	106	106	107	2,4684	205	201	206	-2,5812
8	8	9	-1,1124	107	107	108	0,0000	206	206	207	0,0000
9	9	10	1,3257	108	108	109	-2,4684	207	207	208	1,2423
10	10	11	-1,1618	109	109	110	0,0000	208	208	209	-1,2423
11	4	12	0,0000	110	110	111	2,7392	209	209	210	1,7544
12	12	13	2,5272	111	111	112	2,4275	210	210	211	-0,7237
13	13	14	0,0559	112	111	113	-2,1556	211	211	212	-1,0906

continua.

Tabela 126 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
14	14	15	-2,4155	113	83	114	0,8823	212	211	213	-1,0906
15	15	16	0,0000	114	114	115	-1,6058	213	211	214	-1,0307
16	16	17	2,6338	115	115	116	0,0000	214	214	215	1,2423
17	17	18	0,1664	116	116	117	1,2423	215	215	216	-1,2423
18	18	19	0,0822	117	117	118	-1,2423	216	216	217	1,2423
19	19	20	-2,3837	118	118	119	1,2423	217	217	218	-1,2423
20	18	21	-2,3830	119	119	120	-1,2423	218	218	219	1,7027
21	21	22	0,0000	120	120	121	1,6123	219	219	220	2,4468
22	22	23	3,0015	121	121	122	2,4479	220	219	221	-1,6116
23	23	24	0,5440	122	121	123	-1,7060	221	219	222	-1,6116
24	24	25	-1,9046	123	121	124	-1,6123	222	222	223	1,2413
25	25	26	-2,7803	124	124	125	1,2423	223	223	224	-1,2413
26	25	27	-1,6003	125	125	126	-1,2423	224	224	225	1,2413
27	27	28	1,2413	126	126	127	1,2423	225	225	226	-1,2413
28	28	29	-1,2413	127	127	128	-1,2423	226	226	227	0,0000
29	29	30	1,2413	128	128	129	1,6559	227	227	228	2,4684
30	30	31	-1,2413	129	129	130	-1,7027	228	200	229	-2,9600
31	31	32	1,1294	130	129	131	2,4485	229	229	230	0,0000
32	32	33	-1,9621	131	129	132	-1,5673	230	230	231	0,0000
33	32	34	0,6107	132	132	133	1,2425	231	231	232	2,9887
34	34	35	-1,8659	133	133	134	-1,2425	232	232	233	0,5216
35	35	36	0,0000	134	134	135	1,2425	233	233	234	-1,9400
36	36	37	1,2423	135	135	136	-1,2425	234	234	235	-2,2143
37	37	38	-1,2423	136	136	137	0,0000	235	234	236	-2,2143
38	38	39	1,2423	137	137	138	2,4834	236	231	237	0,0000
39	39	40	-1,2423	138	138	139	2,4394	237	237	238	2,4685
40	40	41	1,2172	139	138	140	-2,4152	238	238	239	0,0000
41	41	42	-1,2751	140	138	141	-0,0058	239	239	240	-2,4685
42	42	43	0,0000	141	141	142	-2,4767	240	240	241	0,0000
43	43	44	2,4684	142	142	143	0,0000	241	241	242	2,2165
44	44	45	0,0000	143	143	144	2,4727	242	242	243	-0,2542
45	45	46	-2,4684	144	115	145	1,0145	243	243	244	-2,7306
46	46	47	0,0000	145	145	146	-1,4762	244	230	245	1,0145
47	47	48	2,5415	146	146	147	1,3566	245	245	246	-1,4762
48	48	49	0,0731	147	147	148	-1,1309	246	246	247	0,0000
49	49	50	2,4362	148	148	149	1,2423	247	247	248	0,0000
50	49	51	-2,5428	149	149	150	-1,2423	248	248	249	1,9718
51	49	52	-2,2878	150	150	151	0,0000	249	249	250	2,4603
52	52	53	0,0000	151	151	152	1,6123	250	249	251	-2,9630
53	53	54	2,4684	152	152	153	2,4479	251	247	252	2,4685
54	54	55	0,0000	153	152	154	-1,7060	252	252	253	0,0000
55	55	56	-2,4684	154	152	155	-1,6123	253	253	254	-2,4685
56	56	57	0,0000	155	155	156	1,2423	254	254	255	0,0000
57	57	58	2,6711	156	156	157	-1,2423	255	255	256	2,1648
58	58	59	-2,2271	157	157	158	1,2423	256	256	257	-0,3086
59	58	60	2,4307	158	158	159	-1,2423	257	257	258	-2,7821
60	42	61	1,0145	159	159	160	1,6559	258	258	259	0,0000
61	61	62	-1,4762	160	160	161	-1,7027	259	246	260	1,0145
62	62	63	0,0000	161	160	162	2,4485	260	260	261	-1,4762
63	63	64	2,4684	162	160	163	-1,5673	261	261	262	1,3380
64	64	65	0,0000	163	163	164	0,0000	262	262	263	-1,7674
65	65	66	-2,4684	164	164	165	1,2425	263	263	264	0,0000
66	66	67	0,0000	165	165	166	-1,2425	264	264	265	0,0000
67	67	68	2,5415	166	166	167	0,0000	265	264	266	2,4841
68	68	69	0,0731	167	167	168	1,2425	266	262	267	0,6252

continua.

Tabela 126 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
69	69	70	2,4362	168	168	169	-1,2425	267	267	268	-1,8530
70	69	71	-2,5428	169	169	170	0,9084	268	268	269	1,2423
71	69	72	-2,2878	170	170	171	-1,5783	269	269	270	-1,2423
72	72	73	0,0000	171	146	172	0,0000	270	270	271	1,2423
73	73	74	1,2425	172	172	173	2,4497	271	271	272	-1,2423
74	74	75	-1,2425	173	173	174	-1,7946	272	272	273	0,0000
75	75	76	1,2425	174	174	175	0,0000	273	273	274	2,4684
76	76	77	-1,2425	175	175	176	2,4685	274	272	275	1,2722
77	77	78	0,9336	176	176	177	0,0000	275	275	276	-1,2093
78	78	79	-0,7784	177	177	178	-2,4685	276	276	277	1,3688
79	78	80	-0,7784	178	178	179	0,6058	277	277	278	-1,1135
80	62	81	1,0145	179	179	180	-0,6410	278	278	279	0,0000
81	81	82	-1,4762	180	179	181	-0,6410	279	279	280	2,4216
82	83	84	1,2413	181	179	182	-0,6058	280	280	281	2,4270
83	84	85	-1,2413	182	182	183	2,4685	281	280	282	-2,5418
84	85	86	1,2413	183	183	184	0,0000	282	280	283	0,0740
85	86	87	-1,2413	184	184	185	-2,4685	283	283	284	-2,3876
86	87	88	0,6483	185	185	186	0,0000	284	284	285	0,0000
87	88	89	-1,1799	186	186	187	1,6559	285	261	286	0,0000
88	88	90	-0,6647	187	187	188	2,4485	286	286	287	1,6058
89	90	91	1,2414	188	187	189	-1,7027	287	287	288	-0,8823
90	91	92	-1,2414	189	187	190	-1,5673	288	288	289	0,0000
91	92	93	1,1759	190	190	191	0,0000	289	289	290	2,4841
92	93	94	-1,3069	191	191	192	1,2413	290	288	291	1,2423
93	94	95	1,1877	192	192	193	-1,2413	291	291	292	-1,2423
94	82	95	1,3000	193	193	194	0,0000	292	292	293	1,2423
95	94	96	0,0000	194	194	195	0,7997	293	293	294	-1,2423
96	96	97	2,4684	195	195	196	-1,6871	294	294	295	0,0000
97	97	98	0,0000	196	196	197	0,0000	295	295	296	0,0000
98	98	99	-2,4684	197	197	198	2,4787	296	296	297	2,4599
99	99	100	0,0000	198	173	199	1,7600	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 127 - Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo II

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0,0000	100	12,0000	1	75,4029	199	12,0000	1	78,3197
2	12,0000	1	74,5245	101	11,8470	0	0,0000	200	11,9361	0	0,0000
3	11,9252	0	0,0000	102	11,8425	0	0,0000	201	12,0000	1	73,6823
4	12,0000	1	61,8218	103	11,6918	0	0,0000	202	12,0000	1	44,4485
5	11,9297	0	0,0000	104	12,0000	1	60,5037	203	11,9316	0	0,0000
6	12,0000	1	57,8102	105	12,0000	1	72,3599	204	12,0000	1	75,1460
7	11,9209	0	0,0000	106	11,9252	0	0,0000	205	11,9061	0	0,0000
8	12,0000	1	56,2592	107	12,0000	1	59,8130	206	11,8529	0	0,0000
9	11,9259	0	0,0000	108	11,9252	0	0,0000	207	11,8500	0	0,0000
10	12,0000	1	78,1167	109	12,0000	1	70,4960	208	12,0000	1	73,9722
11	11,8640	0	0,0000	110	11,8716	0	0,0000	209	11,9231	0	0,0000
12	12,0000	1	43,6152	111	11,8920	0	0,0000	210	12,0000	1	73,7107
13	11,9395	0	0,0000	112	12,0000	1	46,9100	211	11,8514	0	0,0000
14	12,0000	1	75,8829	113	12,0000	1	46,9100	212	11,7087	0	0,0000
15	11,8598	0	0,0000	114	11,7812	0	0,0000	213	12,0000	1	60,5014
16	11,8598	0	0,0000	115	11,8604	0	0,0000	214	11,8492	0	0,0000
17	12,0000	1	76,1612	116	12,0000	1	69,2498	215	12,0000	1	74,1189
18	11,9148	0	0,0000	117	11,9231	0	0,0000	216	11,9231	0	0,0000
19	12,0000	1	80,0735	118	12,0000	1	59,8077	217	12,0000	1	75,0857
20	11,8303	0	0,0000	119	11,9231	0	0,0000	218	11,8443	0	0,0000
21	11,8744	0	0,0000	120	12,0000	1	64,2391	219	11,8413	0	0,0000

continua.

Tabela 127 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
22	12,0000	1	52,4639	121	11,9002	0	0,0000	220	11,6945	0	0,0000
23	12,0000	1	44,8959	122	12,0000	1	50,4726	221	12,0000	1	59,1344
24	11,9167	0	0,0000	123	11,7570	0	0,0000	222	12,0000	1	74,0276
25	12,0000	1	74,6507	124	12,0000	1	64,2391	223	11,9146	0	0,0000
26	11,9018	0	0,0000	125	11,9231	0	0,0000	224	12,0000	1	44,8933
27	12,0000	1	59,5761	126	12,0000	1	59,8077	225	12,0000	1	40,8954
28	11,8303	0	0,0000	127	11,9231	0	0,0000	226	11,9375	0	0,0000
29	11,8303	0	0,0000	128	12,0000	1	73,8881	227	12,0000	1	78,5769
30	12,0000	1	74,4693	129	11,8504	0	0,0000	228	11,8514	0	0,0000
31	11,9146	0	0,0000	130	11,7037	0	0,0000	229	11,9183	0	0,0000
32	12,0000	1	74,6480	131	12,0000	1	59,8123	230	12,0000	1	78,0915
33	11,9018	0	0,0000	132	11,8508	0	0,0000	231	11,9526	0	0,0000
34	12,0000	1	44,9039	133	12,0000	1	74,6225	232	12,0000	1	55,5872
35	11,9231	0	0,0000	134	11,9252	0	0,0000	233	11,9337	0	0,0000
36	12,0000	1	44,9039	135	12,0000	1	44,9065	234	12,0000	1	74,6825
37	12,0000	1	69,8005	136	12,0000	1	67,2152	235	11,9061	0	0,0000
38	11,7946	0	0,0000	137	11,8133	0	0,0000	236	12,0000	1	30,0000
39	11,7414	0	0,0000	138	11,7748	0	0,0000	237	12,0000	1	54,0920
40	11,8397	0	0,0000	139	11,6248	0	0,0000	238	11,9231	0	0,0000
41	12,0000	1	78,6388	140	12,0000	1	73,6501	239	12,0000	1	74,5218
42	12,0000	1	68,2661	141	11,8158	0	0,0000	240	11,8472	0	0,0000
43	12,0000	1	74,0790	142	12,0000	1	66,7065	241	11,8472	0	0,0000
44	11,7789	0	0,0000	143	12,0000	1	59,6599	242	12,0000	1	59,6179
45	11,7055	0	0,0000	144	11,8640	0	0,0000	243	12,0000	1	59,7125
46	11,7789	0	0,0000	145	12,0000	1	60,4325	244	11,8850	0	0,0000
47	12,0000	1	74,0790	146	12,0000	1	76,0573	245	11,9442	0	0,0000
48	12,0000	1	59,8091	147	11,8020	0	0,0000	246	12,0000	1	70,7740
49	11,8505	0	0,0000	148	11,7165	0	0,0000	247	12,0000	1	59,8157
50	11,6995	0	0,0000	149	11,7822	0	0,0000	248	11,9295	0	0,0000
51	12,0000	1	58,9811	150	12,0000	1	72,1946	249	12,0000	1	74,6772
52	11,8508	0	0,0000	151	12,0000	1	66,8087	250	11,9061	0	0,0000
53	12,0000	1	74,6187	152	11,8101	0	0,0000	251	12,0000	1	30,0000
54	11,9252	0	0,0000	153	12,0000	1	68,9739	252	11,9231	0	0,0000
55	12,0000	1	44,9065	154	11,6678	0	0,0000	253	12,0000	1	74,5218
56	12,0000	1	72,0846	155	11,7219	0	0,0000	254	11,8472	0	0,0000
57	11,7889	0	0,0000	156	11,7849	0	0,0000	255	11,8472	0	0,0000
58	11,7256	0	0,0000	157	12,0000	1	71,6794	256	12,0000	1	71,5563
59	11,5517	0	0,0000	158	12,0000	1	66,3922	257	11,9384	0	0,0000
60	12,0000	1	75,5809	159	11,8122	0	0,0000	258	12,0000	1	77,6201
61	11,8245	0	0,0000	160	11,7768	0	0,0000	259	11,8850	0	0,0000
62	11,7970	0	0,0000	161	11,6309	0	0,0000	260	11,8941	0	0,0000
63	12,0000	1	78,6214	162	12,0000	1	74,4898	261	11,9151	0	0,0000
64	11,9252	0	0,0000	163	11,8158	0	0,0000	262	12,0000	1	77,5598
65	12,0000	1	44,9065	164	12,0000	1	66,7075	263	12,0000	1	57,1614
66	12,0000	1	72,8532	165	12,0000	1	74,0790	264	11,8988	0	0,0000
67	11,7850	0	0,0000	166	11,7789	0	0,0000	265	11,8057	0	0,0000
68	11,7178	0	0,0000	167	11,7055	0	0,0000	266	12,0000	1	62,0998
69	11,7975	0	0,0000	168	11,7789	0	0,0000	267	11,8472	0	0,0000
70	11,6473	0	0,0000	169	12,0000	1	74,0790	268	11,8472	0	0,0000
71	12,0000	1	69,2192	170	12,0000	1	59,7548	269	12,0000	1	74,5218
72	12,0000	1	80,2038	171	11,9018	0	0,0000	270	11,9231	0	0,0000
73	11,9252	0	0,0000	172	12,0000	1	70,8430	271	12,0000	1	63,5738
74	12,0000	1	59,8130	173	11,8712	0	0,0000	272	11,9037	0	0,0000
75	11,9252	0	0,0000	174	11,7025	0	0,0000	273	12,0000	1	77,3157
76	12,0000	1	59,8130	175	11,6509	0	0,0000	274	11,8514	0	0,0000
77	11,9252	0	0,0000	176	11,7497	0	0,0000	275	11,8676	0	0,0000
78	12,0000	1	74,4617	177	12,0000	1	78,5130	276	12,0000	1	53,0712
79	11,8221	0	0,0000	178	12,0000	1	66,8087	277	12,0000	1	70,0194
80	12,0000	1	30,0000	179	11,8101	0	0,0000	278	11,7532	0	0,0000
81	11,7377	0	0,0000	180	11,6678	0	0,0000	279	11,6877	0	0,0000
82	11,7895	0	0,0000	181	12,0000	1	68,9739	280	11,8023	0	0,0000
83	11,8059	0	0,0000	182	11,7219	0	0,0000	281	12,0000	1	63,6365
84	12,0000	1	78,7338	183	11,7849	0	0,0000	282	12,0000	1	63,6365
85	11,9146	0	0,0000	184	12,0000	1	71,6794	283	11,6813	0	0,0000
86	12,0000	1	59,7865	185	12,0000	1	66,9663	284	11,7460	0	0,0000
87	11,9146	0	0,0000	186	11,8093	0	0,0000	285	12,0000	1	69,3845
88	12,0000	1	74,6586	187	11,7707	0	0,0000	286	12,0000	1	76,7954
89	11,9061	0	0,0000	188	11,6250	0	0,0000	287	11,9108	0	0,0000
90	12,0000	1	44,8959	189	12,0000	1	75,6783	288	11,9193	0	0,0000
91	11,9167	0	0,0000	190	11,8001	0	0,0000	289	12,0000	1	75,4065
92	12,0000	1	59,0106	191	12,0000	1	79,7618	290	11,9061	0	0,0000
93	11,9191	0	0,0000	192	11,9146	0	0,0000	291	12,0000	1	75,2591
94	12,0000	1	74,4719	193	12,0000	1	59,4073	292	11,8472	0	0,0000
95	12,0000	1	75,8910	194	11,9168	0	0,0000	293	11,8472	0	0,0000
96	11,8432	0	0,0000	195	12,0000	1	62,0465	294	12,0000	1	74,5218

continua.

Tabela 127 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
97	11,8473	0	0,0000	196	11,9567	0	0,0000	295	11,9231	0	0,0000
98	12,0000	1	75,3439	197	12,0000	1	72,8463	296	12,0000	1	74,4278
99	11,9252	0	0,0000	198	11,8892	0	0,0000	297	11,8096	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 128 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo II

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4685	100	100	101	2,5415	199	199	200	1,6878
2	2	3	1,2425	101	101	102	0,0731	200	200	201	-1,1232
3	3	4	-1,2425	102	102	103	2,4362	201	201	202	0,0000
4	4	5	1,4088	103	102	104	-2,5428	202	202	203	1,2025
5	5	6	-1,0749	104	102	105	-2,2878	203	203	204	-1,2814
6	6	7	1,2421	105	105	106	1,2425	204	204	205	2,4841
7	7	8	-1,2421	106	106	107	-1,2425	205	201	206	2,5145
8	8	9	0,9464	107	107	108	1,2425	206	206	207	0,0468
9	9	10	-1,5373	108	108	109	-1,2425	207	207	208	-2,4233
10	10	11	2,4727	109	109	110	2,1329	208	208	209	1,2423
11	4	12	0,0000	110	110	111	-0,3405	209	209	210	-1,2423
12	12	13	1,1351	111	111	112	-1,4105	210	210	211	2,4006
13	13	14	-1,3535	112	111	113	-1,4105	211	211	212	2,4393
14	14	15	2,4683	113	83	114	0,3605	212	211	213	-2,5402
15	15	16	0,0000	114	114	115	-2,0952	213	211	214	0,0339
16	16	17	-2,4683	115	115	116	-2,0291	214	214	215	-2,4346
17	17	18	1,3764	116	116	117	1,2423	215	215	216	1,2423
18	18	19	-1,7074	117	117	118	-1,2423	216	216	217	-1,2423
19	19	20	2,4651	118	118	119	1,2423	217	217	218	2,5153
20	18	21	0,6021	119	119	120	-1,2423	218	218	219	0,0485
21	21	22	-1,8718	120	120	121	1,6123	219	219	220	2,4369
22	22	23	0,0000	121	121	122	-1,7060	220	219	221	-2,4266
23	23	24	1,2414	122	121	123	2,4479	221	219	222	-2,4266
24	24	25	-1,2414	123	121	124	-1,6123	222	222	223	1,2413
25	25	26	2,4773	124	124	125	1,2423	223	223	224	-1,2413
26	25	27	0,0000	125	125	126	-1,2423	224	224	225	0,0000
27	27	28	2,4651	126	126	127	1,2423	225	225	226	0,9084
28	28	29	0,0000	127	127	128	-1,2423	226	226	227	-1,5783
29	29	30	-2,4651	128	128	129	2,4168	227	227	228	2,4684
30	30	31	1,2413	129	129	130	2,4369	228	200	229	0,3255
31	31	32	-1,2413	130	129	131	-2,4850	229	229	230	-2,1614
32	32	33	2,4773	131	129	132	-0,0076	230	230	231	0,8345
33	32	34	0,0000	132	132	133	-2,4767	231	231	232	-0,8893
34	34	35	1,2423	133	133	134	1,2425	232	232	233	1,2439
35	35	36	-1,2423	134	134	135	-1,2425	233	233	234	-1,2439
36	36	37	0,0000	135	135	136	0,0000	234	234	235	2,4841
37	37	38	3,3183	136	136	137	3,1013	235	234	236	0,0000
38	38	39	0,8595	137	137	138	0,6395	236	231	237	-0,7658
39	39	40	-1,5880	138	138	139	2,4233	237	237	238	1,2423
40	40	41	-4,0480	139	138	140	-3,6381	238	238	239	-1,2423
41	41	42	0,0000	140	138	141	-0,5974	239	239	240	2,4685
42	42	43	0,0000	141	141	142	-3,0581	240	240	241	0,0000
43	43	44	3,6728	142	142	143	0,0000	241	241	242	-2,4685
44	44	45	1,2193	143	143	144	2,4727	242	242	243	0,0000

continua.

Tabela 128 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
45	45	46	-1,2193	144	115	145	-2,5382	243	243	244	2,4784
46	46	47	-3,6728	145	145	146	0,0000	244	230	245	1,0145
47	47	48	0,0000	146	146	147	3,8372	245	245	246	-1,4762
48	48	49	2,4834	147	147	148	1,3813	246	246	247	0,0000
49	49	50	2,4394	148	148	149	-1,0630	247	247	248	1,2412
50	49	51	-2,4152	149	149	150	-3,5170	248	248	249	-1,2412
51	49	52	-0,0058	150	150	151	0,0000	249	249	250	2,4841
52	52	53	-2,4767	151	151	152	3,0679	250	249	251	0,0000
53	53	54	1,2425	152	152	153	-3,2462	251	247	252	1,2423
54	54	55	-1,2425	153	152	154	2,4308	252	252	253	-1,2423
55	55	56	0,0000	154	152	155	1,4249	253	253	254	2,4685
56	56	57	3,5066	155	155	156	-1,0178	254	254	255	0,0000
57	57	58	1,0515	156	156	157	-3,4750	255	255	256	-2,4685
58	58	59	2,4086	157	157	158	0,0000	256	256	257	0,9952
59	58	60	-3,8006	158	158	159	3,0339	257	257	258	-1,4915
60	42	61	3,1909	159	159	160	0,5719	258	258	259	2,4784
61	61	62	0,7275	160	160	161	2,4236	259	246	260	1,9255
62	62	63	-2,8116	161	160	162	-3,7076	260	260	261	-0,5556
63	63	64	1,2425	162	160	163	-0,5979	261	261	262	-1,4947
64	64	65	-1,2425	163	163	164	-3,0581	262	262	263	0,0000
65	65	66	0,0000	164	164	165	0,0000	263	263	264	2,2640
66	66	67	3,5714	165	165	166	3,6728	264	264	265	2,4630
67	67	68	1,1163	166	166	167	1,2193	265	264	266	-2,6772
68	68	69	-1,3256	167	167	168	-1,2193	266	262	267	2,4685
69	69	70	2,4265	168	168	169	-3,6728	267	267	268	0,0000
70	69	71	-3,2698	169	169	170	0,0000	268	268	269	-2,4685
71	69	72	-2,9419	170	170	171	2,4773	269	269	270	1,2423
72	72	73	1,2425	171	146	172	0,0000	270	270	271	-1,2423
73	73	74	-1,2425	172	172	173	3,4074	271	271	272	1,5557
74	74	75	1,2425	173	173	174	3,2694	272	272	273	-1,4725
75	75	76	-1,2425	174	174	175	0,8336	273	273	274	2,4684
76	76	77	1,2425	175	175	176	-1,5961	274	272	275	0,5505
77	77	78	-1,2425	176	176	177	-4,0436	275	275	276	-1,9230
78	78	79	2,4640	177	177	178	0,0000	276	276	277	0,0000
79	78	80	0,0000	178	178	179	3,0679	277	277	278	3,3338
80	62	81	1,0782	179	179	180	2,4308	278	278	279	0,8851
81	81	82	-1,3704	180	179	181	-3,2462	279	279	280	-1,5473
82	83	84	-2,8198	181	179	182	1,4249	280	280	281	-2,8043
83	84	85	1,2413	182	182	183	-1,0178	281	280	282	-2,8043
84	85	86	-1,2413	183	183	184	-3,4750	282	280	283	1,5984
85	86	87	1,2413	184	184	185	0,0000	283	283	284	-0,8359
86	87	88	-1,2413	185	185	186	3,0808	284	284	285	-3,2817
87	88	89	2,4841	186	186	187	0,6220	285	261	286	-1,5436
88	88	90	0,0000	187	187	188	2,4219	286	286	287	2,3598
89	90	91	1,2414	188	187	189	-3,8073	287	287	288	-0,1235
90	91	92	-1,2414	189	187	190	-0,4480	288	288	289	-1,3037
91	92	93	1,1759	190	190	191	-2,9055	289	289	290	2,4841
92	93	94	-1,3069	191	191	192	1,2413	290	288	291	-1,3037
93	94	95	0,0000	192	192	193	-1,2413	291	291	292	2,4685
94	82	95	-3,8273	193	193	194	1,2093	292	292	293	0,0000
95	94	96	2,3976	194	194	195	-1,2722	293	293	294	-2,4685
96	96	97	-0,0681	195	195	196	1,3968	294	294	295	1,2423
97	97	98	-2,5365	196	196	197	-1,0934	295	295	296	-1,2423
98	98	99	1,2425	197	197	198	2,4787	296	296	297	2,4599
99	99	100	-1,2425	198	173	199	-2,3418	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 129 - Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	44,6953	100	11,7351	0	0,0000	199	11,7645	0	0,0000
2	11,9242	0	0,0000	101	11,6173	0	0,0000	200	11,6953	0	0,0000
3	12,0000	1	85,1105	102	11,6453	0	0,0000	201	11,6006	0	0,0000
4	11,7994	0	0,0000	103	11,4970	0	0,0000	202	11,5261	0	0,0000
5	11,7239	0	0,0000	104	12,0000	1	98,7425	203	11,5879	0	0,0000
6	11,7846	0	0,0000	105	11,6148	0	0,0000	204	11,7746	0	0,0000
7	12,0000	1	87,0383	106	11,7338	0	0,0000	205	12,0000	1	101,4670
8	11,9129	0	0,0000	107	12,0000	1	83,0573	206	11,7212	0	0,0000
9	12,0000	1	101,8500	108	12,0000	1	85,0090	207	12,0000	1	84,0378
10	11,7652	0	0,0000	109	11,7240	0	0,0000	208	12,0000	1	77,3201
11	11,6319	0	0,0000	110	11,5951	0	0,0000	209	11,7558	0	0,0000
12	11,8345	0	0,0000	111	11,6116	0	0,0000	210	11,6633	0	0,0000
13	12,0000	1	99,2003	112	11,4294	0	0,0000	211	11,7212	0	0,0000
14	11,8809	0	0,0000	113	12,0000	1	90,8913	212	12,0000	1	87,2006
15	11,8703	0	0,0000	114	12,0000	1	95,6988	213	11,5802	0	0,0000
16	12,0000	1	86,6530	115	11,8398	0	0,0000	214	11,7846	0	0,0000
17	11,8618	0	0,0000	116	11,8437	0	0,0000	215	12,0000	1	86,6460
18	11,8640	0	0,0000	117	12,0000	1	75,1946	216	11,9231	0	0,0000
19	12,0000	1	92,3055	118	11,9231	0	0,0000	217	12,0000	1	92,7236
20	11,8304	0	0,0000	119	12,0000	1	93,3814	218	11,7533	0	0,0000
21	11,8492	0	0,0000	120	11,7499	0	0,0000	219	11,6581	0	0,0000
22	12,0000	1	86,5666	121	11,6513	0	0,0000	220	12,0000	1	98,1494
23	11,8346	0	0,0000	122	11,5110	0	0,0000	221	11,5015	0	0,0000
24	11,8346	0	0,0000	123	11,5110	0	0,0000	222	11,5019	0	0,0000
25	12,0000	1	89,3413	124	12,0000	1	97,5805	223	11,5023	0	0,0000
26	11,9019	0	0,0000	125	12,0000	1	89,8228	224	11,6675	0	0,0000
27	12,0000	1	73,9506	126	11,6913	0	0,0000	225	12,0000	1	98,8875
28	11,7480	0	0,0000	127	11,5334	0	0,0000	226	11,9375	0	0,0000
29	11,6644	0	0,0000	128	11,5244	0	0,0000	227	12,0000	1	78,5769
30	11,7480	0	0,0000	129	11,6639	0	0,0000	228	11,8514	0	0,0000
31	12,0000	1	101,8780	130	12,0000	1	96,9889	229	11,8207	0	0,0000
32	11,8399	0	0,0000	131	11,5195	0	0,0000	230	12,0000	1	99,0414
33	11,7431	0	0,0000	132	11,7621	0	0,0000	231	12,0000	1	91,1645
34	12,0000	1	90,6482	133	12,0000	1	92,3313	232	11,7944	0	0,0000
35	11,8472	0	0,0000	134	11,9252	0	0,0000	233	11,7199	0	0,0000
36	11,8472	0	0,0000	135	12,0000	1	87,4050	234	11,7756	0	0,0000
37	12,0000	1	74,5218	136	11,7868	0	0,0000	235	11,6835	0	0,0000
38	11,9231	0	0,0000	137	11,7214	0	0,0000	236	12,0000	1	101,1730
39	12,0000	1	69,4680	138	11,8031	0	0,0000	237	11,9231	0	0,0000
40	11,8732	0	0,0000	139	12,0000	1	68,1673	238	12,0000	1	74,5218
41	11,8901	0	0,0000	140	12,0000	1	68,1673	239	11,8472	0	0,0000
42	12,0000	1	94,9830	141	11,6279	0	0,0000	240	11,8472	0	0,0000
43	12,0000	1	88,1781	142	11,6204	0	0,0000	241	12,0000	1	86,2150
44	11,7081	0	0,0000	143	11,7390	0	0,0000	242	11,8628	0	0,0000
45	11,5631	0	0,0000	144	12,0000	1	86,9133	243	11,8733	0	0,0000
46	11,5631	0	0,0000	145	11,7394	0	0,0000	244	12,0000	1	62,7430
47	11,7081	0	0,0000	146	11,7629	0	0,0000	245	11,9442	0	0,0000
48	12,0000	1	88,1781	147	11,6992	0	0,0000	246	12,0000	1	87,2380
49	12,0000	1	89,2359	148	11,7737	0	0,0000	247	11,8705	0	0,0000
50	11,8472	0	0,0000	149	12,0000	1	88,7674	248	11,7627	0	0,0000
51	11,8472	0	0,0000	150	11,9231	0	0,0000	249	11,7939	0	0,0000
52	12,0000	1	88,1781	151	12,0000	1	88,70210 250	12,0000	1	95,3484	
53	11,7081	0	0,0000	152	11,7740	0	0,0000	251	11,7017	0	0,0000
54	11,5631	0	0,0000	153	11,6323	0	0,0000	252	12,0000	1	99,1493
55	11,5631	0	0,0000	154	11,6323	0	0,0000	253	11,7727	0	0,0000
56	11,7081	0	0,0000	155	12,0000	1	88,7021	254	11,6972	0	0,0000
57	12,0000	1	88,1781	156	11,9231	0	0,0000	255	11,7727	0	0,0000
58	12,0000	1	89,1104	157	12,0000	1	87,0087	256	12,0000	1	85,9917
59	11,8221	0	0,0000	158	11,7827	0	0,0000	257	11,9384	0	0,0000
60	11,8221	0	0,0000	159	11,7175	0	0,0000	258	12,0000	1	77,6201
61	11,8618	0	0,0000	160	11,8034	0	0,0000	259	11,8850	0	0,0000
62	11,8602	0	0,0000	161	12,0000	1	69,1957	260	11,9442	0	0,0000
63	12,0000	1	82,8450	162	11,6572	0	0,0000	261	12,0000	1	88,8035
64	11,8514	0	0,0000	163	12,0000	1	81,0079	262	12,0000	1	96,8928
65	11,8514	0	0,0000	164	11,9252	0	0,0000	263	11,8664	0	0,0000
66	12,0000	1	74,5349	165	12,0000	1	74,5349	264	11,8381	0	0,0000
67	11,9252	0	0,0000	166	11,8514	0	0,0000	265	12,0000	1	81,3501
68	12,0000	1	90,3197	167	11,8514	0	0,0000	266	11,7455	0	0,0000
69	11,7722	0	0,0000	168	12,0000	1	59,6284	267	11,8472	0	0,0000

continua.

Tabela 129 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
70	11,6223	0	0,0000	169	12,0000	1	88,0962	268	11,8472	0	0,0000
71	12,0000	1	74,1517	170	11,6669	0	0,0000	269	12,0000	1	97,9258
72	11,5940	0	0,0000	171	11,5715	0	0,0000	270	11,8023	0	0,0000
73	11,5835	0	0,0000	172	12,0000	1	81,6870	271	11,7569	0	0,0000
74	11,7183	0	0,0000	173	12,0000	1	97,6145	272	11,8632	0	0,0000
75	12,0000	1	101,0670	174	11,9300	0	0,0000	273	12,0000	1	84,7525
76	11,9252	0	0,0000	175	12,0000	1	98,3143	274	11,8514	0	0,0000
77	12,0000	1	44,9065	176	11,7175	0	0,0000	275	12,0000	1	100,5880
78	12,0000	1	89,1104	177	11,5861	0	0,0000	276	11,7393	0	0,0000
79	11,8221	0	0,0000	178	11,6041	0	0,0000	277	11,6585	0	0,0000
80	11,8221	0	0,0000	179	11,7719	0	0,0000	278	11,7388	0	0,0000
81	11,8875	0	0,0000	180	11,6302	0	0,0000	279	12,0000	1	101,4510
82	12,0000	1	101,8510	181	12,0000	1	76,8087	280	11,8208	0	0,0000
83	11,9146	0	0,0000	182	12,0000	1	89,1121	281	11,6497	0	0,0000
84	12,0000	1	74,4693	183	11,9231	0	0,0000	282	12,0000	1	60,4914
85	11,8304	0	0,0000	184	12,0000	1	97,4293	283	11,8152	0	0,0000
86	11,8304	0	0,0000	185	11,7290	0	0,0000	284	12,0000	1	88,1736
87	12,0000	1	88,6704	186	11,6092	0	0,0000	285	11,8096	0	0,0000
88	11,8332	0	0,0000	187	11,6393	0	0,0000	286	11,8114	0	0,0000
89	11,7406	0	0,0000	188	11,4951	0	0,0000	287	11,7749	0	0,0000
90	12,0000	1	89,6729	189	12,0000	1	101,9060	288	11,8773	0	0,0000
91	11,8332	0	0,0000	190	11,5943	0	0,0000	289	12,0000	1	83,5408
92	11,8318	0	0,0000	191	11,7132	0	0,0000	290	11,9061	0	0,0000
93	12,0000	1	97,9067	192	12,0000	1	94,9123	291	12,0000	1	97,8287
94	11,8009	0	0,0000	193	11,9146	0	0,0000	292	11,7727	0	0,0000
95	11,8340	0	0,0000	194	12,0000	1	84,7223	293	11,6972	0	0,0000
96	11,7156	0	0,0000	195	11,7831	0	0,0000	294	11,7727	0	0,0000
97	11,7839	0	0,0000	196	11,7563	0	0,0000	295	12,0000	1	74,0533
98	12,0000	1	73,0769	197	11,8190	0	0,0000	296	12,0000	1	59,5239
99	12,0000	1	82,8084	198	12,0000	1	78,5669	297	11,8096	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 130 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo III

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	1,2246	100	100	101	1,9568	199	199	200	1,8307
2	2	3	-1,2591	101	101	102	-0,4651	200	200	201	1,6673
3	3	4	3,3322	102	102	103	2,3958	201	201	202	1,3116
4	4	5	1,5130	103	102	104	-5,7302	202	202	203	-1,0880
5	5	6	-0,9281	104	102	105	0,4433	203	203	204	-3,5028
6	6	7	-3,3868	105	105	106	-1,9767	204	204	205	-5,9630
7	7	8	1,3695	106	106	107	-4,4219	205	201	206	-2,0615
8	8	9	-1,1124	107	107	108	0,0000	206	206	207	-4,5040
9	9	10	4,8714	108	108	109	4,5847	207	207	208	0,0000
10	10	11	2,4236	109	109	110	2,1412	208	208	209	3,9451
11	4	12	-0,6382	110	110	111	-0,2741	209	209	210	1,4943
12	12	13	-3,1051	111	111	112	2,3817	210	210	211	-0,9354
13	13	14	2,6644	112	111	113	-5,0771	211	211	212	-4,7658
14	14	15	0,1866	113	83	114	-1,2413	212	211	213	2,4103
15	15	16	-2,2835	114	114	115	4,2381	213	211	214	-1,0242
16	16	17	2,4331	115	115	116	-0,0567	214	214	215	-3,4798
17	17	18	-0,0355	116	116	117	-2,5250	215	215	216	1,2423
18	18	19	-2,7255	117	117	118	1,2423	216	216	217	-1,2423
19	19	20	2,4651	118	118	119	-1,2423	217	217	218	3,9855
20	18	21	0,2206	119	119	120	4,0404	218	218	219	1,5380
21	21	22	-2,2474	120	120	121	1,5929	219	219	220	-5,6794
22	22	23	2,4650	121	121	122	2,3983	220	219	221	2,3945
23	23	24	0,0000	122	121	123	2,3983	221	219	222	2,3884
24	24	25	-2,4650	123	121	124	-5,6333	222	222	223	-0,0058

continua.

Tabela 130 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
25	25	26	2,4773	124	124	125	0,0000	223	223	224	-2,4012
26	25	27	0,0000	125	125	126	4,9871	224	224	225	-4,8328
27	27	28	3,6628	126	126	127	2,5509	225	225	226	0,9084
28	28	29	1,2151	127	127	128	0,1454	226	226	227	-1,5783
29	29	30	-1,2151	128	128	129	-2,2536	227	227	228	2,4684
30	30	31	-3,6628	129	129	130	-5,5831	228	200	229	-2,2800
31	31	32	2,3270	130	129	131	2,3987	229	229	230	-4,7434
32	32	33	2,4444	131	129	132	-1,5015	230	230	231	0,0000
33	32	34	-2,5864	132	132	133	-3,9518	231	231	232	3,8574
34	34	35	2,4685	133	133	134	1,2425	232	232	233	1,3977
35	35	36	0,0000	134	134	135	-1,2425	233	233	234	-1,0450
36	36	37	-2,4685	135	135	136	3,5415	234	234	235	2,4365
37	37	38	1,2423	136	136	137	1,0864	235	234	236	-5,9365
38	38	39	-1,2423	137	137	138	-1,3571	236	231	237	1,2423
39	39	40	2,0485	138	138	139	-3,1809	237	237	238	-1,2423
40	40	41	-0,4268	139	138	140	-3,1809	238	238	239	2,4685
41	41	42	-2,9074	140	138	141	2,5465	239	239	240	0,0000
42	42	43	0,0000	141	141	142	0,1246	240	240	241	-2,4685
43	43	44	4,8488	142	142	143	-2,2984	241	241	242	2,2165
44	44	45	2,4086	143	143	144	-4,7455	242	242	243	-0,2542
45	45	46	0,0000	144	115	145	1,8255	243	243	244	-2,7306
46	46	47	-2,4086	145	145	146	-0,6217	244	230	245	1,0145
47	47	48	-4,8488	146	146	147	1,2345	245	245	246	-1,4762
48	48	49	0,0000	147	147	148	-1,2036	246	246	247	2,2799
49	49	50	2,4685	148	148	149	-3,6559	247	247	248	1,8979
50	49	51	2,4685	149	149	150	1,2423	248	248	249	-0,5493
51	49	52	0,0000	150	150	151	-1,2423	249	249	250	-5,4524
52	52	53	4,8488	151	151	152	3,6511	250	249	251	2,4392
53	53	54	2,4086	152	152	153	2,4222	251	247	252	-2,0921
54	54	55	0,0000	153	152	154	2,4222	252	252	253	3,6721
55	55	56	-2,4086	154	152	155	-3,6511	253	253	254	1,2197
56	56	57	-4,8488	155	155	156	1,2423	254	254	255	-1,2197
57	57	58	0,0000	156	156	157	-1,2423	255	255	256	-3,6721
58	58	59	2,4640	157	157	158	3,5105	256	256	257	0,9952
59	58	60	2,4640	158	158	159	1,0533	257	257	258	-1,4915
60	42	61	2,5127	159	159	160	-1,3877	258	258	259	2,4784
61	61	62	0,0423	160	160	161	-3,2658	259	246	260	1,0145
62	62	63	-1,9363	161	160	162	2,4286	260	260	261	-1,4762
63	63	64	2,4684	162	160	163	-3,0061	261	261	262	0,0000
64	64	65	0,0000	163	163	164	1,2425	262	262	263	3,1070
65	65	66	-2,4684	164	164	165	-1,2425	263	263	264	0,6331
66	66	67	1,2425	165	165	166	2,4684	264	264	265	-4,2831
67	67	68	-1,2425	166	166	167	0,0000	265	264	266	2,4497
68	68	69	3,7841	167	167	168	-2,4684	266	262	267	2,4685
69	69	70	2,4216	168	168	169	0,0000	267	267	268	0,0000
70	69	71	-3,6801	169	169	170	4,8416	268	268	269	-2,4685
71	69	72	2,5901	170	170	171	2,4091	269	269	270	3,1939
72	72	73	0,1744	171	146	172	-4,3109	270	270	271	0,7334
73	73	74	-2,2392	172	172	173	0,0000	271	271	272	-1,7173
74	74	75	-4,6794	173	173	174	1,3566	272	272	273	-2,0917
75	75	76	1,2425	174	174	175	-1,1309	273	273	274	2,4684
76	76	77	-1,2425	175	175	176	4,5638	274	272	275	-2,0917
77	77	78	0,0000	176	176	177	2,1228	275	275	276	3,7892
78	78	79	2,4640	177	177	178	-0,2908	276	276	277	1,3422
79	78	80	2,4640	178	178	179	-2,7108	277	277	278	-1,0851

continua.

Tabela 130 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
80	62	81	-0,4964	179	179	180	2,4222	278	278	279	-3,5297
81	81	82	-2,9762	180	179	181	-3,8991	279	279	280	2,4216
82	83	84	-1,2413	181	179	182	-3,6850	280	280	281	2,4270
83	84	85	2,4651	182	182	183	1,2423	281	280	282	-2,5418
84	85	86	0,0000	183	183	184	-1,2423	282	280	283	0,0740
85	86	87	-2,4651	184	184	185	4,3780	283	283	284	-2,3876
86	87	88	2,4244	185	185	186	1,9354	284	284	285	2,4599
87	88	89	2,4497	186	186	187	-0,4863	285	261	286	3,4291
88	88	90	-2,4858	187	187	188	2,3953	286	286	287	0,9656
89	90	91	2,4858	188	187	189	-5,9917	287	287	288	-1,4884
90	91	92	0,0209	189	187	190	0,6881	288	288	289	-1,9822
91	92	93	-2,4448	190	190	191	-1,7282	289	289	290	2,4841
92	93	94	3,2165	191	191	192	-4,1686	290	288	291	-1,9822
93	94	95	-0,5498	192	192	193	1,2413	291	291	292	3,6721
94	82	95	3,0182	193	193	194	-1,2413	292	292	293	1,2197
95	94	96	1,3043	194	194	195	3,3165	293	293	294	-1,2197
96	96	97	-1,1346	195	195	196	0,8645	294	294	295	-3,6721
97	97	98	-3,5897	196	196	197	-1,5833	295	295	296	0,0000
98	98	99	0,0000	197	197	198	-4,0492	296	296	297	2,4599
99	99	100	4,4003	198	173	199	4,2818	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 131 - Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo III

Custo Total US\$	
Sistemas fotovoltaicos	382.522,09
Perdas do sistema	12.858,23
TOTAL	395.380,32

Fonte: Própria da autora

Tabela 132 - Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo IV

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0,0000	100	11,8514	0	0,0000	199	12,0000	1	114,6520
2	12,0000	1	98,2726	101	12,0000	1	106,2920	200	11,8549	0	0,0000
3	11,8061	0	0,0000	102	11,7659	0	0,0000	201	11,8178	0	0,0000
4	11,7602	0	0,0000	103	11,6161	0	0,0000	202	11,7435	0	0,0000
5	11,7945	0	0,0000	104	11,6161	0	0,0000	203	11,8081	0	0,0000
6	12,0000	1	99,4033	105	12,0000	1	100,4590	204	12,0000	1	102,9470
7	11,8320	0	0,0000	106	11,8514	0	0,0000	205	11,9061	0	0,0000
8	11,8209	0	0,0000	107	11,8514	0	0,0000	206	12,0000	1	111,4490
9	12,0000	1	115,9520	108	12,0000	1	89,2568	207	11,7727	0	0,0000
10	11,7652	0	0,0000	109	11,8514	0	0,0000	208	11,6972	0	0,0000
11	11,6319	0	0,0000	110	11,8514	0	0,0000	209	11,7727	0	0,0000
12	11,8154	0	0,0000	111	12,0000	1	118,6870	210	12,0000	1	74,0533
13	12,0000	1	103,5090	112	11,8117	0	0,0000	211	12,0000	1	118,8960
14	11,8809	0	0,0000	113	11,8117	0	0,0000	212	11,8556	0	0,0000
15	11,8703	0	0,0000	114	11,6371	0	0,0000	213	11,8556	0	0,0000
16	12,0000	1	95,6232	115	11,5292	0	0,0000	214	11,8472	0	0,0000
17	11,8193	0	0,0000	116	11,5372	0	0,0000	215	11,8472	0	0,0000
18	11,7747	0	0,0000	117	11,6932	0	0,0000	216	12,0000	1	107,6490
19	12,0000	1	113,7800	118	12,0000	1	119,0820	217	11,7522	0	0,0000
20	11,8304	0	0,0000	119	11,8472	0	0,0000	218	11,6559	0	0,0000

continua.

Tabela 132 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
21	11,5879	0	0,0000	120	11,8472	0	0,0000	219	11,7100	0	0,0000
22	11,5630	0	0,0000	121	12,0000	1	118,8960	220	12,0000	1	87,7990
23	11,6998	0	0,0000	122	11,8556	0	0,0000	221	11,5527	0	0,0000
24	12,0000	1	83,7097	123	11,8556	0	0,0000	222	11,7691	0	0,0000
25	12,0000	1	117,6820	124	12,0000	1	74,0533	223	12,0000	1	99,8457
26	11,9019	0	0,0000	125	11,7727	0	0,0000	224	11,8304	0	0,0000
27	11,6679	0	0,0000	126	11,6972	0	0,0000	225	11,8304	0	0,0000
28	11,5030	0	0,0000	127	11,7727	0	0,0000	226	12,0000	1	118,2430
29	11,5030	0	0,0000	128	12,0000	1	119,0020	227	11,8066	0	0,0000
30	11,6679	0	0,0000	129	11,7681	0	0,0000	228	11,6604	0	0,0000
31	12,0000	1	87,9272	130	11,6223	0	0,0000	229	11,8157	0	0,0000
32	12,0000	1	117,8830	131	11,6223	0	0,0000	230	11,8819	0	0,0000
33	11,9019	0	0,0000	132	12,0000	1	116,6620	231	12,0000	1	114,2510
34	11,7001	0	0,0000	133	11,7789	0	0,0000	232	11,8682	0	0,0000
35	11,5511	0	0,0000	134	11,7055	0	0,0000	233	11,8682	0	0,0000
36	11,5511	0	0,0000	135	11,7789	0	0,0000	234	12,0000	1	119,2010
37	11,7001	0	0,0000	136	12,0000	1	88,9855	235	11,9061	0	0,0000
38	12,0000	1	113,7500	137	11,9252	0	0,0000	236	11,9061	0	0,0000
39	11,8678	0	0,0000	138	12,0000	1	118,0490	237	11,8472	0	0,0000
40	11,8887	0	0,0000	139	11,8472	0	0,0000	238	11,8472	0	0,0000
41	12,0000	1	117,2290	140	11,8472	0	0,0000	239	12,0000	1	112,4920
42	11,8314	0	0,0000	141	11,9203	0	0,0000	240	11,7272	0	0,0000
43	11,6294	0	0,0000	142	12,0000	1	104,3050	241	11,6056	0	0,0000
44	11,6068	0	0,0000	143	11,7488	0	0,0000	242	11,6338	0	0,0000
45	11,7299	0	0,0000	144	11,6156	0	0,0000	243	11,7526	0	0,0000
46	12,0000	1	113,4780	145	11,4982	0	0,0000	244	12,0000	1	93,9242
47	11,8514	0	0,0000	146	11,5674	0	0,0000	245	12,0000	1	92,5902
48	11,8514	0	0,0000	147	11,6955	0	0,0000	246	11,8838	0	0,0000
49	12,0000	1	118,8640	148	12,0000	1	118,6330	247	12,0000	1	113,5300
50	11,8472	0	0,0000	149	11,8472	0	0,0000	248	11,9295	0	0,0000
51	11,8472	0	0,0000	150	11,8472	0	0,0000	249	12,0000	1	104,4430
52	12,0000	1	74,079	151	12,0000	1	103,4160	250	11,9061	0	0,0000
53	11,7789	0	0,0000	152	11,7740	0	0,0000	251	11,9061	0	0,0000
54	11,7055	0	0,0000	153	11,6323	0	0,0000	252	11,7727	0	0,0000
55	11,7789	0	0,0000	154	11,6323	0	0,0000	253	11,6972	0	0,0000
56	12,0000	1	88,9855	155	12,0000	1	117,8510	254	11,7727	0	0,0000
57	11,9252	0	0,0000	156	11,7727	0	0,0000	255	12,0000	1	100,0220
58	12,0000	1	104,0170	157	11,6972	0	0,0000	256	11,8660	0	0,0000
59	11,8221	0	0,0000	158	11,7727	0	0,0000	257	11,8851	0	0,0000
60	11,8221	0	0,0000	159	12,0000	1	119,0020	258	12,0000	1	93,1214
61	11,8758	0	0,0000	160	11,7681	0	0,0000	259	11,8850	0	0,0000
62	12,0000	1	109,2800	161	11,6223	0	0,0000	260	11,7384	0	0,0000
63	11,8330	0	0,0000	162	11,6223	0	0,0000	261	11,7310	0	0,0000
64	11,8422	0	0,0000	163	12,0000	1	102,2110	262	12,0000	1	116,4970
65	12,0000	1	91,0757	164	11,8514	0	0,0000	263	12,0000	1	117,1090
66	11,8514	0	0,0000	165	11,8514	0	0,0000	264	11,6754	0	0,0000
67	11,8514	0	0,0000	166	12,0000	1	89,2568	265	11,5841	0	0,0000
68	12,0000	1	106,2920	167	11,8514	0	0,0000	266	11,5841	0	0,0000
69	11,7659	0	0,0000	168	11,8514	0	0,0000	267	11,8472	0	0,0000
70	11,6161	0	0,0000	169	12,0000	1	117,7250	268	11,8472	0	0,0000
71	11,6161	0	0,0000	170	11,6669	0	0,0000	269	12,0000	1	107,0580
72	12,0000	1	100,4590	171	11,5715	0	0,0000	270	11,7552	0	0,0000
73	11,8514	0	0,0000	172	11,6643	0	0,0000	271	11,6621	0	0,0000
74	11,8514	0	0,0000	173	11,8228	0	0,0000	272	11,7194	0	0,0000
75	12,0000	1	89,2568	174	12,0000	1	115,2570	273	12,0000	1	111,1550
76	11,8514	0	0,0000	175	11,7727	0	0,0000	274	11,8514	0	0,0000
77	11,8514	0	0,0000	176	11,6972	0	0,0000	275	11,6588	0	0,0000
78	12,0000	1	118,7390	177	11,7727	0	0,0000	276	11,7621	0	0,0000
79	11,8221	0	0,0000	178	12,0000	1	117,8510	277	12,0000	1	106,9710
80	11,8221	0	0,0000	179	11,7740	0	0,0000	278	11,8179	0	0,0000
81	11,9442	0	0,0000	180	11,6323	0	0,0000	279	11,8179	0	0,0000
82	12,0000	1	97,8502	181	11,6323	0	0,0000	280	12,0000	1	118,6760
83	12,0000	1	108,1930	182	12,0000	1	117,8510	281	11,8263	0	0,0000
84	11,9146	0	0,0000	183	11,7727	0	0,0000	282	11,8263	0	0,0000
85	12,0000	1	74,4693	184	11,6972	0	0,0000	283	12,0000	1	87,6786
86	11,8304	0	0,0000	185	11,7727	0	0,0000	284	11,6280	0	0,0000
87	11,8304	0	0,0000	186	12,0000	1	119,0020	285	11,4434	0	0,0000
88	12,0000	1	118,9280	187	11,7681	0	0,0000	286	11,5938	0	0,0000
89	11,9061	0	0,0000	188	11,6223	0	0,0000	287	11,5909	0	0,0000
90	11,8346	0	0,0000	189	11,6223	0	0,0000	288	11,7517	0	0,0000
91	11,8346	0	0,0000	190	12,0000	1	102,1590	289	12,0000	1	107,8860
92	12,0000	1	104,1590	191	11,8304	0	0,0000	290	11,9061	0	0,0000
93	11,7445	0	0,0000	192	11,8304	0	0,0000	291	11,7997	0	0,0000
94	11,6660	0	0,0000	193	12,0000	1	95,0021	292	12,0000	1	98,4281
95	11,7700	0	0,0000	194	11,7969	0	0,0000	293	11,8472	0	0,0000

continua.

Tabela 132 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
96	11,6290	0	0,0000	195	11,7646	0	0,0000	294	11,8472	0	0,0000
97	11,7409	0	0,0000	196	11,8251	0	0,0000	295	12,0000	1	117,6560
98	12,0000	1	111,2760	197	12,0000	1	112,7640	296	11,7005	0	0,0000
99	11,8514	0	0,0000	198	11,8892	0	0,0000	297	11,5148	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 133 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 1/Arranjo IV

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4685	100	100	101	-2,4684	199	199	200	3,8386
2	2	3	3,2209	101	101	102	3,8887	200	200	201	0,6532
3	3	4	0,7625	102	102	103	2,4200	201	201	202	1,3081
4	4	5	-0,6874	103	102	104	2,4200	202	202	203	-1,1373
5	5	6	-3,1422	104	102	105	-3,4026	203	203	204	-3,6004
6	6	7	2,6415	105	105	106	2,4684	204	204	205	2,4841
7	7	8	0,1745	106	106	107	0,0000	205	201	206	-3,1145
8	8	9	-2,2874	107	107	108	-2,4684	206	206	207	3,6721
9	9	10	4,8714	108	108	109	2,4684	207	207	208	1,2197
10	10	11	2,4236	109	109	110	0,0000	208	208	209	-1,2197
11	4	12	-1,0036	110	110	111	-2,4684	209	209	210	-3,6721
12	12	13	-3,4634	111	111	112	2,4614	210	210	211	0,0000
13	13	14	2,6644	112	111	113	2,4614	211	211	212	2,4684
14	14	15	0,1866	113	83	114	5,2747	212	211	213	2,4684
15	15	16	-2,2835	114	114	115	2,8545	213	211	214	2,4685
16	16	17	3,1813	115	115	116	-0,1163	214	214	215	0,0000
17	17	18	0,7205	116	116	117	-2,5202	215	215	216	-2,4685
18	18	19	-4,5150	117	117	118	-4,9564	216	216	217	4,0032
19	19	20	2,4651	118	118	119	2,4685	217	217	218	1,5557
20	18	21	2,7839	119	119	120	0,0000	218	218	219	-0,8740
21	21	22	0,3711	120	120	121	-2,4685	219	219	220	-4,8173
22	22	23	-2,0387	121	121	122	2,4684	220	219	221	2,4052
23	23	24	-4,4739	122	121	123	2,4684	221	219	222	-0,9037
24	24	25	0,0000	123	121	124	0,0000	222	222	223	-3,3561
25	25	26	2,4773	124	124	125	3,6721	223	223	224	2,4651
26	25	27	4,8270	125	125	126	1,2197	224	224	225	0,0000
27	27	28	2,3968	126	126	127	-1,2197	225	225	226	-2,4651
28	28	29	0,0000	127	127	128	-3,6721	226	226	227	4,8838
29	29	30	-2,3968	128	128	129	3,7464	227	227	228	2,4286
30	30	31	-4,8270	129	129	130	2,4219	228	200	229	0,7127
31	31	32	0,0000	130	129	131	2,4219	229	229	230	-1,7513
32	32	33	2,4773	131	129	132	-3,5459	230	230	231	-2,0792
33	32	34	4,8449	132	132	133	3,6728	231	231	232	2,4728
34	34	35	2,4071	133	133	134	1,2193	232	232	233	0,0000
35	35	36	0,0000	134	134	135	-1,2193	233	233	234	-2,4728
36	36	37	-2,4071	135	135	136	-3,6728	234	234	235	2,4841
37	37	38	-4,8449	136	136	137	1,2425	235	234	236	2,4841
38	38	39	2,1357	137	137	138	-1,2425	236	231	237	2,4685
39	39	40	-0,3376	138	138	139	2,4685	237	237	238	0,0000
40	40	41	-2,8106	139	138	140	2,4685	238	238	239	-2,4685
41	41	42	4,4603	140	138	141	1,1584	239	239	240	4,4071
42	42	43	2,7978	141	141	142	-1,3239	240	240	241	1,9645
43	43	44	0,3754	142	142	143	4,8682	241	241	242	-0,4556
44	44	45	-2,0449	143	143	144	2,4218	242	242	243	-2,8765

continua.

Tabela 133 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
45	45	46	-4,4867	144	115	145	0,5636	243	243	244	-5,3319
46	46	47	2,4684	145	145	146	-1,8307	244	230	245	-2,1473
47	47	48	0,0000	146	146	147	-2,4826	245	245	246	3,0741
48	48	49	-2,4684	147	147	148	-4,9192	246	246	247	-2,0458
49	49	50	2,4685	148	148	149	2,4685	247	247	248	1,2412
50	49	51	2,4685	149	149	150	0,0000	248	248	249	-1,2412
51	49	52	0,0000	150	150	151	-2,4685	249	249	250	2,4841
52	52	53	3,6728	151	151	152	3,6511	250	249	251	2,4841
53	53	54	1,2193	152	152	153	2,4222	251	247	252	3,6721
54	54	55	-1,2193	153	152	154	2,4222	252	252	253	1,2197
55	55	56	-3,6728	154	152	155	-3,6511	253	253	254	-1,2197
56	56	57	1,2425	155	155	156	3,6721	254	254	255	-3,6721
57	57	58	-1,2425	156	156	157	1,2197	255	255	256	2,1648
58	58	59	2,4640	157	157	158	-1,2197	256	256	257	-0,3086
59	58	60	2,4640	158	158	159	-3,6721	257	257	258	-2,7821
60	42	61	-0,8073	159	159	160	3,7464	258	258	259	2,4784
61	61	62	-3,2857	160	160	161	2,4219	259	246	260	2,6436
62	62	63	2,3130	161	160	162	2,4219	260	260	261	0,1958
63	63	64	-0,1528	162	160	163	-3,5459	261	261	262	-4,7359
64	64	65	-2,6213	163	163	164	2,4684	262	262	263	0,0000
65	65	66	2,4684	164	164	165	0,0000	263	263	264	7,2617
66	66	67	0,0000	165	165	166	-2,4684	264	264	265	2,4153
67	67	68	-2,4684	166	166	167	2,4684	265	264	266	2,4153
68	68	69	3,8887	167	167	168	0,0000	266	262	267	2,4685
69	69	70	2,4200	168	168	169	-2,4684	267	267	268	0,0000
70	69	71	2,4200	169	169	170	4,8416	268	268	269	-2,4685
71	69	72	-3,4026	170	170	171	2,4091	269	269	270	3,9548
72	72	73	2,4684	171	146	172	-1,7618	270	270	271	1,5040
73	73	74	0,0000	172	172	173	-4,1931	271	271	272	-0,9257
74	74	75	-2,4684	173	173	174	-3,4341	272	272	273	-4,2905
75	75	76	2,4684	174	174	175	3,6721	273	273	274	2,4684
76	76	77	0,0000	175	175	176	1,2197	274	272	275	0,9266
77	77	78	-2,4684	176	176	177	-1,2197	275	275	276	-1,5015
78	78	79	2,4640	177	177	178	-3,6721	276	276	277	-3,9518
79	78	80	2,4640	178	178	179	3,6511	277	277	278	2,4608
80	62	81	1,0145	179	179	180	2,4222	278	278	279	0,0000
81	81	82	-1,4762	180	179	181	2,4222	279	279	280	-2,4608
82	83	84	1,2413	181	179	182	-3,6511	280	280	281	2,4638
83	84	85	-1,2413	182	182	183	3,6721	281	280	282	2,4638
84	85	86	2,4651	183	183	184	1,2197	282	280	283	0,0000
85	86	87	0,0000	184	184	185	-1,2197	283	283	284	4,8062
86	87	88	-2,4651	185	185	186	-3,6721	284	284	285	2,3850
87	88	89	2,4841	186	186	187	3,7464	285	261	286	2,4945
88	88	90	2,4650	187	187	188	2,4219	286	286	287	0,0767
89	90	91	0,0000	188	187	189	2,4219	287	287	288	-2,3372
90	91	92	-2,4650	189	187	190	-3,5459	288	288	289	-4,0113
91	92	93	3,7137	190	190	191	2,4651	289	289	290	2,4841
92	93	94	1,2682	191	191	192	0,0000	290	288	291	-0,7754
93	94	95	-1,7276	192	192	193	-2,4651	291	291	292	-3,2359
94	82	95	4,1818	193	193	194	2,9520	292	292	293	2,4685
95	94	96	0,5657	194	194	195	0,4939	293	293	294	0,0000
96	96	97	-1,8588	195	195	196	-1,9516	294	294	295	-2,4685
97	97	98	-4,3040	196	196	197	-4,4167	295	295	296	4,8384
98	98	99	2,4684	197	197	198	2,4787	296	296	297	2,3992
99	99	100	0,0000	198	173	199	-3,2218	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 134 - Custo do sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 1/Arranjo IV

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	311.268,14
Perdas do sistema	13.663,12
TOTAL	324.931,26

Fonte: Própria da autora

F.2 Alternativa 2

Tabela 135 - Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo III

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0,0000	100	11,7789	0	0,0000	199	11,5799	0	0,0000
2	12,0000	1	74,5245	101	12,0000	1	74,0790	200	11,5854	0	0,0000
3	11,9252	0	0,0000	102	12,0000	1	89,2359	201	11,6715	0	0,0000
4	12,0000	1	91,5249	103	11,8472	0	0,0000	202	11,5767	0	0,0000
5	11,8672	0	0,0000	104	11,8472	0	0,0000	203	11,6188	0	0,0000
6	11,8549	0	0,0000	105	12,0000	1	88,1781	204	11,7874	0	0,0000
7	12,0000	1	73,7914	106	11,7081	0	0,0000	205	12,0000	1	97,4179
8	11,9129	0	0,0000	107	11,5631	0	0,0000	206	12,0000	1	97,4148
9	12,0000	1	101,8500	108	11,5631	0	0,0000	207	12,0000	1	89,5858
10	11,7652	0	0,0000	109	11,7081	0	0,0000	208	11,6925	0	0,0000
11	11,6319	0	0,0000	110	12,0000	1	88,1781	209	11,5359	0	0,0000
12	11,9327	0	0,0000	111	12,0000	1	89,0583	210	11,5281	0	0,0000
13	12,0000	1	91,8609	112	11,8117	0	0,0000	211	11,6690	0	0,0000
14	11,8259	0	0,0000	113	11,8117	0	0,0000	212	11,5285	0	0,0000
15	11,7448	0	0,0000	114	11,7951	0	0,0000	213	12,0000	1	97,9229
16	11,8026	0	0,0000	115	11,7754	0	0,0000	214	11,7587	0	0,0000
17	12,0000	1	71,7253	116	12,0000	1	98,7962	215	12,0000	1	91,6769
18	12,0000	1	88,3715	117	11,8472	0	0,0000	216	11,9231	0	0,0000
19	11,7574	0	0,0000	118	11,8472	0	0,0000	217	12,0000	1	88,8669
20	11,5912	0	0,0000	119	12,0000	1	95,7745	218	11,7732	0	0,0000
21	12,0000	1	59,5865	120	11,8134	0	0,0000	219	11,6982	0	0,0000
22	11,8346	0	0,0000	121	11,7793	0	0,0000	220	11,5533	0	0,0000
23	11,8346	0	0,0000	122	12,0000	1	75,2959	221	12,0000	1	85,4145
24	12,0000	1	89,4216	123	11,6375	0	0,0000	222	11,6338	0	0,0000
25	11,8332	0	0,0000	124	11,8134	0	0,0000	223	11,7328	0	0,0000
26	11,7365	0	0,0000	125	12,0000	1	81,0604	224	12,0000	1	101,3680
27	12,0000	1	88,6653	126	11,9231	0	0,0000	225	11,8580	0	0,0000
28	11,8304	0	0,0000	127	12,0000	1	91,9254	226	11,8860	0	0,0000
29	11,8304	0	0,0000	128	11,7574	0	0,0000	227	12,0000	1	94,2206
30	12,0000	1	74,4693	129	11,6664	0	0,0000	228	11,8514	0	0,0000
31	11,9146	0	0,0000	130	12,0000	1	96,4967	229	11,6428	0	0,0000
32	12,0000	1	89,5519	131	11,5219	0	0,0000	230	11,7740	0	0,0000
33	11,9019	0	0,0000	132	11,5240	0	0,0000	231	11,8771	0	0,0000
34	11,9231	0	0,0000	133	11,5373	0	0,0000	232	12,0000	1	91,7801
35	12,0000	1	74,5218	134	11,6953	0	0,0000	233	11,8484	0	0,0000
36	11,8472	0	0,0000	135	12,0000	1	90,7374	234	11,8284	0	0,0000
37	11,8472	0	0,0000	136	12,0000	1	81,4657	235	11,7359	0	0,0000
38	12,0000	1	74,5218	137	11,7418	0	0,0000	236	12,0000	1	84,4133
39	11,9231	0	0,0000	138	11,6309	0	0,0000	237	12,0000	1	97,8730
40	12,0000	1	90,9341	139	11,4828	0	0,0000	238	11,7727	0	0,0000
41	11,8483	0	0,0000	140	11,4828	0	0,0000	239	11,6972	0	0,0000
42	11,7965	0	0,0000	141	12,0000	1	94,3798	240	11,7727	0	0,0000
43	12,0000	1	93,4310	142	12,0000	1	88,4112	241	12,0000	1	74,0533
44	11,8514	0	0,0000	143	11,7488	0	0,0000	242	12,0000	1	88,7076
45	11,8514	0	0,0000	144	11,6156	0	0,0000	243	11,7980	0	0,0000
46	12,0000	1	74,5349	145	11,7020	0	0,0000	244	11,6850	0	0,0000
47	11,9252	0	0,0000	146	11,7439	0	0,0000	245	12,0000	1	79,2667
48	12,0000	1	91,5705	147	12,0000	1	89,5690	246	12,0000	1	86,4062
49	11,7659	0	0,0000	148	12,0000	1	89,5858	247	11,8705	0	0,0000

continua.

Tabela 135 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
50	11,6161	0	0,0000	149	11,6925	0	0,0000	248	11,7627	0	0,0000
51	11,6161	0	0,0000	150	11,5359	0	0,0000	249	11,7939	0	0,0000
52	12,0000	1	85,7375	151	11,5281	0	0,0000	250	11,7017	0	0,0000
53	11,9252	0	0,0000	152	11,6690	0	0,0000	251	12,0000	1	95,3484
54	12,0000	1	74,5349	153	11,5285	0	0,0000	252	12,0000	1	84,7140
55	11,8514	0	0,0000	154	12,0000	1	97,9229	253	11,8472	0	0,0000
56	11,8514	0	0,0000	155	11,7587	0	0,0000	254	11,8472	0	0,0000
57	12,0000	1	59,6284	156	12,0000	1	91,6769	255	12,0000	1	85,5867
58	12,0000	1	89,1104	157	11,9231	0	0,0000	256	11,8660	0	0,0000
59	11,8221	0	0,0000	158	12,0000	1	81,2961	257	11,8851	0	0,0000
60	11,8221	0	0,0000	159	11,8122	0	0,0000	258	12,0000	1	93,1214
61	11,7015	0	0,0000	160	11,7768	0	0,0000	259	11,8850	0	0,0000
62	11,7284	0	0,0000	161	12,0000	1	74,4898	260	11,8669	0	0,0000
63	12,0000	1	90,0268	162	11,6309	0	0,0000	261	11,8689	0	0,0000
64	11,9252	0	0,0000	163	11,8159	0	0,0000	262	11,8770	0	0,0000
65	12,0000	1	100,7680	164	12,0000	1	96,3359	263	12,0000	1	64,3232
66	11,7198	0	0,0000	165	11,8514	0	0,0000	264	12,0000	1	89,5307
67	11,5865	0	0,0000	166	11,8514	0	0,0000	265	11,9061	0	0,0000
68	11,5986	0	0,0000	167	12,0000	1	90,5801	266	11,9061	0	0,0000
69	11,7561	0	0,0000	168	11,8447	0	0,0000	267	11,8620	0	0,0000
70	11,6064	0	0,0000	169	11,8380	0	0,0000	268	12,0000	1	86,3632
71	12,0000	1	77,2669	170	12,0000	1	88,0099	269	11,8472	0	0,0000
72	12,0000	1	87,4468	171	11,9019	0	0,0000	270	11,8472	0	0,0000
73	11,9252	0	0,0000	172	11,6661	0	0,0000	271	12,0000	1	85,3541
74	12,0000	1	74,5349	173	11,7047	0	0,0000	272	11,8672	0	0,0000
75	11,8514	0	0,0000	174	12,0000	1	98,6841	273	12,0000	1	84,0101
76	11,8514	0	0,0000	175	12,0000	1	89,5858	274	11,8514	0	0,0000
77	12,0000	1	59,6284	176	11,6925	0	0,0000	275	11,7558	0	0,0000
78	12,0000	1	89,1104	177	11,5359	0	0,0000	276	11,8071	0	0,0000
79	11,8221	0	0,0000	178	11,5281	0	0,0000	277	12,0000	1	83,3427
80	11,8221	0	0,0000	179	11,6690	0	0,0000	278	11,9083	0	0,0000
81	11,6950	0	0,0000	180	11,5285	0	0,0000	279	12,0000	1	44,8853
82	11,7643	0	0,0000	181	12,0000	1	97,9229	280	12,0000	1	89,1313
83	12,0000	1	95,3157	182	11,7587	0	0,0000	281	11,8263	0	0,0000
84	11,8304	0	0,0000	183	12,0000	1	76,7730	282	11,8263	0	0,0000
85	11,8304	0	0,0000	184	12,0000	1	78,0367	283	12,0000	1	87,6786
86	12,0000	1	91,4684	185	11,7521	0	0,0000	284	11,6280	0	0,0000
87	11,8172	0	0,0000	186	11,6559	0	0,0000	285	11,4434	0	0,0000
88	11,8037	0	0,0000	187	11,7100	0	0,0000	286	12,0000	1	98,8018
89	12,0000	1	92,2579	188	11,5649	0	0,0000	287	11,8732	0	0,0000
90	11,6075	0	0,0000	189	12,0000	1	87,8159	288	11,8128	0	0,0000
91	11,5735	0	0,0000	190	11,7691	0	0,0000	289	12,0000	1	96,0384
92	11,7013	0	0,0000	191	12,0000	1	99,8533	290	11,9061	0	0,0000
93	12,0000	1	99,5612	192	11,8304	0	0,0000	291	11,7237	0	0,0000
94	11,9099	0	0,0000	193	11,8304	0	0,0000	292	11,7858	0	0,0000
95	12,0000	1	99,3344	194	12,0000	1	99,4051	293	12,0000	1	101,1220
96	11,8793	0	0,0000	195	11,7831	0	0,0000	294	11,8472	0	0,0000
97	12,0000	1	98,1457	196	11,7563	0	0,0000	295	11,8472	0	0,0000
98	11,7789	0	0,0000	197	11,8190	0	0,0000	296	12,0000	1	89,1419
99	11,7055	0	0,0000	198	12,0000	1	78,5669	297	11,8096	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 136 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4685	100	100	101	-3,6728	199	199	200	-0,1455
2	2	3	1,2425	101	101	102	0,0000	200	200	201	-1,5158
3	3	4	-1,2425	102	102	103	2,4685	201	201	202	1,6690
4	4	5	2,6613	103	102	104	2,4685	202	202	203	-0,7412
5	5	6	0,1881	104	102	105	0,0000	203	203	204	-3,1632
6	6	7	-2,2814	105	105	106	4,8488	204	204	205	-5,6243
7	7	8	1,3695	106	106	107	2,4086	205	201	206	-5,6154
8	8	9	-1,1124	107	107	108	0,0000	206	206	207	0,0000
9	9	10	4,8714	108	108	109	-2,4086	207	207	208	4,9677
10	10	11	2,4236	109	109	110	-4,8488	208	208	209	2,5299

continua.

Tabela 136 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
11	4	12	1,2236	110	110	111	0,0000	209	209	210	0,1260
12	12	13	-1,2627	111	111	112	2,4614	210	210	211	-2,2763
13	13	14	3,8949	112	111	113	2,4614	211	211	212	2,4017
14	14	15	1,4278	113	83	114	2,9782	212	211	213	-5,6581
15	15	16	-1,0176	114	114	115	0,5212	213	211	214	-1,4491
16	16	17	-3,4754	115	115	116	-3,2645	214	214	215	-3,8982
17	17	18	0,0000	116	116	117	2,4685	215	215	216	1,2423
18	18	19	4,8617	117	117	118	0,0000	216	216	217	-1,2423
19	19	20	2,4157	118	118	119	-2,4685	217	217	218	3,6640
20	18	21	0,0000	119	119	120	3,0145	218	218	219	1,2116
21	21	22	2,4650	120	120	121	0,5509	219	219	220	2,4070
22	22	23	0,0000	121	121	122	-3,7726	220	219	221	-4,6147
23	23	24	-2,4650	122	121	123	2,4239	221	219	222	0,9847
24	24	25	2,4858	123	121	124	-0,5509	222	222	223	-1,4390
25	25	26	2,4419	124	124	125	-3,0145	223	223	224	-3,8837
26	25	27	-2,4244	125	125	126	1,2423	224	224	225	2,0640
27	27	28	2,4651	126	126	127	-1,2423	225	225	226	-0,4070
28	28	29	0,0000	127	127	128	3,9192	226	226	227	-2,8788
29	29	30	-2,4651	128	128	129	1,4701	227	227	228	2,4684
30	30	31	1,2413	129	129	130	-5,5415	228	200	229	-1,0436
31	31	32	-1,2413	130	129	131	2,4003	229	229	230	-3,4709
32	32	33	2,4773	131	129	132	2,1774	230	230	231	-1,8151
33	32	34	1,2423	132	132	133	-0,2209	231	231	232	-2,3058
34	34	35	-1,2423	133	133	134	-2,6246	232	232	233	2,8443
35	35	36	2,4685	134	134	135	-5,0615	233	233	234	0,3752
36	36	37	0,0000	135	135	136	0,0000	234	234	235	2,4471
37	37	38	-2,4685	136	136	137	4,2890	235	234	236	-4,5397
38	38	39	1,2423	137	137	138	1,8422	236	231	237	-1,9855
39	39	40	-1,2423	138	138	139	2,3926	237	237	238	3,6721
40	40	41	3,8308	139	138	140	2,3926	238	238	239	1,2197
41	41	42	1,3704	140	138	141	-5,3648	239	239	240	-1,2197
42	42	43	-2,8186	141	141	142	0,0000	240	240	241	-3,6721
43	43	44	2,4684	142	142	143	4,8682	241	241	242	0,0000
44	44	45	0,0000	143	143	144	2,4218	242	242	243	4,8910
45	45	46	-2,4684	144	115	145	1,3345	243	243	244	2,4353
46	46	47	1,2425	145	145	146	-1,1085	244	230	245	-4,1091
47	47	48	-1,2425	146	146	147	-4,9632	245	245	246	0,0000
48	48	49	3,8887	147	147	148	0,0000	246	246	247	2,2799
49	49	50	2,4200	148	148	149	4,9677	247	247	248	1,8979
50	49	51	2,4200	149	149	150	2,5299	248	248	249	-0,5493
51	49	52	-3,4026	150	150	151	0,1260	249	249	250	2,4392
52	52	53	1,2425	151	151	152	-2,2763	250	249	251	-5,4524
53	53	54	-1,2425	152	152	153	2,4017	251	247	252	-2,0921
54	54	55	2,4684	153	152	154	-5,6581	252	252	253	2,4685
55	55	56	0,0000	154	152	155	-1,4491	253	253	254	0,0000
56	56	57	-2,4684	155	155	156	-3,8982	254	254	255	-2,4685
57	57	58	0,0000	156	156	157	1,2423	255	255	256	2,1648
58	58	59	2,4640	157	157	158	-1,2423	256	256	257	-0,3086
59	58	60	2,4640	158	158	159	3,0339	257	257	258	-2,7821
60	42	61	1,7273	159	159	160	0,5719	258	258	259	2,4784
61	61	62	-0,7116	160	160	161	-3,7076	259	246	260	2,4200
62	62	63	-3,7618	161	160	162	2,4236	260	260	261	-0,0529
63	63	64	1,2425	162	160	163	-0,5979	261	261	262	-0,1426
64	64	65	-1,2425	163	163	164	-3,0581	262	262	263	-2,8605
65	65	66	4,6545	164	164	165	2,4684	263	263	264	0,0000

continua.

Tabela 136 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
66	66	67	2,2143	165	165	166	0,0000	264	264	265	2,4841
67	67	68	-0,2010	166	166	167	-2,4684	265	264	266	2,4841
68	68	69	-2,6163	167	167	168	2,5797	266	262	267	0,2423
69	69	70	2,4184	168	168	169	0,1113	267	267	268	-2,2294
70	69	71	-3,9402	169	169	170	-2,3547	268	268	269	2,4685
71	69	72	-3,5451	170	170	171	2,4773	269	269	270	0,0000
72	72	73	1,2425	171	146	172	1,4145	270	270	271	-2,4685
73	73	74	-1,2425	172	172	173	-1,0212	271	271	272	2,1454
74	74	75	2,4684	173	173	174	-5,7229	272	272	273	-2,0306
75	75	76	0,0000	174	174	175	0,0000	273	273	274	2,4684
76	76	77	-2,4684	175	175	176	4,9677	274	272	275	1,7034
77	77	78	0,0000	176	176	177	2,5299	275	275	276	-0,7456
78	78	79	2,4640	177	177	178	0,1260	276	276	277	-3,2043
79	78	80	2,4640	178	178	179	-2,2763	277	277	278	1,2392
80	62	81	0,6073	179	179	180	2,4017	278	278	279	-1,2392
81	81	82	-1,8333	180	179	181	-5,6581	279	279	280	0,0000
82	83	84	2,4651	181	179	182	-1,4491	280	280	281	2,4638
83	84	85	0,0000	182	182	183	-3,8982	281	280	282	2,4638
84	85	86	-2,4651	183	183	184	0,0000	282	280	283	0,0000
85	86	87	2,6570	184	184	185	4,0048	283	283	284	4,8062
86	87	88	0,1962	185	185	186	1,5541	284	284	285	2,3850
87	88	89	-5,1931	186	186	187	-0,8740	285	261	286	-2,3836
88	88	90	2,9240	187	187	188	2,4103	286	286	287	3,3545
89	90	91	0,5067	188	187	189	-4,8173	287	287	288	0,8779
90	91	92	-1,9046	189	187	190	-0,9037	288	288	289	-3,0242
91	92	93	-4,3416	190	190	191	-3,3561	289	289	290	2,4841
92	93	94	1,4556	191	191	192	2,4651	290	288	291	1,4394
93	94	95	-1,4967	192	192	193	0,0000	291	291	292	-1,0032
94	82	95	-4,2855	193	193	194	-2,4651	292	292	293	-3,4604
95	94	96	0,4679	194	194	195	3,3165	293	293	294	2,4685
96	96	97	-2,0050	195	195	196	0,8645	294	294	295	0,0000
97	97	98	3,6728	196	196	197	-1,5833	295	295	296	-2,4685
98	98	99	1,2193	197	197	198	-4,0492	296	296	297	2,4599
99	99	100	-1,2193	198	173	199	2,2691	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 137 - Resultados para o sistema teste 3 através do B&B com EBCR - Alternativa 2/Arranjo IV

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0,0000	100	11,8514	0	0,00000	199	11,7163	0	0,0000
2	12,0000	1	88,9070	101	12,0000	1	106,29200	200	11,7792	0	0,0000
3	11,8531	0	0,0000	102	11,7659	0	0,00000	201	11,7853	0	0,0000
4	11,8548	0	0,0000	103	11,6161	0	0,00000	202	11,7223	0	0,0000
5	11,8478	0	0,0000	104	11,6161	0	0,00000	203	11,7979	0	0,0000
6	12,0000	1	89,6146	105	12,0000	1	100,45900	204	12,0000	1	105,2480
7	11,8320	0	0,0000	106	11,8514	0	0,00000	205	11,9061	0	0,0000
8	11,8209	0	0,0000	107	11,8514	0	0,00000	206	12,0000	1	103,6790
9	12,0000	1	115,9520	108	12,0000	1	89,25688	207	11,8472	0	0,0000
10	11,7652	0	0,0000	109	11,8514	0	0,00000	208	11,8472	0	0,0000
11	11,6319	0	0,0000	110	11,8514	0	0,00000	209	12,0000	1	74,5218
12	12,0000	1	107,3760	111	12,0000	1	118,68700	210	11,9231	0	0,0000
13	11,7969	0	0,0000	112	11,8117	0	0,00000	211	12,0000	1	119,0860
14	11,7364	0	0,0000	113	11,8117	0	0,00000	212	11,8556	0	0,0000
15	11,7984	0	0,0000	114	11,7981	0	0,00000	213	11,8556	0	0,0000
16	12,0000	1	88,1688	115	11,7801	0	0,00000	214	11,9231	0	0,0000

continua.

Tabela 137 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
17	11,9264	0	0,0000	116	12,0000	1	112,41200	215	12,0000	1	105,1330
18	12,0000	1	117,5270	117	11,7727	0	0,00000	216	11,6892	0	0,0000
19	11,7574	0	0,0000	118	11,6972	0	0,00000	217	11,5292	0	0,0000
20	11,5912	0	0,0000	119	11,7727	0	0,00000	218	11,5180	0	0,0000
21	11,9167	0	0,0000	120	12,0000	1	117,85100	219	11,6553	0	0,0000
22	12,0000	1	74,4824	121	11,7740	0	0,00000	220	12,0000	1	98,7156
23	11,8346	0	0,0000	122	11,6323	0	0,00000	221	11,4987	0	0,0000
24	11,8346	0	0,0000	123	11,6323	0	0,00000	222	11,7412	0	0,0000
25	12,0000	1	118,9170	124	12,0000	1	117,85103	223	12,0000	1	114,0120
26	11,9019	0	0,0000	125	11,7727	0	0,00000	224	11,7771	0	0,0000
27	11,8304	0	0,0000	126	11,6972	0	0,00000	225	11,7230	0	0,0000
28	11,8304	0	0,0000	127	11,7727	0	0,00000	226	11,8369	0	0,0000
29	12,0000	1	103,3650	128	12,0000	1	119,00200	227	12,0000	1	109,0930
30	11,7489	0	0,0000	129	11,7681	0	0,00000	228	11,8514	0	0,0000
31	11,6663	0	0,0000	130	11,6223	0	0,00000	229	12,0000	1	107,7420
32	11,7509	0	0,0000	131	11,6223	0	0,00000	230	11,9066	0	0,0000
33	12,0000	1	105,5740	132	12,0000	1	102,21100	231	12,0000	1	109,0260
34	11,5886	0	0,0000	133	11,8514	0	0,00000	232	11,8682	0	0,0000
35	11,5758	0	0,0000	134	11,8514	0	0,00000	233	11,8682	0	0,0000
36	11,7124	0	0,0000	135	12,0000	1	111,95100	234	12,0000	1	119,2010
37	12,0000	1	115,3620	136	11,7375	0	0,00005	235	11,9061	0	0,0000
38	11,8472	0	0,0000	137	11,6222	0	0,00000	236	11,9061	0	0,0000
39	11,8472	0	0,0000	138	11,6527	0	0,00000	237	11,8472	0	0,0000
40	12,0000	1	118,9040	139	12,0000	1	97,30130	238	11,8472	0	0,0000
41	11,8046	0	0,0000	140	11,5043	0	0,00000	239	12,0000	1	99,7767
42	11,7107	0	0,0000	141	11,6336	0	0,00000	240	11,7928	0	0,0000
43	11,7878	0	0,0000	142	11,7628	0	0,00000	241	11,7377	0	0,0000
44	12,0000	1	116,3690	143	12,0000	1	114,81900	242	11,8340	0	0,0000
45	11,7789	0	0,0000	144	11,8640	0	0,00000	243	12,0000	1	107,9650
46	11,7055	0	0,0000	145	11,7130	0	0,00000	244	11,8850	0	0,0000
47	11,7789	0	0,0000	146	11,7592	0	0,00000	245	11,8168	0	0,0000
48	12,0000	1	119,4920	147	12,0000	1	100,90200	246	11,8483	0	0,0000
49	11,7722	0	0,0000	148	11,9231	0	0,00000	247	12,0000	1	106,6110
50	11,6223	0	0,0000	149	12,0000	1	59,80770	248	11,9295	0	0,0000
51	12,0000	1	74,1517	150	11,9231	0	0,00000	249	12,0000	1	104,4430
52	11,5940	0	0,0000	151	12,000	1	88,70210	250	11,9061	0	0,0000
53	11,5835	0	0,0000	152	11,7740	0	0,00000	251	11,9061	0	0,0000
54	11,7183	0	0,0000	153	11,6323	0	0,00000	252	11,8472	0	0,0000
55	12,0000	1	115,7890	154	11,6323	0	0,00000	253	11,8472	0	0,0000
56	11,8514	0	0,0000	155	12,0000	1	117,85100	254	12,0000	1	89,2359
57	11,8514	0	0,0000	156	11,7727	0	0,00000	255	11,8472	0	0,0000
58	12,0000	1	118,7390	157	11,6972	0	0,00000	256	11,8472	0	0,0000
59	11,8221	0	0,0000	158	11,7727	0	0,00000	257	12,0000	1	118,3260
60	11,8221	0	0,0000	159	12,0000	1	119,00200	258	11,7980	0	0,0000
61	11,6496	0	0,0000	160	11,7681	0	0,00000	259	11,6850	0	0,0000
62	11,6994	0	0,0000	161	11,6223	0	0,00000	260	11,8827	0	0,0000
63	12,0000	1	109,5600	162	11,6223	0	0,00000	261	12,0000	1	113,6050
64	11,8514	0	0,0000	163	12,0000	1	102,21100	262	12,0000	1	74,8425
65	11,8514	0	0,0000	164	11,8514	0	0,00000	263	11,9454	0	0,0000
66	12,0000	1	107,9740	165	11,8514	0	0,00000	264	12,0000	1	104,1700
67	11,7575	0	0,0000	166	12,0000	1	105,17908	265	11,9061	0	0,0000
68	11,6624	0	0,0000	167	11,7715	0	0,00000	266	11,9061	0	0,0000
69	11,7136	0	0,0000	168	11,6906	0	0,00000	267	11,8472	0	0,0000
70	11,5644	0	0,0000	169	11,7564	0	0,00000	268	11,8472	0	0,0000
71	12,0000	1	85,5075	170	12,0000	1	102,25100	269	12,0000	1	107,0580
72	11,7875	0	0,0000	171	11,9019	0	0,00000	270	11,7552	0	0,0000
73	12,0000	1	87,2668	172	11,7044	0	0,00000	271	11,6621	0	0,0000
74	11,9252	0	0,0000	173	11,7590	0	0,00000	272	11,7194	0	0,0000
75	12,0000	1	74,5349	174	12,0000	1	100,94300	273	12,0000	1	111,1550
76	11,8514	0	0,0000	175	11,9231	0	0,00000	274	11,8514	0	0,0000
77	11,8514	0	0,0000	176	12,0000	1	102,77800	275	11,6588	0	0,0000
78	12,0000	1	118,7390	177	11,7014	0	0,00000	276	11,7621	0	0,0000
79	11,8221	0	0,0000	178	11,5537	0	0,00000	277	12,0000	1	106,9710
80	11,8221	0	0,0000	179	11,5550	0	0,00000	278	11,8179	0	0,0000
81	11,6770	0	0,0000	180	11,4160	0	0,00000	279	11,8179	0	0,0000
82	11,7537	0	0,0000	181	11,4160	0	0,00000	280	12,0000	1	118,6760
83	12,0000	1	94,7895	182	12,0000	1	116,23100	281	11,8263	0	0,0000
84	11,8304	0	0,0000	183	12,0000	1	93,95270	282	11,8263	0	0,0000
85	11,8304	0	0,0000	184	11,6700	0	0,00000	283	12,0000	1	87,6786
86	12,0000	1	91,4684	185	11,4906	0	0,00000	284	11,6280	0	0,0000
87	11,8172	0	0,0000	186	11,4593	0	0,00000	285	11,4434	0	0,0000
88	11,8037	0	0,0000	187	11,5759	0	0,00000	286	11,7872	0	0,0000
89	12,0000	1	92,2579	188	11,4325	0	0,00000	287	11,7338	0	0,0000
90	11,6075	0	0,0000	189	12,0000	1	114,53300	288	11,8049	0	0,0000
91	11,5735	0	0,0000	190	11,5519	0	0,00000	289	12,0000	1	97,5664

continua.

Tabela 137 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
92	11,7013	0	0,0000	191	11,6921	0	0,00000	290	11,9061	0	0,0000
93	12,0000	1	106,7930	192	12,0000	1	112,77900	291	11,8262	0	0,0000
94	11,8726	0	0,0000	193	11,8333	0	0,00001	292	12,0000	1	107,7370
95	12,0000	1	109,0890	194	11,8361	0	0,00000	293	11,7727	0	0,0000
96	11,7615	0	0,0000	195	12,0000	1	76,85800	294	11,6972	0	0,0000
97	11,8067	0	0,0000	196	11,9567	0	0,00000	295	11,7727	0	0,0000
98	12,0000	1	98,1540	197	12,0000	1	72,84630	296	12,0000	1	103,5770
99	11,8514	0	0,0000	198	11,8892	0	0,00000	297	11,8096	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 138 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Alternativa 2/Arranjo III

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4685	100	100	101	-2,4684	199	199	200	-1,6640
2	2	3	2,4402	101	101	102	3,8887	200	200	201	-0,1074
3	3	4	-0,0282	102	102	103	2,4200	201	201	202	1,1092
4	4	5	0,1403	103	102	104	2,4200	202	202	203	-1,3310
5	5	6	-2,3272	104	102	105	-3,4026	203	203	204	-3,7917
6	6	7	2,6415	105	105	106	2,4684	204	204	205	2,4841
7	7	8	0,1745	106	106	107	0,0000	205	201	206	-3,6701
8	8	9	-2,2874	107	107	108	-2,4684	206	206	207	2,4685
9	9	10	4,8714	108	108	109	2,4684	207	207	208	0,0000
10	10	11	2,4236	109	109	110	0,0000	208	208	209	-2,4685
11	4	12	-2,6400	110	110	111	-2,4684	209	209	210	1,2423
12	12	13	3,8105	111	111	112	2,4614	210	210	211	-1,2423
13	13	14	1,3535	112	111	113	2,4614	211	211	212	2,4684
14	14	15	-1,0915	113	83	114	2,9346	212	211	213	2,4684
15	15	16	-3,5493	114	114	115	0,4762	213	211	214	1,2423
16	16	17	1,2958	115	115	116	-3,1962	214	214	215	-1,2423
17	17	18	-1,1890	116	116	117	3,6721	215	215	216	5,0210
18	18	19	4,8617	117	117	118	1,2197	216	216	217	2,5848
19	19	20	2,4157	118	118	119	-1,2197	217	217	218	0,1809
20	18	21	1,2414	119	119	120	-3,6721	218	218	219	-2,2181
21	21	22	-1,2414	120	120	121	3,6511	219	219	220	-5,7259
22	22	23	2,4650	121	121	122	2,4222	220	219	221	2,3945
23	23	24	0,0000	122	121	123	2,4222	221	219	222	-1,3135
24	24	25	-2,4650	123	121	124	-3,6511	222	222	223	-3,7616
25	25	26	2,4773	124	124	125	3,6721	223	223	224	3,2398
26	25	27	2,4651	125	125	126	1,2197	224	224	225	0,7863
27	27	28	0,0000	126	126	127	-1,2197	225	225	226	-1,6555
28	28	29	-2,4651	127	127	128	-3,6721	226	226	227	-4,1187
29	29	30	3,6497	128	128	129	3,7464	227	227	228	2,4684
30	30	31	1,2006	129	129	130	2,4219	228	200	229	-4,0145
31	31	32	-1,2297	130	129	131	2,4219	229	229	230	2,4709
32	32	33	-6,2904	131	129	132	-3,5459	230	230	231	-1,6444
33	32	34	2,6220	132	132	133	2,4684	231	231	232	2,4728
34	34	35	0,2068	133	133	134	0,0000	232	232	233	0,0000
35	35	36	-2,2068	134	134	135	-2,4684	233	233	234	-2,4728
36	36	37	-4,6462	135	135	136	4,3605	234	234	235	2,4841
37	37	38	2,4685	136	136	137	1,9153	235	234	236	2,4841
38	38	39	0,0000	137	137	138	-0,5066	236	231	237	2,4685
39	39	40	-2,4685	138	138	139	-5,6107	237	237	238	0,0000
40	40	41	4,9343	139	138	140	2,3974	238	238	239	-2,4685
41	41	42	2,4841	140	138	141	0,2776	239	239	240	3,3473

continua.

Tabela 138 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
42	42	43	-1,0679	141	141	142	-2,1462	240	240	241	0,8901
43	43	44	-3,5249	142	142	143	-4,5969	241	241	242	-1,5557
44	44	45	3,6728	143	143	144	2,4727	242	242	243	-4,0194
45	45	46	1,2193	144	115	145	1,2200	243	243	244	2,4784
46	46	47	-1,2193	145	145	146	-1,2222	244	230	245	1,6327
47	47	48	-3,6728	146	146	147	-4,6667	245	245	246	-0,8333
48	48	49	3,7841	147	147	148	1,2423	246	246	247	-2,6708
49	49	50	2,4216	148	148	149	-1,2423	247	247	248	1,2412
50	49	51	-3,6801	149	149	150	1,2423	248	248	249	-1,2412
51	49	52	2,5901	150	150	151	-1,2423	249	249	250	2,4841
52	52	53	0,1744	151	151	152	3,6511	250	249	251	2,4841
53	53	54	-2,2392	152	152	153	2,4222	251	247	252	2,4685
54	54	55	-4,6794	153	152	154	2,4222	252	252	253	0,0000
55	55	56	2,4684	154	152	155	-3,6511	253	253	254	-2,4685
56	56	57	0,0000	155	155	156	3,6721	254	254	255	2,4685
57	57	58	-2,4684	156	156	157	1,2197	255	255	256	0,0000
58	58	59	2,4640	157	157	158	-1,2197	256	256	257	-2,4685
59	58	60	2,4640	158	158	159	-3,6721	257	257	258	4,8910
60	42	61	1,1109	159	159	160	3,7464	258	258	259	2,4353
61	61	62	-1,3175	160	160	161	2,4219	259	246	260	-0,6255
62	62	63	-4,1634	161	160	162	2,4219	260	260	261	-3,1032
63	63	64	2,4684	162	160	163	-3,5459	261	261	262	0,0000
64	64	65	0,0000	163	163	164	2,4684	262	262	263	1,2698
65	65	66	-2,4684	164	164	165	0,0000	263	263	264	-1,2215
66	66	67	4,0282	165	165	166	-2,4684	264	264	265	2,4841
67	67	68	1,5797	166	166	167	3,7957	265	264	266	2,4841
68	68	69	-0,8505	167	167	168	1,3439	266	262	267	2,4685
69	69	70	2,4103	168	168	169	-1,0930	267	267	268	0,0000
70	69	71	-4,6268	169	169	170	-3,5407	268	268	269	-2,4685
71	69	72	-1,0741	170	170	171	2,4773	269	269	270	3,9548
72	72	73	-3,5299	171	146	172	0,9964	270	270	271	1,5040
73	73	74	1,2425	172	172	173	-1,4444	271	271	272	-0,9257
74	74	75	-1,2425	173	173	174	-4,6705	272	272	273	-4,2905
75	75	76	2,4684	174	174	175	1,2423	273	273	274	2,4684
76	76	77	0,0000	175	175	176	-1,2423	274	272	275	0,9266
77	77	78	-2,4684	176	176	177	4,8239	275	275	276	-1,5015
78	78	79	2,4640	177	177	178	2,3861	276	276	277	-3,9518
79	78	80	2,4640	178	178	179	-0,0210	277	277	278	2,4608
80	62	81	0,4073	179	179	180	2,3761	278	278	279	0,0000
81	81	82	-2,0291	180	179	181	2,3761	279	279	280	-2,4608
82	83	84	2,4651	181	179	182	-7,1890	280	280	281	2,4638
83	84	85	0,0000	182	182	183	0,0000	281	280	282	2,4638
84	85	86	-2,4651	183	183	184	5,3312	282	280	283	0,0000
85	86	87	2,6570	184	184	185	2,8982	283	283	284	4,8062
86	87	88	0,1962	185	185	186	0,5057	284	284	285	2,3850
87	88	89	-5,1931	186	186	187	-1,8837	285	261	286	3,8691
88	88	90	2,9240	187	187	188	2,3821	286	286	287	1,4127
89	90	91	0,5067	188	187	189	-7,0449	287	287	288	-1,0334
90	91	92	-1,9046	189	187	190	0,3670	288	288	289	-3,1519
91	92	93	-4,3416	190	190	191	-2,0378	289	289	290	2,4841
92	93	94	2,0582	191	191	192	-4,4753	290	288	291	-0,3441
93	94	95	-2,1163	192	192	193	2,4230	291	291	292	-2,8078
94	82	95	-4,4782	193	193	194	-0,0407	292	292	293	3,6721
95	94	96	1,6988	194	194	195	-2,5061	293	293	294	1,2197
96	96	97	-0,7508	195	195	196	1,3968	294	294	295	-1,2197

continua.

Tabela 138 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
97	97	98	-3,2110	196	196	197	-1,0934	295	295	296	-3,6721
98	98	99	2,4684	197	197	198	2,4787	296	296	297	2,4599
99	99	100	0,0000	198	173	199	0,7764	297			

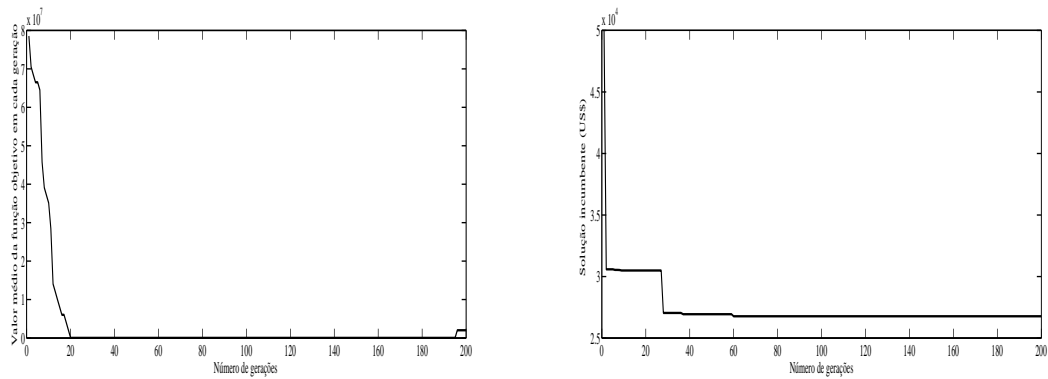
Fim.

Fonte: Própria da autora

APÊNDICE G - SISTEMA TESTE 1 - 20 NÓS - CHU-BEASLEY

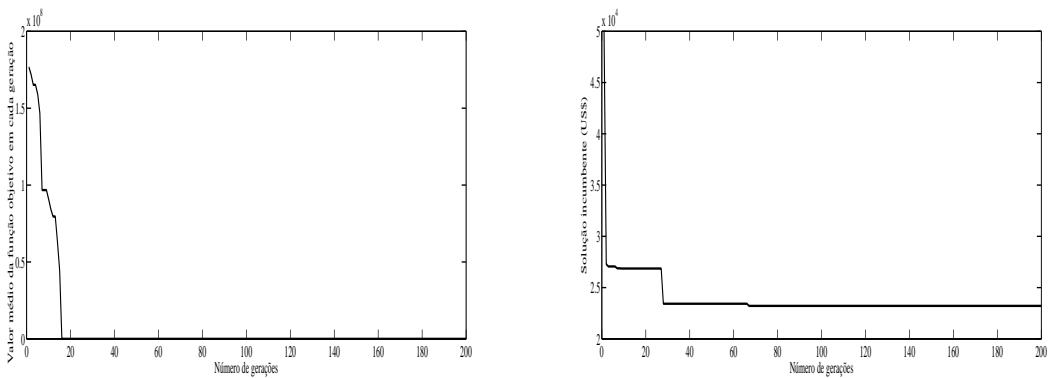
G.1 Alternativa 1

Figura 82 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo III; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo III.



Fonte: Própria autora.

Figura 83 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo IV; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo IV.



Fonte: Própria autora.

APÊNDICE H - SISTEMA TESTE 2 - 99 NÓS - CHU-BEASLEY

H.1 Alternativa 1

Tabela 139 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	59,3431	34	12,0000	1	59,7137	67	11,9252	0	0,0000
2	11,8485	0	0,0000	35	11,9230	0	0,0000	68	12,0000	1	65,6638
3	11,8499	0	0,0000	36	12,0000	1	59,8076	69	11,8958	0	0,0000
4	12,0000	1	59,9032	37	11,9230	0	0,0000	70	12,0000	1	50,1806
5	12,0000	1	59,3374	38	12,0000	1	44,9038	71	11,7443	0	0,0000
6	11,8402	0	0,0000	39	12,0000	1	66,1828	72	12,0000	1	48,1626
7	11,8416	0	0,0000	40	11,8132	0	0,0000	73	12,0000	1	59,6284
8	12,0000	1	59,8670	41	11,7913	0	0,0000	74	11,8513	0	0,0000
9	12,0000	1	45,9148	42	11,8633	0	0,0000	75	11,8513	0	0,0000
10	11,9361	0	0,0000	43	12,0000	1	52,6972	76	12,0000	1	59,6284
11	12,0000	1	43,9254	44	12,0000	1	59,6284	77	12,0000	1	62,0494
12	12,0000	1	60,3200	45	11,8513	0	0,0000	78	11,8392	0	0,0000
13	11,8652	0	0,0000	46	11,8513	0	0,0000	79	11,6636	0	0,0000
14	11,8628	0	0,0000	47	12,0000	1	59,6284	80	12,0000	1	56,7078
15	12,0000	1	59,0000	48	12,0000	1	59,8091	81	12,0000	1	48,3323
16	12,0000	1	61,6202	49	11,8504	0	0,0000	82	11,9421	0	0,0000
17	11,8504	0	0,0000	50	11,6995	0	0,0000	83	12,0000	1	41,5231
18	11,8401	0	0,0000	51	12,0000	1	58,9810	84	12,0000	1	59,6284
19	11,8360	0	0,0000	52	11,8509	0	0,0000	85	11,8513	0	0,0000
20	12,0000	1	58,5996	53	12,0000	1	59,7121	86	11,8513	0	0,0000
21	12,0000	1	58,5965	54	12,0000	1	59,6284	87	12,0000	1	59,6284
22	12,0000	1	44,8958	55	11,8513	0	0,0000	88	12,0000	1	61,3790
23	11,9167	0	0,0000	56	11,8513	0	0,0000	89	11,8425	0	0,0000
24	12,0000	1	64,4785	57	12,0000	1	59,6284	90	11,6917	0	0,0000
25	11,8905	0	0,0000	58	12,0000	1	59,5552	91	12,0000	1	57,4567
26	12,0000	1	63,2053	59	12,0000	1	30,0000	92	12,0000	1	59,6284
27	11,7583	0	0,0000	60	11,8220	0	0,0000	93	11,8513	0	0,0000
28	11,7946	0	0,0000	61	12,0000	1	59,7900	94	11,8513	0	0,0000
29	12,0000	1	65,8206	62	12,0000	1	57,7408	95	12,0000	1	59,6284
30	12,0000	1	51,5102	63	11,8330	0	0,0000	96	12,0000	1	62,8634
31	11,8766	0	0,0000	64	11,8422	0	0,0000	97	11,8351	0	0,0000
32	11,9235	0	0,0000	65	12,0000	1	61,4472	98	12,0000	1	55,8476
33	12,0000	1	53,1805	66	12,0000	1	44,9065	99	11,6493	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 140 - Corrente nas linhas para o sistema 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	2,4475	34	34	35	1,2439	67	67	68	-1,2425
2	2	3	-0,0233	35	35	36	-1,2439	68	68	69	1,7309
3	3	4	-2,4934	36	36	37	1,2439	69	69	70	-1,6834
4	4	5	0,0000	37	37	38	-1,2439	70	69	71	2,4475
5	5	6	2,4434	38	38	39	0,0000	71	69	72	-1,5145

continua.

Tabela 140 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
6	6	7	-0,0220	39	39	40	3,0178	72	72	73	0,0000
7	7	8	-2,4906	40	40	41	0,5530	73	73	74	2,4701
8	8	9	0,0000	41	41	42	-1,9048	74	74	75	0,0000
9	9	10	1,3257	42	42	43	-1,8934	75	75	76	-2,4701
10	10	11	-1,1618	43	43	44	0,0000	76	76	77	0,0000
11	4	12	0,0000	44	44	45	2,4701	77	77	78	2,6711
12	12	13	2,5291	45	45	46	0,0000	78	78	79	2,4321
13	13	14	0,0537	46	46	47	-2,4701	79	78	80	-2,2271
14	14	15	-2,4155	47	47	48	0,0000	80	62	81	0,0000
15	15	16	0,0000	48	48	49	2,4850	81	81	82	1,5317
16	16	17	2,6338	49	49	50	2,4378	82	82	83	-0,9618
17	17	18	0,1664	50	49	51	-2,4168	83	83	84	0,0000
18	18	19	0,0822	51	49	52	-0,0073	84	84	85	2,4701
19	19	20	-2,3837	52	52	53	-2,4767	85	85	86	0,0000
20	18	21	-2,3830	53	53	54	0,0000	86	86	87	-2,4701
21	21	22	0,0000	54	54	55	2,4701	87	87	88	0,0000
22	22	23	1,2414	55	55	56	0,0000	88	88	89	2,6163
23	23	24	-1,2414	56	56	57	-2,4701	89	89	90	2,4362
24	24	25	1,6319	57	57	58	0,0000	90	89	91	-2,2892
25	25	26	-2,7652	58	58	59	0,0000	91	91	92	0,0000
26	25	27	1,9215	59	58	60	2,4654	92	92	93	2,4701
27	27	28	-0,5276	60	42	61	-2,4855	93	93	94	0,0000
28	28	29	-2,9855	61	61	62	0,0000	94	94	95	-2,4701
29	29	30	0,0000	62	62	63	2,3130	95	95	96	0,0000
30	30	31	1,7936	63	63	64	-0,1528	96	96	97	2,7392
31	31	32	-0,6817	64	64	65	-2,6213	97	97	98	-2,1556
32	32	33	-1,9318	65	65	66	0,0000	98	97	99	2,4288
33	32	34	-1,2359	66	66	67	1,2425				

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 141 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8471	0	0,0000	34	11,8431	0	0,0000	67	11,7850	0	0,0000
2	12,0000	1	74,5244	35	12,0000	1	75,2988	68	11,7178	0	0,0000
3	11,9252	0	0,0000	36	11,9230	0	0,0000	69	11,7976	0	0,0000
4	12,0000	1	72,5940	37	12,0000	1	74,5212	70	12,0000	1	69,2184
5	12,0000	1	59,3364	38	11,8471	0	0,0000	71	11,6473	0	0,0000
6	11,8402	0	0,0000	39	11,8471	0	0,0000	72	12,0000	1	80,2032
7	11,8416	0	0,0000	40	12,0000	1	74,2248	73	11,9252	0	0,0000
8	12,0000	1	71,2248	41	11,9518	0	0,0000	74	12,0000	1	59,8128
9	11,9259	0	0,0000	42	12,0000	1	58,8144	75	11,9252	0	0,0000
10	12,0000	1	48,4560	43	11,9184	0	0,0000	76	12,0000	1	59,8128
11	12,0000	1	30,0000	44	12,0000	1	61,1580	77	11,9252	0	0,0000
12	11,8730	0	0,0000	45	11,9252	0	0,0000	78	12,0000	1	74,4612
13	11,8818	0	0,0000	46	12,0000	1	59,8128	79	12,0000	1	30,0000
14	12,0000	1	76,6104	47	11,9252	0	0,0000	80	11,8220	0	0,0000
15	11,9294	0	0,0000	48	12,0000	1	74,7156	81	11,8889	0	0,0000
16	12,0000	1	76,5312	49	11,8504	0	0,0000	82	12,0000	1	65,2272
17	11,8504	0	0,0000	50	11,6995	0	0,0000	83	12,0000	1	74,0784
18	11,8401	0	0,0000	51	12,0000	1	58,9800	84	11,7788	0	0,0000
19	11,8360	0	0,0000	52	11,8509	0	0,0000	85	11,7054	0	0,0000
20	12,0000	1	58,5996	53	12,0000	1	74,6184	86	11,7788	0	0,0000
21	12,0000	1	58,5960	54	11,9252	0	0,0000	87	12,0000	1	74,0784
22	12,0000	1	69,1752	55	12,0000	1	59,8128	88	12,0000	1	40,4892
23	11,7810	0	0,0000	56	11,9252	0	0,0000	89	11,9473	0	0,0000
24	11,7266	0	0,0000	57	12,0000	1	76,9548	90	12,0000	1	40,1988
25	11,8361	0	0,0000	58	11,8392	0	0,0000	91	12,0000	1	68,8068

continua.

Tabela 141 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
26	12,0000	1	79,6896	59	12,0000	1	56,7072	92	11,8513	0	0,0000
27	11,8332	0	0,0000	60	11,6636	0	0,0000	93	11,8513	0	0,0000
28	12,0000	1	59,0772	61	12,0000	1	73,2360	94	12,0000	1	74,5344
29	12,0000	1	68,7552	62	11,8636	0	0,0000	95	11,9252	0	0,0000
30	11,7778	0	0,0000	63	11,7487	0	0,0000	96	12,0000	1	77,7696
31	11,7244	0	0,0000	64	11,8003	0	0,0000	97	11,8351	0	0,0000
32	11,8390	0	0,0000	65	12,0000	1	69,7884	98	11,6493	0	0,0000
33	12,0000	1	78,8088	66	12,0000	1	72,8520	99	12,0000	1	55,8468

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 142 - Corrente nas linhas para o sistema 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4690	34	34	35	-2,5347	67	67	68	1,1163
2	2	3	1,2425	35	35	36	1,2439	68	68	69	-1,3256
3	3	4	-1,2425	36	36	37	-1,2439	69	69	70	-3,2698
4	4	5	0,0000	37	37	38	2,4701	70	69	71	2,4281
5	5	6	2,4434	38	38	39	0,0000	71	69	72	-2,9419
6	6	7	-0,0220	39	39	40	-2,4701	72	72	73	1,2425
7	7	8	-2,4906	40	40	41	1,2172	73	73	74	-1,2425
8	8	9	0,9464	41	41	42	-1,2751	74	74	75	1,2425
9	9	10	-1,5373	42	42	43	1,1302	75	75	76	-1,2425
10	10	11	0,0000	43	43	44	-1,3555	76	76	77	1,2425
11	4	12	2,3091	44	44	45	1,2425	77	77	78	-1,2425
12	12	13	-0,1651	45	45	46	-1,2425	78	78	79	0,0000
13	13	14	-2,6443	46	46	47	1,2425	79	78	80	2,4654
14	14	15	1,2430	47	47	48	-1,2425	80	62	81	-0,4600
15	15	16	-1,2430	48	48	49	2,4850	81	81	82	-2,9392
16	16	17	2,6338	49	49	50	2,4378	82	82	83	0,0000
17	17	18	0,1664	50	49	51	-2,4168	83	83	84	3,6744
18	18	19	0,0822	51	49	52	-0,0073	84	84	85	1,2193
19	19	20	-2,3837	52	52	53	-2,4767	85	85	86	-1,2193
20	18	21	-2,3830	53	53	54	1,2425	86	86	87	-3,6744
21	21	22	0,0000	54	54	55	-1,2425	87	87	88	0,0000
22	22	23	3,2638	55	55	56	1,2425	88	88	89	0,8754
23	23	24	0,8107	56	56	57	-1,2425	89	89	90	-0,8514
24	24	25	-1,6319	57	57	58	2,6711	90	89	91	-0,7660
25	25	26	-4,1389	58	58	59	-2,2271	91	91	92	2,4701
26	25	27	0,0422	59	58	60	2,4321	92	92	93	0,0000
27	27	28	-2,4244	60	42	61	0,0000	93	93	94	-2,4701
28	28	29	0,0000	61	61	62	3,6085	94	94	95	1,2425
29	29	30	3,2297	62	62	63	1,5914	95	95	96	-1,2425
30	30	31	0,7762	63	63	64	-0,8571	96	96	97	2,7392
31	31	32	-1,6657	64	64	65	-3,3173	97	97	98	2,4288
32	32	33	-4,0657	65	65	66	0,0000	98	97	99	-2,1556
33	32	34	-0,0662	66	66	67	3,5714				

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 143 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo III

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	0	70,7904	34	11,7891	0	0,0000	67	12,0000	1	97,5684
2	11,7895	0	0,0000	35	12,0000	1	100,4784	68	12,0000	1	75,4128
3	11,7327	0	0,0000	36	11,8471	0	0,0000	69	11,7721	0	0,0000
4	11,8231	0	0,0000	37	11,8471	0	0,0000	70	11,6222	0	0,0000
5	12,0000	1	101,8920	38	12,0000	1	96,9336	71	12,0000	1	74,1516
6	11,8402	0	0,0000	39	11,8074	0	0,0000	72	11,5939	0	0,0000
7	11,8416	0	0,0000	40	11,7672	0	0,0000	73	11,5834	0	0,0000
8	12,0000	1	85,6728	41	11,8384	0	0,0000	74	11,7182	0	0,0000
9	11,8317	0	0,0000	42	12,0000	1	94,7604	75	12,0000	1	101,0664
10	11,8468	0	0,0000	43	11,9184	0	0,0000	76	11,9252	0	0,0000
11	12,0000	1	63,3900	44	12,0000	1	75,8808	77	12,0000	1	76,9548
12	11,8461	0	0,0000	45	11,8513	0	0,0000	78	11,8392	0	0,0000
13	12,0000	1	96,5844	46	11,8513	0	0,0000	79	12,0000	1	56,7072
14	11,8809	0	0,0000	47	12,0000	1	96,8436	80	11,6636	0	0,0000
15	11,8702	0	0,0000	48	11,8133	0	0,0000	81	11,8631	0	0,0000
16	12,0000	1	86,6520	49	11,7747	0	0,0000	82	12,0000	1	88,2936
17	11,8617	0	0,0000	50	11,6248	0	0,0000	83	11,9252	0	0,0000
18	11,8639	0	0,0000	51	12,0000	1	73,6500	84	12,0000	1	74,5344
19	12,0000	1	92,3052	52	11,8158	0	0,0000	85	11,8513	0	0,0000
20	11,8304	0	0,0000	53	12,0000	1	81,6120	86	11,8513	0	0,0000
21	11,8491	0	0,0000	54	11,9252	0	0,0000	87	12,0000	1	100,9272
22	12,0000	1	98,8080	55	12,0000	1	98,9304	88	11,7928	0	0,0000
23	11,7661	0	0,0000	56	11,7289	0	0,0000	89	11,7335	0	0,0000
24	11,6967	0	0,0000	57	11,6050	0	0,0000	90	11,5840	0	0,0000
25	11,7908	0	0,0000	58	11,6266	0	0,0000	91	12,0000	1	91,3824
26	12,0000	1	93,4368	59	11,4542	0	0,0000	92	11,9252	0	0,0000
27	11,6926	0	0,0000	60	12,0000	1	92,0124	93	12,0000	1	59,8128
28	11,7620	0	0,0000	61	12,0000	1	93,3576	94	11,9252	0	0,0000
29	12,0000	1	86,3988	62	11,8002	0	0,0000	95	12,0000	1	87,9492
30	11,9146	0	0,0000	63	11,5137	0	0,0000	96	11,7840	0	0,0000
31	12,0000	1	91,9164	64	11,4194	0	0,0000	97	11,7159	0	0,0000
32	11,7303	0	0,0000	65	11,4683	0	0,0000	98	11,5320	0	0,0000
33	11,6345	0	0,0000	66	11,6610	0	0,0000	99	12,0000	1	74,5368

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 144 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo III

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	3,4006	34	34	35	-3,4071	67	67	68	0,0000
2	2	3	0,9435	35	35	36	2,4701	68	68	69	3,7857
3	3	4	-1,5017	36	36	37	0,0000	69	69	70	2,4216
4	4	5	-3,5451	37	37	38	-2,4701	70	69	71	-3,6817
5	5	6	2,4434	38	38	39	3,1115	71	69	72	2,5901
6	6	7	-0,0220	39	39	40	0,6494	72	72	73	0,1744
7	7	8	-2,4906	40	40	41	-1,7980	73	73	74	-2,2392
8	8	9	2,1494	41	41	42	-4,2751	74	74	75	-4,6811
9	9	10	-0,3133	42	42	43	1,1302	75	75	76	1,2425
10	10	11	-2,7855	43	43	44	-1,3555	76	76	77	-1,2425
11	4	12	-0,4182	44	44	45	2,4701	77	77	78	2,6711
12	12	13	-2,8874	45	45	46	0,0000	78	78	79	-2,2271
13	13	14	2,6644	46	46	47	-2,4701	79	78	80	2,4321
14	14	15	0,1884	47	47	48	3,1013	80	62	81	-1,1436
15	15	16	-2,2852	48	48	49	0,6412	81	81	82	-3,6217
16	16	17	2,4349	49	49	50	2,4216	82	82	83	1,2425
17	17	18	-0,0355	50	49	51	-3,6397	83	83	84	-1,2425
18	18	19	-2,7275	51	49	52	-0,5974	84	84	85	2,4701
19	19	20	2,4651	52	52	53	-3,0598	85	85	86	0,0000
20	18	21	0,2206	53	53	54	1,2425	86	86	87	-2,4701
21	21	22	-2,2489	54	54	55	-1,2425	87	87	88	3,4419

continua.

Tabela 144 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
22	22	23	3,4858	55	55	56	4,5033	88	88	89	0,9850
23	23	24	1,0343	56	56	57	2,0581	89	89	90	2,4152
24	24	25	-1,4024	57	57	58	-0,3588	90	89	91	-3,8735
25	25	26	-5,2828	58	58	59	2,3878	91	91	92	1,2425
26	25	27	1,4273	59	58	60	-5,1717	92	92	93	-1,2425
27	27	28	-1,0087	60	42	61	0,0000	93	93	94	1,2425
28	28	29	-3,4593	61	61	62	5,2857	94	94	95	-1,2425
29	29	30	1,2413	62	62	63	3,9681	95	95	96	3,5880
30	30	31	-1,2413	63	63	64	1,5664	96	96	97	1,1312
31	31	32	3,9201	64	64	65	-0,8123	97	97	98	2,4039
32	32	33	2,4192	65	65	66	-3,2010	98	97	99	-3,7137
33	32	34	-0,9499	66	66	67	-5,6312				

Fim.

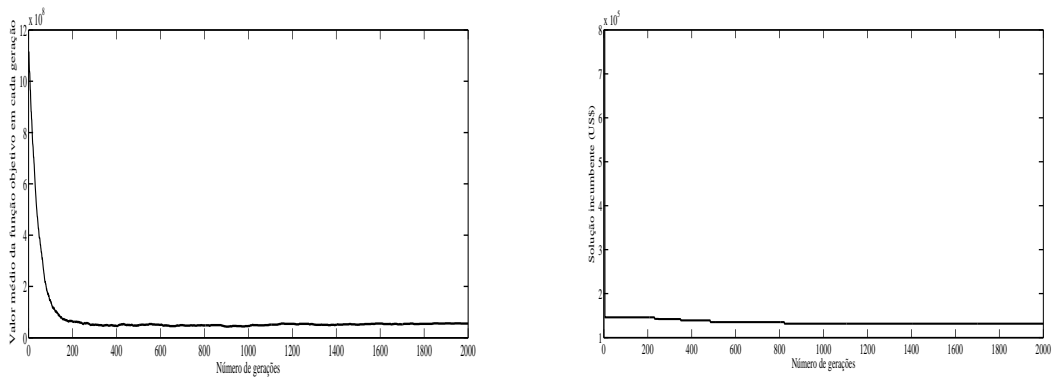
Fonte: Própria da autora

Tabela 145 - Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo III

Custo Total US\$	
Sistemas fotovoltaicos	127.507,44
Perdas do sistema	4.157,65
TOTAL	131.665,09

Fonte: Própria da autora

Figura 84 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo III; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo III.



Fonte: Própria autora.

Tabela 146 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,5591	0	0,0000	34	11,7892	0	0,0000	67	12,0000	1	111,0936
2	11,7082	0	0,0000	35	12,0000	1	114,9144	68	11,7418	0	0,0000
3	12,0000	1	97,2228	36	11,7727	0	0,0000	69	11,6309	0	0,0000
4	11,9546	0	0,0000	37	11,6972	0	0,0000	70	11,4828	0	0,0000
5	12,0000	1	97,2600	38	11,7727	0	0,0000	71	11,4828	0	0,0000
6	11,6932	0	0,0000	39	12,0000	1	74,0532	72	12,0000	1	109,2864
7	11,5495	0	0,0000	40	12,0000	1	109,1796	73	11,9252	0	0,0000
8	11,5589	0	0,0000	41	11,7390	0	0,0000	74	12,0000	1	88,9860
9	11,7589	0	0,0000	42	11,5818	0	0,0000	75	11,7789	0	0,0000
10	12,0000	1	119,7300	43	11,5747	0	0,0000	76	11,7055	0	0,0000
11	11,8640	0	0,0000	44	11,7139	0	0,0000	77	11,7789	0	0,0000
12	12,0000	1	53,5188	45	12,0000	1	116,6616	78	12,0000	1	103,6344
13	11,9395	0	0,0000	46	11,8514	0	0,0000	79	12,0000	1	30,0000
14	12,0000	1	91,3152	47	11,8514	0	0,0000	80	11,8221	0	0,0000
15	11,7868	0	0,0000	48	12,0000	1	106,2924	81	11,5551	0	0,0000
16	11,7129	0	0,0000	49	11,7659	0	0,0000	82	11,6703	0	0,0000
17	11,7775	0	0,0000	50	11,6161	0	0,0000	83	12,0000	1	110,6196
18	12,0000	1	119,9844	51	11,6161	0	0,0000	84	11,9252	0	0,0000
19	11,9281	0	0,0000	52	12,0000	1	100,4592	85	12,0000	1	74,5344
20	12,0000	1	42,5328	53	11,8514	0	0,0000	86	11,8514	0	0,0000
21	11,8346	0	0,0000	54	11,8514	0	0,0000	87	11,8514	0	0,0000
22	11,8346	0	0,0000	55	12,0000	1	89,2572	88	12,0000	1	91,0080
23	12,0000	1	117,9744	56	11,8514	0	0,0000	89	11,8426	0	0,0000
24	11,6736	0	0,0000	57	11,8514	0	0,0000	90	11,6918	0	0,0000
25	11,5104	0	0,0000	58	12,0000	1	118,7388	91	12,0000	1	87,0852
26	11,4163	0	0,0000	59	11,8221	0	0,0000	92	11,8514	0	0,0000
27	11,6715	0	0,0000	60	11,8221	0	0,0000	93	11,8514	0	0,0000
28	12,0000	1	116,8668	61	11,4915	0	0,0000	94	12,0000	1	89,2572
29	11,8304	0	0,0000	62	11,5200	0	0,0000	95	11,8514	0	0,0000
30	11,8304	0	0,0000	63	11,7018	0	0,0000	96	11,8514	0	0,0000
31	12,0000	1	106,6008	64	12,0000	1	119,0736	97	12,0000	1	118,6872
32	11,7304	0	0,0000	65	11,8514	0	0,0000	98	11,8117	0	0,0000
33	11,6345	0	0,0000	66	11,8514	0	0,0000	99	11,8117	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 147 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4087	34	34	35	-3,4055	67	67	68	4,2890
2	2	3	-4,8472	35	35	36	3,6721	68	68	69	1,8422
3	3	4	0,7542	36	36	37	1,2197	69	69	70	2,3926
4	4	5	-0,9098	37	37	38	-1,2197	70	69	71	2,3926
5	5	6	4,6911	38	38	39	-3,6721	71	69	72	-5,3648
6	6	7	2,2594	39	39	40	0,0000	72	72	73	1,2425
7	7	8	-0,1478	40	40	41	6,5909	73	73	74	-1,2425
8	8	9	-2,5543	41	41	42	4,1587	74	74	75	3,6728
9	9	10	-5,0021	42	42	43	0,0983	75	75	76	1,2193
10	10	11	2,4727	43	43	44	-2,3123	76	76	77	-1,2193
11	4	12	-0,8255	44	44	45	-4,7525	77	77	78	-3,6728
12	12	13	1,1351	45	45	46	2,4684	78	78	79	0,0000
13	13	14	-1,3535	46	46	47	0,0000	79	78	80	2,4640
14	14	15	3,7535	47	47	48	-2,4684	80	62	81	-0,6382
15	15	16	1,3011	48	48	49	3,8887	81	81	82	-3,0476
16	16	17	-1,1373	49	49	50	2,4200	82	82	83	-5,4767
17	17	18	-3,5945	50	49	51	2,4200	83	83	84	1,2425
18	18	19	1,4409	51	49	52	-3,4026	84	84	85	-1,2425
19	19	20	-1,0451	52	52	53	2,4684	85	85	86	2,4684
20	18	21	2,4650	53	53	54	0,0000	86	86	87	0,0000
21	21	22	0,0000	54	54	55	-2,4684	87	87	88	-2,4684

continua.

Tabela 147 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
22	22	23	-2,4650	55	55	56	2,4684	88	88	89	2,6146
23	23	24	4,8644	56	56	57	0,0000	89	89	90	2,4362
24	24	25	2,4322	57	57	58	-2,4684	90	89	91	-2,2878
25	25	26	2,3763	58	58	59	2,4640	91	91	92	2,4684
26	25	27	-2,3416	59	58	60	2,4640	92	92	93	0,0000
27	27	28	-4,7747	60	42	61	1,6418	93	93	94	-2,4684
28	28	29	2,4651	61	61	62	-0,7540	94	94	95	2,4684
29	29	30	0,0000	62	62	63	-2,5180	95	95	96	0,0000
30	30	31	-2,4651	63	63	64	-4,9535	96	96	97	-2,4684
31	31	32	3,9186	64	64	65	2,4684	97	97	98	2,4614
32	32	33	2,4217	65	65	66	0,0000	98	97	99	2,4614
33	32	34	-0,9499	66	66	67	-2,4684				

Fim.

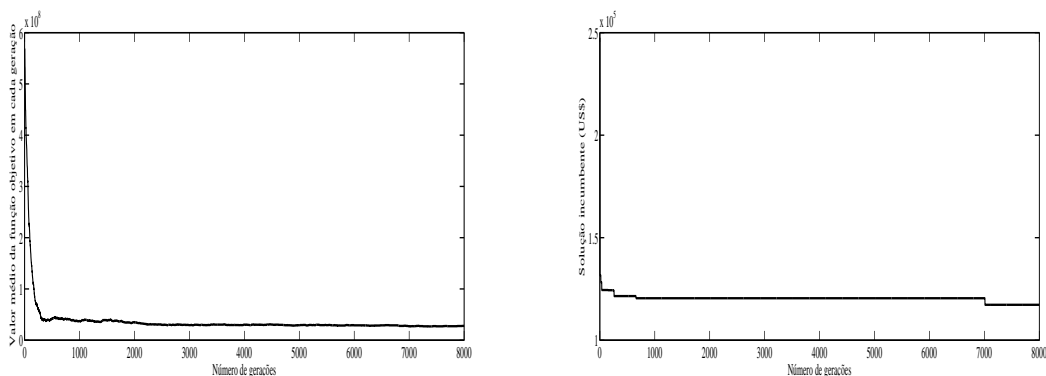
Fonte: Própria da autora

Tabela 148 - Custo do sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV

	Custo Total US\$
Sistemas fotovoltaicos	112.506,57
Perdas do sistema	4.777,46
TOTAL	117.284,03

Fonte: Própria da autora

Figura 85 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo IV; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo IV.



Fonte: Própria autora.

Tabela 149 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	76,0200	11,5591	0	0,0000	11,8472	0	0,0000
2	11,7625	0	0,0000	11,7082	0	0,0000	12,0000	1	74,5248
3	11,6792	0	0,0000	12,0000	1	88,1676	11,9252	0	0,0000
4	11,7423	0	0,0000	12,0000	1	57,6876	12,0000	1	91,5252
5	11,6831	0	0,0000	12,0000	1	59,3376	11,8672	0	0,0000
6	11,7646	0	0,0000	11,8402	0	0,0000	11,8549	0	0,0000
7	12,0000	1	90,8040	11,8416	0	0,0000	12,0000	1	98,1180
8	11,9129	0	0,0000	12,0000	1	71,2248	11,7839	0	0,0000
9	12,0000	1	101,8500	11,9259	0	0,0000	11,7102	0	0,0000
10	11,7652	0	0,0000	12,0000	1	78,1164	11,7824	0	0,0000
11	11,6319	0	0,0000	11,8640	0	0,0000	12,0000	1	77,4396
12	12,0000	1	99,7956	11,8730	0	0,0000	11,9327	0	0,0000
13	11,9395	0	0,0000	11,8819	0	0,0000	12,0000	1	61,8456
14	12,0000	1	46,2336	12,0000	1	91,3488	11,9378	0	0,0000
15	12,0000	1	44,9124	11,8598	0	0,0000	12,0000	1	58,0632
16	11,9295	0	0,0000	11,8598	0	0,0000	11,9295	0	0,0000
17	12,0000	1	44,9124	12,0000	1	59,6496	12,0000	1	44,9124
18	12,0000	1	88,3716	12,0000	1	88,3716	12,0000	1	88,3716
19	11,7574	0	0,0000	11,7574	0	0,0000	11,7574	0	0,0000
20	11,5912	0	0,0000	11,5912	0	0,0000	11,5912	0	0,0000
21	12,0000	1	59,5860	12,0000	1	59,5860	12,0000	1	59,5860
22	11,8346	0	0,0000	11,8346	0	0,0000	11,8346	0	0,0000
23	11,8346	0	0,0000	11,8346	0	0,0000	11,8346	0	0,0000
24	12,0000	1	59,5860	12,0000	1	89,4216	12,0000	1	59,5860
25	12,0000	1	89,3304	11,8332	0	0,0000	12,0000	1	89,3304
26	11,9019	0	0,0000	11,7365	0	0,0000	11,9019	0	0,0000
27	11,8304	0	0,0000	12,0000	1	73,9824	11,8304	0	0,0000
28	11,8304	0	0,0000	11,9146	0	0,0000	11,8304	0	0,0000
29	12,0000	1	100,9488	12,0000	1	59,7864	12,0000	1	74,4696
30	11,7628	0	0,0000	11,9146	0	0,0000	11,9146	0	0,0000
31	11,6942	0	0,0000	12,0000	1	72,8208	12,0000	1	74,3436
32	11,7932	0	0,0000	11,8399	0	0,0000	11,8312	0	0,0000
33	12,0000	1	92,7276	11,7431	0	0,0000	12,0000	1	81,2184
34	11,7108	0	0,0000	12,0000	1	61,0308	11,5675	0	0,0000
35	11,7794	0	0,0000	12,0000	1	74,0532	11,4531	0	0,0000
36	12,0000	1	87,6540	11,7727	0	0,0000	11,4865	0	0,0000
37	11,9231	0	0,0000	11,6972	0	0,0000	11,6680	0	0,0000
38	12,0000	1	59,8080	11,7727	0	0,0000	12,0000	1	94,3476
39	11,9231	0	0,0000	12,0000	1	74,0532	12,0000	1	30,0000
40	12,0000	1	91,1520	12,0000	1	96,9240	12,0000	1	86,5044
41	11,8475	0	0,0000	11,7794	0	0,0000	11,8137	0	0,0000
42	11,7951	0	0,0000	11,6612	0	0,0000	11,7287	0	0,0000
43	12,0000	1	78,9444	11,7655	0	0,0000	12,0000	1	75,0696
44	11,9252	0	0,0000	12,0000	1	76,7412	12,0000	1	59,6280
45	12,0000	1	74,5344	12,0000	1	90,5796	11,8514	0	0,0000
46	11,8514	0	0,0000	11,6961	0	0,0000	11,8514	0	0,0000
47	11,8514	0	0,0000	11,5389	0	0,0000	12,0000	1	90,1248
48	12,0000	1	59,6280	11,5264	0	0,0000	11,8470	0	0,0000
49	12,0000	1	89,2356	11,6584	0	0,0000	11,8426	0	0,0000
50	11,8472	0	0,0000	11,5100	0	0,0000	12,0000	1	60,5040
51	11,8472	0	0,0000	12,0000	1	96,1944	11,6918	0	0,0000
52	12,0000	1	44,9064	11,7619	0	0,0000	12,0000	1	101,5320
53	11,9252	0	0,0000	12,0000	1	77,4564	11,7789	0	0,0000
54	12,0000	1	74,5344	12,0000	1	59,6280	11,7055	0	0,0000
55	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	11,7789	0	0,0000
56	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	12,0000	1	74,0796
57	12,0000	1	59,6280	12,0000	1	59,6280	12,0000	1	30,0000
58	12,0000	1	89,1108	12,0000	1	89,1108	12,0000	1	89,1108
59	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000
60	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000
61	11,6980	0	0,0000	11,5436	0	0,0000	11,5328	0	0,0000
62	11,7234	0	0,0000	11,5537	0	0,0000	11,4890	0	0,0000
63	12,0000	1	75,9492	11,7170	0	0,0000	11,5173	0	0,0000
64	12,0000	1	74,0796	12,0000	1	101,3256	11,6854	0	0,0000
65	11,7789	0	0,0000	11,9252	0	0,0000	12,0000	1	92,7156
66	11,7055	0	0,0000	12,0000	1	59,8128	12,0000	1	44,9064
67	11,7789	0	0,0000	11,9252	0	0,0000	111,9252	00	0 0,0000
68	12,0000	1	94,8360	12,0000	1	65,6640	12,0000	1	90,3192
69	11,8959	0	0,0000	11,8959	0	0,0000	11,7722	0	0,0000
70	11,7444	0	0,0000	12,0000	1	50,1804	12,0000	1	74,1516
71	12,0000	1	50,1804	11,7444	0	0,0000	11,6223	0	0,0000
72	12,0000	1	92,2416	12,0000	1	92,2416	11,5940	0	0,0000

continua.

Tabela 149 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
73	11,7789	0	0,0000	11,7789	0	0,0000	11,5835	0	0,0000
74	11,7055	0	0,0000	11,7055	0	0,0000	11,7183	0	0,0000
75	11,7789	0	0,0000	11,7789	0	0,0000	12,0000	1	101,0676
76	12,0000	1	74,0796	12,0000	1	74,0796	11,9252	0	0,0000
77	12,0000	1	30,0000	12,0000	1	30,0000	12,0000	1	44,9064
78	12,0000	1	89,1108	12,0000	1	89,1108	12,0000	1	89,1108
79	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000
80	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000
81	11,6841	0	0,0000	11,5764	0	0,0000	11,5354	0	0,0000
82	11,7491	0	0,0000	11,6834	0	0,0000	11,6583	0	0,0000
83	12,0000	1	94,9140	12,0000	1	93,1164	12,0000	1	98,1132
84	11,9252	0	0,0000	12,0000	1	44,9064	12,0000	1	74,0796
85	12,0000	1	74,5344	11,9252	0	0,0000	11,7789	0	0,0000
86	11,8514	0	0,0000	12,0000	1	74,5344	11,7055	0	0,0000
87	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	11,7789	0	0,0000
88	12,0000	1	59,6280	11,8514	0	0,0000	12,0000	1	74,0796
89	12,0000	1	59,6184	12,0000	1	89,2464	12,0000	1	73,5252
90	11,8472	0	0,0000	11,8472	0	0,0000	11,8472	0	0,0000
91	12,0000	1	88,1784	12,0000	1	88,1784	11,9203	0	0,0000
92	11,7081	0	0,0000	11,7081	0	0,0000	12,0000	1	89,9724
93	11,5631	0	0,0000	11,5631	0	0,0000	11,7789	0	0,0000
94	11,5631	0	0,0000	11,5631	0	0,0000	11,7055	0	0,0000
95	11,7081	0	0,0000	11,7081	0	0,0000	11,7789	0	0,0000
96	12,0000	1	88,1784	12,0000	1	88,1784	12,0000	1	74,0796
97	12,0000	1	89,0580	12,0000	1	89,0580	12,0000	1	89,0580
98	11,8117	0	0,0000	11,8117	0	0,0000	11,8117	0	0,0000
99	11,8117	0	0,0000	11,8117	0	0,0000	11,8117	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 150 - Corrente nas linhas para o sistema teste2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
1	1	2	3,8368	-2,4087	-2,4685
2	2	3	1,3837	-4,8472	1,2425
3	3	4	-1,0482	0,0000	-1,2425
4	4	5	1,1864	0,0000	2,6613
5	5	6	-1,2462	2,4434	0,1881
6	6	7	-3,7013	-0,0220	-2,2814
7	7	8	1,3695	-2,4906	3,3978
8	8	9	-1,1124	0,9464	0,9413
9	9	10	4,8714	-1,5373	-1,4979
10	10	11	2,4236	2,4727	-3,9564
11	4	12	-4,6855	2,3091	1,2236
12	12	13	1,1351	-0,1670	-1,2627
13	13	14	-1,3535	-2,6421	1,3915
14	14	15	0,0000	2,4683	-1,0951
15	15	16	1,2412	0,0000	1,2412
16	16	17	-1,2412	-2,4683	-1,2412
17	17	18	0,0000	0,0000	0,0000
18	18	19	4,8617	4,8617	4,8617
19	19	20	2,4157	2,4157	2,4157
20	18	21	0,0000	0,0000	0,0000
21	21	22	2,4650	2,4650	2,4650
22	22	23	0,0000	0,0000	0,0000
23	23	24	-2,4650	-2,4650	-2,4650
24	24	25	0,0000	2,4858	0,0000

continua.

Tabela 150 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
25	25	26	2,4773	2,4419	2,4773
26	25	27	2,4651	-2,4244	2,4651
27	27	28	0,0000	1,2413	0,0000
28	28	29	-2,4651	-1,2413	-2,4651
29	29	30	3,4477	1,2413	1,2413
30	30	31	0,9971	-1,2413	-1,2413
31	31	32	-1,4390	2,3270	2,4535
32	32	33	-5,2222	2,4444	-4,2626
33	32	34	1,3312	-2,5864	4,2601
34	34	35	-1,1082	0,0000	1,8481
35	35	36	-3,5638	3,6721	-0,5396
36	36	37	1,2423	1,2197	-2,9321
37	37	38	-1,2423	-1,2197	-5,3635
38	38	39	1,2423	-3,6721	0,0000
39	39	40	-1,2423	0,0000	0,0000
40	40	41	3,8510	5,5707	4,7045
41	41	42	1,3862	3,1270	2,2487
42	42	43	-2,8380	-1,4446	-3,7576
43	43	44	1,2425	-3,8953	0,0000
44	44	45	-1,2425	0,0000	2,4684
45	45	46	2,4684	5,0482	0,0000
46	46	47	0,0000	2,6113	-2,4684
47	47	48	-2,4684	0,2076	2,5415
48	48	49	0,0000	-2,1927	0,0731
49	49	50	2,4685	2,3974	-2,5428
50	49	51	2,4685	-5,5186	2,4362
51	49	52	0,0000	-1,5044	-2,2878
52	52	53	1,2425	-3,9551	3,6728
53	53	54	-1,2425	0,0000	1,2193
54	54	55	2,4684	2,4684	-1,2193
55	55	56	0,0000	0,0000	-3,6728
56	56	57	-2,4684	-2,4684	0,0000
57	57	58	0,0000	0,0000	0,0000
58	58	59	2,4640	2,4640	2,4640
59	58	60	2,4640	2,4640	2,4640
60	42	61	1,7655	2,1382	3,5618
61	61	62	-0,6720	-0,2672	1,1587
62	62	63	-3,8310	-2,2618	-0,3920
63	63	64	0,0000	-4,7010	-2,7924
64	64	65	3,6728	1,2425	-5,2259
65	65	66	1,2193	-1,2425	0,0000
66	66	67	-1,2193	1,2425	1,2425
67	67	68	-3,6728	-1,2425	-1,2425
68	68	69	1,7292	1,7292	3,7841
69	69	70	2,4475	-1,6817	-3,6801
70	69	71	-1,6817	2,4475	2,4216
71	69	72	-1,5131	-1,5131	2,5901
72	72	73	3,6728	3,6728	0,1744
73	73	74	1,2193	1,2193	-2,2392
74	74	75	-1,2193	-1,2193	-4,6794
75	75	76	-3,6728	-3,6728	1,2425
76	76	77	0,0000	0,0000	-1,2425
77	77	78	0,0000	0,0000	0,0000
78	78	79	2,4640	2,4640	2,4640

continua.

Tabela 150 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
79	78	80	2,4640	2,4640	2,4640
80	62	81	0,7145	-0,4127	-0,8436
81	81	82	-1,7196	-2,8307	-3,2513
82	82	83	-4,1678	-5,2591	-5,6761
83	83	84	1,2425	0,0000	0,0000
84	84	85	-1,2425	1,2425	3,6728
85	85	86	2,4684	-1,2425	1,2193
86	86	87	0,0000	2,4684	-1,2193
87	87	88	-2,4684	0,0000	-3,6728
88	88	89	0,0000	-2,4684	0,0000
89	89	90	2,4685	2,4685	2,4685
90	89	91	0,0000	0,0000	1,1584
91	91	92	4,8488	4,8488	-1,3239
92	92	93	2,4086	2,4086	3,6728
93	93	94	0,0000	0,0000	1,2193
94	94	95	-2,4086	-2,4086	-1,2193
95	95	96	-4,8488	-4,8488	-3,6728
96	96	97	0,0000	0,0000	0,0000
97	97	98	2,4614	2,4614	2,4614
98	97	99	2,4614	2,4614	2,4614

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 151 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	86,9484	11,5591	0	0,0000	11,5591	0	0,0000
2	11,7061	0	0,0000	11,7082	0	0,0000	11,7082	0	0,0000
3	11,5673	0	0,0000	12,0000	1	117,5388	12,0000	1	88,1676
4	11,5735	0	0,0000	11,8527	0	0,0000	12,0000	1	76,5420
5	11,5625	0	0,0000	12,0000	1	94,7844	11,8065	0	0,0000
6	11,7055	0	0,0000	11,8402	0	0,0000	11,7138	0	0,0000
7	12,0000	1	101,9520	11,8416	0	0,0000	11,7788	0	0,0000
8	11,9129	0	0,0000	12,0000	1	71,2248	12,0000	1	97,5120
9	12,0000	1	101,8500	11,9259	0	0,0000	11,8317	0	0,0000
10	11,7652	0	0,0000	12,0000	1	78,1164	11,8468	0	0,0000
11	11,6319	0	0,0000	11,8640	0	0,0000	12,0000	1	63,3912
12	11,7240	0	0,0000	11,6913	0	0,0000	12,0000	1	90,4104
13	12,0000	1	92,1228	11,6648	0	0,0000	11,7316	0	0,0000
14	12,0000	1	59,6496	11,7513	0	0,0000	11,6157	0	0,0000
15	11,8598	0	0,0000	12,0000	1	113,0904	11,6061	0	0,0000
16	11,8598	0	0,0000	11,8557	0	0,0000	11,7337	0	0,0000
17	12,0000	1	59,6496	11,8516	0	0,0000	12,0000	1	86,3076
18	12,0000	1	117,9576	12,0000	1	117,1320	12,0000	1	117,9576
19	11,7574	0	0,0000	11,7574	0	0,0000	11,7574	0	0,0000
20	11,5912	0	0,0000	11,5912	0	0,0000	11,5912	0	0,0000
21	11,8346	0	0,0000	12,0000	1	73,9764	11,8346	0	0,0000
22	11,8346	0	0,0000	11,7542	0	0,0000	11,8346	0	0,0000
23	12,0000	1	74,4828	11,6726	0	0,0000	12,0000	1	117,9744
24	11,9167	0	0,0000	11,7542	0	0,0000	11,6736	0	0,0000
25	12,0000	1	118,6008	12,0000	1	118,6248	11,5104	0	0,0000
26	11,9019	0	0,0000	11,9019	0	0,0000	11,4163	0	0,0000
27	11,7480	0	0,0000	11,9146	0	0,0000	11,6715	0	0,0000
28	11,6644	0	0,0000	12,0000	1	99,2820	12,0000	1	116,8668
29	11,7480	0	0,0000	11,6882	0	0,0000	11,8304	0	0,0000
30	12,0000	1	111,3960	11,5439	0	0,0000	11,8304	0	0,0000
31	11,7853	0	0,0000	11,5650	0	0,0000	12,0000	1	87,5028
32	11,7395	0	0,0000	11,7520	0	0,0000	11,8399	0	0,0000
33	11,6436	0	0,0000	12,0000	1	105,2388	11,7431	0	0,0000

continua.

Tabela 151 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Caso B			Caso C			Caso D		
	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Tensão	Nós com alocação alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
34	12,0000	1	110,0940	11,6836	0	0,0000	12,0000	1	90,6480
35	11,8472	0	0,0000	11,7659	0	0,0000	11,8472	0	0,0000
36	11,8472	0	0,0000	12,0000	1	104,9868	11,8472	0	0,0000
37	12,0000	1	89,2356	11,8472	0	0,0000	12,0000	1	89,2356
38	11,8472	0	0,0000	11,8472	0	0,0000	11,8472	0	0,0000
39	11,8472	0	0,0000	12,0000	1	109,9128	11,8472	0	0,0000
40	12,0000	1	119,1840	11,7405	0	0,0000	12,0000	1	119,1840
41	11,8036	0	0,0000	11,6714	0	0,0000	11,8036	0	0,0000
42	11,7089	0	0,0000	11,6974	0	0,0000	11,7089	0	0,0000
43	11,7870	0	0,0000	12,0000	1	95,1708	11,7870	0	0,0000
44	12,0000	1	116,5320	11,9252	0	0,0000	12,0000	1	116,5320
45	11,7789	0	0,0000	12,0000	1	74,5344	11,7789	0	0,0000
46	11,7055	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	11,7055	0	0,0000
47	11,7789	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	11,7789	0	0,0000
48	12,0000	1	119,4924	12,0000	1	59,6280	12,0000	1	74,0796
49	11,7722	0	0,0000	12,0000	1	89,2356	12,0000	1	89,2356
50	11,6223	0	0,0000	11,8472	0	0,0000	11,8472	0	0,0000
51	12,0000	1	74,1516	11,8472	0	0,0000	11,8472	0	0,0000
52	11,5940	0	0,0000	12,0000	1	88,1784	12,0000	1	74,0796
53	11,5835	0	0,0000	11,7081	0	0,0000	11,7789	0	0,0000
54	11,7183	0	0,0000	11,5631	0	0,0000	11,7055	0	0,0000
55	12,0000	1	115,7892	11,5631	0	0,0000	11,7789	0	0,0000
56	11,8514	0	0,0000	11,7081	0	0,0000	12,0000	1	88,9860
57	11,8514	0	0,0000	12,0000	1	88,1784	11,9252	0	0,0000
58	12,0000	1	118,7388	12,0000	1	89,1108	12,0000	1	104,0172
59	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000
60	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000
61	11,6457	0	0,0000	11,6388	0	0,0000	11,6457	0	0,0000
62	11,6941	0	0,0000	11,6902	0	0,0000	11,6941	0	0,0000
63	12,0000	1	110,4456	12,0000	1	111,0912	12,0000	1	110,4456
64	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000
65	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000
66	12,0000	1	116,4408	12,0000	0	74,5344	12,0000	1	112,4364
67	11,7150	0	0,0000	11,9252	0	0,0000	11,7351	0	0,0000
68	11,5769	0	0,0000	12,0000	1	113,3628	11,6173	0	0,0000
69	11,5840	0	0,0000	11,6566	0	0,0000	11,6453	0	0,0000
70	11,4365	0	0,0000	11,5081	0	0,0000	12,0000	1	98,7420
71	12,0000	1	110,6172	11,5081	0	0,0000	11,4970	0	0,0000
72	11,4599	0	0,0000	11,7611	0	0,0000	11,6148	0	0,0000
73	11,4950	0	0,0000	12,0000	1	107,2560	11,7338	0	0,0000
74	11,6743	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	12,0000	1	112,6860
75	12,0000	1	109,8300	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000
76	11,9252	0	0,0000	12,0000	1	74,5344	11,8514	0	0,0000
77	12,0000	1	44,9064	11,9252	0	0,0000	12,0000	1	59,6280
78	12,0000	1	89,1108	12,0000	1	104,0172	12,0000	1	89,1108
79	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000
80	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000	11,8221	0	0,0000
81	11,6655	0	0,0000	11,6630	0	0,0000	11,6655	0	0,0000
82	11,7378	0	0,0000	11,7363	0	0,0000	11,7378	0	0,0000
83	12,0000	1	111,9000	12,0000	1	112,2000	12,0000	1	97,1772
84	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	11,9252	0	0,0000
85	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	12,0000	1	88,9860
86	12,0000	1	89,2572	12,0000	1	59,6280	11,7789	0	0,0000
87	11,8514	0	0,0000	12,0000	1	71,2992	11,7055	0	0,0000
88	11,8514	0	0,0000	11,7928	0	0,0000	11,7789	0	0,0000
89	12,0000	1	117,5016	11,7335	0	0,0000	12,0000	1	117,6036
90	11,8472	0	0,0000	11,5841	0	0,0000	11,8472	0	0,0000
91	11,8380	0	0,0000	12,0000	1	106,1052	11,9203	0	0,0000
92	11,8447	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	12,0000	1	60,8004
93	12,0000	1	75,8580	11,8514	0	0,0000	11,9252	0	0,0000
94	11,9252	0	0,0000	12,0000	1	89,2572	12,0000	1	74,5344
95	12,0000	1	59,8128	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000
96	11,9252	0	0,0000	11,8514	0	0,0000	11,8514	0	0,0000
97	12,0000	1	103,9644	12,0000	1	118,6872	12,0000	1	118,6872
98	11,8117	0	0,0000	11,8117	0	0,0000	11,8117	0	0,0000
99	11,8117	0	0,0000	11,8117	0	0,0000	11,8117	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 152 - Corrente nas linhas para o sistema teste2 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
1	1	2	4,7480	-2,4087	-2,4087
2	2	3	2,3056	-4,8472	-4,8472
3	3	4	-0,1030	2,4468	0,0000
4	4	5	0,2204	-2,9519	3,8778
5	5	6	-2,1865	2,4434	1,4174
6	6	7	-4,6305	-0,0220	-1,0220
7	7	8	1,3695	-2,4906	-3,4780
8	8	9	-1,1124	0,9464	2,1494
9	9	10	4,8714	-1,5373	-0,3133
10	10	11	2,4236	2,4727	-2,7855
11	4	12	-2,7364	2,9345	0,0000
12	12	13	-5,1782	0,4972	5,0356
13	13	14	0,0000	-1,9351	2,5928
14	14	15	2,4683	-4,3785	0,1690
15	15	16	0,0000	2,5405	-2,2465
16	16	17	-2,4683	0,0722	-4,6884
17	17	18	0,0000	-2,3974	0,0000
18	18	19	4,8617	4,8617	4,8617
19	19	20	2,4157	2,4157	2,4157
20	18	21	2,4650	0,0000	2,4650
21	21	22	0,0000	3,6632	0,0000
22	22	23	-2,4650	1,2161	-2,4650
23	23	24	1,2414	-1,2161	4,8644
24	24	25	-1,2414	-3,6632	2,4322
25	25	26	2,4773	2,4773	2,3763
26	25	27	3,6628	1,2413	-2,3416
27	27	28	1,2151	-1,2413	-4,7747
28	28	29	-1,2151	4,5320	2,4651
29	29	30	-3,6628	2,0974	0,0000
30	30	31	3,1206	-0,3067	-2,4651
31	31	32	0,6657	-2,7180	2,3270
32	32	33	2,4217	-6,2626	2,4444
33	32	34	-4,2084	1,1050	-2,5864
34	34	35	2,4685	-1,3296	2,4685
35	35	36	0,0000	-3,7819	0,0000
36	36	37	-2,4685	2,4685	-2,4685
37	37	38	2,4685	0,0000	2,4685
38	38	39	0,0000	-2,4685	0,0000
39	39	40	-2,4685	4,1922	-2,4685
40	40	41	4,9596	1,7449	4,9596
41	41	42	2,5053	-0,6878	2,5053
42	42	43	-1,0817	-4,1911	-1,0817
43	43	44	-3,5382	1,2425	-3,5382
44	44	45	3,6728	-1,2425	3,6728
45	45	46	1,2193	2,4684	1,2193
46	46	47	-1,2193	0,0000	-1,2193
47	47	48	-3,6728	-2,4684	-3,6728
48	48	49	3,7841	0,0000	0,0000
49	49	50	2,4216	2,4685	2,4685
50	49	51	-3,6801	2,4685	2,4685
51	49	52	2,5901	0,0000	0,0000

continua.

Tabela 152 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Caso B	Caso C	Caso D
52	52	53	0,1744	4,8488	3,6728
53	53	54	-2,2392	2,4086	1,2193
54	54	55	-4,6794	0,0000	-1,2193
55	55	56	2,4684	-2,4086	-3,6728
56	56	57	0,0000	-4,8488	1,2425
57	57	58	-2,4684	0,0000	-1,2425
58	58	59	2,4640	2,4640	2,4640
59	58	60	2,4640	2,4640	2,4640
60	42	61	1,1491	1,0655	1,1491
61	61	62	-1,2804	-1,3598	-1,2804
62	62	63	-4,2368	-4,2909	-4,2368
63	63	64	2,4684	2,4684	2,4684
64	64	65	0,0000	0,0000	0,0000
65	65	66	-2,4684	-2,4684	-2,4684
66	66	67	4,7342	1,2425	4,4003
67	67	68	2,2940	-1,2425	1,9568
68	68	69	-0,1179	5,7043	-0,4651
69	69	70	2,3829	2,3990	-5,7302
70	69	71	-6,7205	2,3990	2,3958
71	69	72	1,8038	-1,5189	0,4433
72	72	73	-0,5831	-3,9684	-1,9767
73	73	74	-2,9784	2,4684	-4,4219
74	74	75	-5,4103	0,0000	2,4684
75	75	76	1,2425	-2,4684	0,0000
76	76	77	-1,2425	1,2425	-2,4684
77	77	78	0,0000	-1,2425	0,0000
78	78	79	2,4640	2,4640	2,4640
79	78	80	2,4640	2,4640	2,4640
80	62	81	0,5200	0,4945	0,5200
81	81	82	-1,9127	-1,9392	-1,9127
82	82	83	-4,3555	-4,3804	-4,3555
83	83	84	2,4684	2,4684	1,2425
84	84	85	0,0000	0,0000	-1,2425
85	85	86	-2,4684	-2,4684	3,6728
86	86	87	2,4684	0,0000	1,2193
87	87	88	0,0000	3,4419	-1,2193
88	88	89	-2,4684	0,9850	-3,6728
89	89	90	2,4685	2,4136	2,4685
90	89	91	2,3547	-3,8735	1,1584
91	91	92	-0,1113	2,4684	-1,3239
92	92	93	-2,5797	0,0000	1,2425
93	93	94	1,2425	-2,4684	-1,2425
94	94	95	-1,2425	2,4684	2,4684
95	95	96	1,2425	0,0000	0,0000
96	96	97	-1,2425	-2,4684	-2,4684
97	97	98	2,4614	2,4614	2,4614
98	97	99	2,4614	2,4614	2,4614

Fim.

Fonte: Própria da autora

APÊNDICE I - SISTEMA TESTE 3 - 297

NÓS - CHU-BEASLEY

I.1 Alternativa 1

Tabela 153 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	44,6953	100	11,9252	0	0,0000	199	12,0000	1	30,0000
2	11,9241	0	0,0000	101	12,0000	1	65,6638	200	12,0000	1	59,9690
3	12,0000	1	62,9354	102	11,8958	0	0,0000	201	12,0000	1	60,1889
4	11,9106	0	0,0000	103	12,0000	1	50,1807	202	12,0000	1	55,9064
5	11,8792	0	0,0000	104	11,7443	0	0,0000	203	11,8774	0	0,0000
6	12,0000	1	67,0648	105	12,0000	1	48,1626	204	11,8942	0	0,0000
7	11,9209	0	0,0000	106	12,0000	1	59,6284	205	12,0000	1	63,5230
8	12,0000	1	56,2592	107	11,8513	0	0,0000	206	11,8528	0	0,0000
9	11,9259	0	0,0000	108	11,8513	0	0,0000	207	11,8500	0	0,0000
10	12,0000	1	48,4568	109	12,0000	1	59,6284	208	12,0000	1	59,0684
11	12,0000	1	30,0000	110	12,0000	1	62,8635	209	12,0000	1	30,0000
12	12,0000	1	63,1061	111	11,8351	0	0,0000	210	12,0000	1	37,2630
13	11,9395	0	0,0000	112	11,6493	0	0,0000	211	11,9625	0	0,0000
14	12,0000	1	61,1454	113	12,0000	1	55,8477	212	12,0000	1	37,6902
15	11,9294	0	0,0000	114	12,0000	1	59,5761	213	12,0000	1	37,6902
16	12,0000	1	60,4680	115	12,0000	1	44,1147	214	12,0000	1	66,8809
17	11,9264	0	0,0000	116	11,9190	0	0,0000	215	11,8471	0	0,0000
18	12,0000	1	61,5470	117	12,0000	1	60,5869	216	11,8471	0	0,0000
19	11,9281	0	0,0000	118	11,9230	0	0,0000	217	12,0000	1	59,6179
20	12,0000	1	42,5332	119	12,0000	1	44,9039	218	12,0000	1	48,2021
21	12,0000	1	30,0000	120	12,0000	1	49,3352	219	11,9060	0	0,0000
22	12,0000	1	44,8959	121	11,9002	0	0,0000	220	12,0000	1	48,7221
23	11,9167	0	0,0000	122	11,7569	0	0,0000	221	12,0000	1	47,2441
24	12,0000	1	64,4786	123	12,0000	1	50,4726	222	11,7731	0	0,0000
25	11,8905	0	0,0000	124	12,0000	1	64,2391	223	11,8020	0	0,0000
26	12,0000	1	63,2054	125	11,9230	0	0,0000	224	12,0000	1	64,5349
27	11,7583	0	0,0000	126	12,0000	1	59,8077	225	12,0000	1	58,0917
28	11,7946	0	0,0000	127	11,9230	0	0,0000	226	11,8389	0	0,0000
29	12,0000	1	65,8207	128	12,0000	1	64,7695	227	11,8439	0	0,0000
30	12,0000	1	30,0000	129	11,8974	0	0,0000	228	12,0000	1	61,1154
31	12,0000	1	49,0369	130	11,7501	0	0,0000	229	11,8625	0	0,0000
32	11,8908	0	0,0000	131	12,0000	1	50,4333	230	11,8615	0	0,0000
33	12,0000	1	63,1077	132	12,0000	1	63,7266	231	11,8575	0	0,0000
34	11,7751	0	0,0000	133	11,9252	0	0,0000	232	11,8628	0	0,0000
35	11,8114	0	0,0000	134	12,0000	1	59,8130	233	12,0000	1	60,8559
36	12,0000	1	66,5490	135	11,9252	0	0,0000	234	12,0000	1	59,7653
37	12,0000	1	44,9039	136	12,0000	1	44,9065	235	12,0000	1	30,0000
38	11,9230	0	0,0000	137	12,0000	1	59,8091	236	11,9061	0	0,0000
39	12,0000	1	44,9039	138	11,8504	0	0,0000	237	12,0000	1	57,6026
40	12,0000	1	64,0417	139	11,6995	0	0,0000	238	12,0000	1	44,9039
41	11,8877	0	0,0000	140	12,0000	1	58,9811	239	11,9230	0	0,0000
42	11,8741	0	0,0000	141	11,8509	0	0,0000	240	12,0000	1	44,9039
43	11,8616	0	0,0000	142	12,0000	1	59,7122	241	12,0000	1	56,5971
44	12,0000	1	57,5782	143	12,0000	1	59,6599	242	11,8627	0	0,0000
45	12,0000	1	30,0000	144	11,8639	0	0,0000	243	11,8732	0	0,0000
46	12,0000	1	44,9065	145	12,0000	1	49,6125	244	12,0000	1	62,7430
47	11,9252	0	0,0000	146	11,9381	0	0,0000	245	12,0000	1	60,1839
48	12,0000	1	44,9065	147	12,0000	1	59,2864	246	12,0000	1	63,8767
49	12,0000	1	59,6179	148	11,9230	0	0,0000	247	11,8973	0	0,0000
50	12,0000	1	30,0000	149	12,0000	1	44,9039	248	11,8411	0	0,0000
51	11,8471	0	0,0000	150	12,0000	1	59,2150	249	11,9250	0	0,0000
52	12,0000	1	59,6284	151	11,8492	0	0,0000	250	12,0000	1	53,7727
53	11,8513	0	0,0000	152	11,8513	0	0,0000	251	12,0000	1	53,7727

continua.

Tabela 153 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
54	11,8513	0	0,0000	153	11,7087	0	0,0000	252	12,0000	1	49,9020
55	12,0000	1	59,6284	154	12,0000	1	60,5014	253	12,0000	1	59,6179
56	12,0000	1	55,1311	155	12,0000	1	58,8069	254	11,8471	0	0,0000
57	11,8739	0	0,0000	156	12,0000	1	30,0000	255	11,8471	0	0,0000
58	11,8967	0	0,0000	157	12,0000	1	44,9039	256	12,0000	1	59,6179
59	12,0000	1	47,1478	158	11,9230	0	0,0000	257	12,0000	1	30,0000
60	12,0000	1	47,1478	159	12,0000	1	64,7695	258	12,0000	1	59,7125
61	12,0000	1	57,4390	160	11,8974	0	0,0000	259	11,8850	0	0,0000
62	12,0000	1	59,6599	161	12,0000	1	50,4333	260	11,9442	0	0,0000
63	12,0000	1	59,6284	162	11,7501	0	0,0000	261	12,0000	1	59,8605
64	11,8513	0	0,0000	163	12,0000	1	48,8201	262	12,0000	1	59,6179
65	11,8513	0	0,0000	164	12,0000	1	59,6284	263	12,0000	1	57,1614
66	12,0000	1	59,6284	165	11,8513	0	0,0000	264	11,8987	0	0,0000
67	12,0000	1	30,0000	166	11,8513	0	0,0000	265	12,0000	1	62,0998
68	12,0000	1	59,8091	167	12,0000	1	59,6284	266	11,8057	0	0,0000
69	11,8504	0	0,0000	168	12,0000	1	56,0520	267	11,8471	0	0,0000
70	12,0000	1	58,9811	169	11,8693	0	0,0000	268	11,8471	0	0,0000
71	11,6995	0	0,0000	170	11,8900	0	0,0000	269	12,0000	1	59,6179
72	11,8509	0	0,0000	171	12,0000	1	63,3464	270	12,0000	1	30,0000
73	12,0000	1	59,7122	172	11,9191	0	0,0000	271	12,0000	1	30,0000
74	12,0000	1	59,6284	173	12,0000	1	55,6482	272	12,0000	1	58,8249
75	11,8513	0	0,0000	174	12,0000	1	59,6179	273	12,0000	1	59,6284
76	11,8513	0	0,0000	175	11,8471	0	0,0000	274	11,8513	0	0,0000
77	12,0000	1	59,6284	176	11,8471	0	0,0000	275	11,8430	0	0,0000
78	12,0000	1	59,5552	177	12,0000	1	59,6179	276	11,8474	0	0,0000
79	12,0000	1	30,0000	178	12,0000	1	47,1762	277	12,0000	1	60,4013
80	11,8220	0	0,0000	179	11,9113	0	0,0000	278	12,0000	1	59,3127
81	11,8639	0	0,0000	180	12,0000	1	48,1866	279	11,8193	0	0,0000
82	11,8639	0	0,0000	181	12,0000	1	48,1866	280	11,8207	0	0,0000
83	11,8304	0	0,0000	182	11,7887	0	0,0000	281	12,0000	1	60,4955
84	11,8304	0	0,0000	183	11,8181	0	0,0000	282	11,6496	0	0,0000
85	12,0000	1	59,5761	184	12,0000	1	65,2462	283	12,0000	1	58,4162
86	12,0000	1	30,0000	185	12,0000	1	30,0000	284	12,0000	1	59,5239
87	12,0000	1	30,0000	186	12,0000	1	49,8657	285	11,8095	0	0,0000
88	12,0000	1	59,7653	187	11,8974	0	0,0000	286	11,9442	0	0,0000
89	11,9061	0	0,0000	188	11,7501	0	0,0000	287	12,0000	1	47,6951
90	12,0000	1	44,8959	189	12,0000	1	50,4333	288	12,0000	1	59,6179
91	11,9167	0	0,0000	190	12,0000	1	63,7134	289	12,0000	1	59,7653
92	12,0000	1	59,0106	191	11,9146	0	0,0000	290	11,9061	0	0,0000
93	11,9190	0	0,0000	192	12,0000	1	59,7865	291	11,8471	0	0,0000
94	12,0000	1	45,6830	193	11,9146	0	0,0000	292	11,8471	0	0,0000
95	12,0000	1	59,6599	194	12,0000	1	44,8933	293	12,0000	1	59,6179
96	12,0000	1	44,9065	195	12,0000	1	63,3301	294	12,0000	1	61,8539
97	11,9252	0	0,0000	196	11,9140	0	0,0000	295	11,8356	0	0,0000
98	12,0000	1	44,9065	197	11,9023	0	0,0000	296	11,8239	0	0,0000
99	12,0000	1	44,9065	198	12,0000	1	56,2107	297	12,0000	1	57,2950

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 154 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo I

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	1,2262	100	100	101	-1,2425	199	199	200	0,0000
2	2	3	-1,2608	101	101	102	1,7309	200	200	201	0,0000
3	3	4	1,4850	102	102	103	-1,6834	201	201	202	0,0000
4	4	5	0,6293	103	102	104	2,4475	202	202	203	2,1585
5	5	6	-1,8471	104	102	105	-1,5145	203	203	204	-0,3152
6	6	7	1,2437	105	105	106	0,0000	204	204	205	-2,7989
7	7	8	-1,2437	106	106	107	2,4701	205	201	206	2,5162
8	8	9	0,9464	107	107	108	0,0000	206	206	207	0,0452
9	9	10	-1,5373	108	108	109	-2,4701	207	207	208	-2,4233
10	10	11	0,0000	109	109	110	0,0000	208	208	209	0,0000
11	4	12	-1,6255	110	110	111	2,7392	209	209	210	0,0000
12	12	13	1,1351	111	111	112	2,4288	210	210	211	0,6058
13	13	14	-1,3535	112	111	113	-2,1556	211	211	212	-0,6410

continua.

Tabela 154 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
14	14	15	1,2430	113	83	114	-2,4651	212	211	213	-0,6410
15	15	16	-1,2430	114	114	115	0,0000	213	211	214	-0,6058
16	16	17	1,2958	115	115	116	1,1773	214	214	215	2,4701
17	17	18	-1,1890	116	116	117	-1,3086	215	215	216	0,0000
18	18	19	1,4409	117	117	118	1,2439	216	216	217	-2,4701
19	19	20	-1,0451	118	118	119	-1,2439	217	217	218	0,0000
20	18	21	0,0000	119	119	120	0,0000	218	218	219	1,5186
21	21	22	0,0000	120	120	121	1,6123	219	219	220	-1,5615
22	22	23	1,2414	121	121	122	2,4496	220	219	221	-1,4373
23	23	24	-1,2414	122	121	123	-1,7060	221	219	222	2,0321
24	24	25	1,6319	123	121	124	-1,6123	222	222	223	-0,4201
25	25	26	-2,7652	124	124	125	1,2439	223	223	224	-2,8779
26	25	27	1,9215	125	125	126	-1,2439	224	224	225	0,0000
27	27	28	-0,5276	126	126	127	1,2439	225	225	226	2,3416
28	28	29	-2,9855	127	127	128	-1,2439	226	226	227	-0,1263
29	29	30	0,0000	128	128	129	1,6575	227	227	228	-2,5930
30	30	31	0,0000	129	129	130	2,4468	228	200	229	2,5000
31	31	32	1,5872	130	129	131	-1,7043	229	229	230	0,0265
32	32	33	-2,7576	131	129	132	-1,5688	230	230	231	0,0704
33	32	34	1,8691	132	132	133	1,2425	231	231	232	-0,0994
34	34	35	-0,5864	133	133	134	-1,2425	232	232	233	-2,5741
35	35	36	-3,0468	134	134	135	1,2425	233	233	234	0,0000
36	36	37	0,0000	135	135	136	-1,2425	234	234	235	0,0000
37	37	38	1,2439	136	136	137	0,0000	235	234	236	2,4841
38	38	39	-1,2439	137	137	138	2,4850	236	231	237	-2,3021
39	39	40	0,0000	138	138	139	2,4378	237	237	238	0,0000
40	40	41	2,8359	139	138	140	-2,4168	238	238	239	1,2439
41	41	42	0,3598	140	138	141	-0,0073	239	239	240	-1,2439
42	42	43	0,1731	141	141	142	-2,4767	240	240	241	0,0000
43	43	44	-2,2990	142	142	143	0,0000	241	241	242	2,2181
44	44	45	0,0000	143	143	144	2,4745	242	242	243	-0,2542
45	45	46	0,0000	144	115	145	0,0000	243	243	244	-2,7328
46	46	47	1,2425	145	145	146	1,6376	244	230	245	-2,5182
47	47	48	-1,2425	146	146	147	-1,1996	245	245	246	0,0000
48	48	49	0,0000	147	147	148	1,2439	246	246	247	1,8081
49	49	50	0,0000	148	148	149	-1,2439	247	247	248	0,9894
50	49	51	2,4701	149	149	150	0,0000	248	248	249	-1,4771
51	49	52	0,0000	150	150	151	2,4362	249	249	250	-1,9841
52	52	53	2,4701	151	151	152	-0,0339	250	249	251	-1,9841
53	53	54	0,0000	152	152	153	2,4376	251	247	252	-1,6591
54	54	55	-2,4701	153	152	154	-2,5419	252	252	253	0,0000
55	55	56	0,0000	154	152	155	-2,4023	253	253	254	2,4701
56	56	57	2,0947	155	155	156	0,0000	254	254	255	0,0000
57	57	58	-0,3787	156	156	157	0,0000	255	255	256	-2,4701
58	58	59	-1,4307	157	157	158	1,2439	256	256	257	0,0000
59	58	60	-1,4307	158	158	159	-1,2439	257	257	258	0,0000
60	42	61	-2,2891	159	159	160	1,6575	258	258	259	2,4784
61	61	62	0,0000	160	160	161	-1,7043	259	246	260	1,0145
62	62	63	0,0000	161	160	162	2,4468	260	260	261	-1,4762
63	63	64	2,4701	162	160	163	-1,5688	261	261	262	0,0000
64	64	65	0,0000	163	163	164	0,0000	262	262	263	0,0000
65	65	66	-2,4701	164	164	165	2,4701	263	263	264	2,2662
66	66	67	0,0000	165	165	166	0,0000	264	264	265	-2,6799
67	67	68	0,0000	166	166	167	-2,4701	265	264	266	2,4603
68	68	69	2,4850	167	167	168	0,0000	266	262	267	2,4701

continua.

Tabela 154 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
69	69	70	-2,4168	168	168	169	2,1711	267	267	268	0,0000
70	69	71	2,4378	169	169	170	-0,3009	268	268	269	-2,4701
71	69	72	-0,0073	170	170	171	-2,7778	269	269	270	0,0000
72	72	73	-2,4767	171	146	172	0,3455	270	270	271	0,0000
73	73	74	0,0000	172	172	173	-2,1402	271	271	272	0,0000
74	74	75	2,4701	173	173	174	0,0000	272	272	273	0,0000
75	75	76	0,0000	174	174	175	2,4701	273	273	274	2,4701
76	76	77	-2,4701	175	175	176	0,0000	274	272	275	2,4006
77	77	78	0,0000	176	176	177	-2,4701	275	275	276	-0,0640
78	78	79	0,0000	177	177	178	0,0000	276	276	277	-2,5349
79	78	80	2,4654	178	178	179	1,4330	277	277	278	0,0000
80	62	81	2,4745	179	179	180	-1,5162	278	278	279	2,4419
81	81	82	0,0000	180	179	181	-1,5162	279	279	280	-0,0189
82	83	84	0,0000	181	179	182	1,9806	280	280	281	-2,5433
83	84	85	-2,4651	182	182	183	-0,4750	281	280	282	2,4270
84	85	86	0,0000	183	183	184	-2,9386	282	280	283	-2,3686
85	86	87	0,0000	184	184	185	0,0000	283	283	284	0,0000
86	87	88	0,0000	185	185	186	0,0000	284	284	285	2,4612
87	88	89	2,4841	186	186	187	1,6575	285	261	286	1,0145
88	88	90	0,0000	187	187	188	2,4468	286	286	287	-1,4762
89	90	91	1,2414	188	187	189	-1,7043	287	287	288	0,0000
90	91	92	-1,2414	189	187	190	-1,5688	288	288	289	0,0000
91	92	93	1,1773	190	190	191	1,2413	289	289	290	2,4841
92	93	94	-1,3086	191	191	192	-1,2413	290	288	291	2,4701
93	94	95	0,0000	192	192	193	1,2413	291	291	292	0,0000
94	82	95	-2,4745	193	193	194	-1,2413	292	292	293	-2,4701
95	94	96	0,0000	194	194	195	0,0000	293	293	294	0,0000
96	96	97	1,2425	195	195	196	2,7742	294	294	295	2,6559
97	97	98	-1,2425	196	196	197	0,2955	295	295	296	0,1890
98	98	99	0,0000	197	197	198	-2,1857	296	296	297	-2,2752
99	99	100	1,2425	198	173	199	0,0000	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 155 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8471	0	0,0000	100	11,9252	0	0,0000	199	12,0000	1	77,8913
2	12,0000	1	59,6179	101	12,0000	1	44,9065	200	12,0000	1	60,2359
3	12,0000	1	30,0000	102	12,0000	1	58,2551	201	11,9145	0	0,0000
4	12,0000	1	74,6030	103	12,0000	1	29,9999	202	11,8869	0	0,0000
5	11,9296	0	0,0000	104	12,0000	1	29,9999	203	12,0000	1	53,8939
6	12,0000	1	74,5824	105	11,8380	0	0,0000	204	12,0000	1	59,7653
7	11,8320	0	0,0000	106	11,8447	0	0,0000	205	11,9061	0	0,0000
8	11,8209	0	0,0000	107	12,0000	1	75,8581	206	12,0000	1	62,4430
9	12,0000	1	73,3736	108	11,9252	0	0,0000	207	11,9230	0	0,0000
10	11,9361	0	0,0000	109	12,0000	1	59,8130	208	12,0000	1	59,8076
11	12,0000	1	43,9254	110	11,9252	0	0,0000	209	11,9230	0	0,0000
12	11,8730	0	0,0000	111	12,0000	1	74,4356	210	12,0000	1	73,7107
13	11,8818	0	0,0000	112	11,8116	0	0,0000	211	11,8513	0	0,0000
14	12,0000	1	61,6992	113	12,0000	1	30,0000	212	12,0000	1	60,5014
15	12,0000	1	75,0038	114	11,9392	0	0,0000	213	11,7087	0	0,0000
16	11,7871	0	0,0000	115	12,0000	1	77,7953	214	11,8492	0	0,0000
17	11,7136	0	0,0000	116	11,8363	0	0,0000	215	12,0000	1	74,1188
18	11,7845	0	0,0000	117	11,8418	0	0,0000	216	11,9230	0	0,0000
19	11,8040	0	0,0000	118	12,0000	1	75,5608	217	12,0000	1	44,9038
20	12,0000	1	64,1838	119	11,9230	0	0,0000	218	12,0000	1	74,9332
21	12,0000	1	68,5356	120	12,0000	1	73,7107	219	11,7681	0	0,0000

continua.

Tabela 155 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
22	12,0000	1	44,8958	121	11,8513	0	0,0000	220	11,6223	0	0,0000
23	11,9167	0	0,0000	122	12,0000	1	60,5014	221	11,6100	0	0,0000
24	12,0000	1	69,8341	123	11,7087	0	0,0000	222	12,0000	1	72,5682
25	11,8605	0	0,0000	124	11,8492	0	0,0000	223	12,0000	1	44,8932
26	12,0000	1	72,2866	125	12,0000	1	74,1188	224	11,9146	0	0,0000
27	11,6451	0	0,0000	126	11,9230	0	0,0000	225	12,0000	1	72,9850
28	11,5966	0	0,0000	127	12,0000	1	74,5903	226	11,8389	0	0,0000
29	11,7143	0	0,0000	128	11,8468	0	0,0000	227	11,8439	0	0,0000
30	12,0000	1	79,8172	129	11,8464	0	0,0000	228	12,0000	1	61,1153
31	12,0000	1	77,0242	130	11,6997	0	0,0000	229	11,9442	0	0,0000
32	11,7303	0	0,0000	131	12,0000	1	60,6061	230	12,0000	1	77,6317
33	11,6345	0	0,0000	132	12,0000	1	73,0963	231	12,0000	1	74,5350
34	11,7891	0	0,0000	133	11,9252	0	0,0000	232	11,9337	0	0,0000
35	12,0000	1	70,8610	134	12,0000	1	74,5349	233	12,0000	1	69,4996
36	12,0000	1	30,0000	135	11,8513	0	0,0000	234	11,8907	0	0,0000
37	12,0000	1	69,8004	136	11,8513	0	0,0000	235	12,0000	1	64,6388
38	11,7946	0	0,0000	137	12,0000	1	80,3856	236	11,7977	0	0,0000
39	11,7414	0	0,0000	138	11,8958	0	0,0000	237	11,8471	0	0,0000
40	11,8396	0	0,0000	139	12,0000	1	50,1806	238	11,8471	0	0,0000
41	12,0000	1	78,6386	140	11,7443	0	0,0000	239	12,0000	1	74,5217
42	12,0000	1	65,5922	141	12,0000	1	61,9290	240	11,9230	0	0,0000
43	12,0000	1	74,0790	142	11,9309	0	0,0000	241	12,0000	1	56,8422
44	11,7788	0	0,0000	143	12,0000	1	75,7207	242	11,9383	0	0,0000
45	11,7054	0	0,0000	144	11,8639	0	0,0000	243	12,0000	1	77,6201
46	11,7788	0	0,0000	145	12,0000	1	62,7515	244	11,8850	0	0,0000
47	12,0000	1	74,0790	146	11,8967	0	0,0000	245	11,8626	0	0,0000
48	12,0000	1	76,6639	147	12,0000	1	68,9216	246	11,8618	0	0,0000
49	11,7659	0	0,0000	148	11,9230	0	0,0000	247	11,8582	0	0,0000
50	11,6160	0	0,0000	149	12,0000	1	59,8076	248	12,0000	1	59,9705
51	11,6160	0	0,0000	150	11,9230	0	0,0000	249	12,0000	1	59,7653
52	12,0000	1	70,8310	151	12,0000	1	73,7107	250	12,0000	1	30,0000
53	12,0000	1	74,0790	152	11,8513	0	0,0000	251	11,9061	0	0,0000
54	11,7788	0	0,0000	153	12,0000	1	60,5014	252	11,8526	0	0,0000
55	11,7054	0	0,0000	154	11,7087	0	0,0000	253	12,0000	1	58,5523
56	11,7788	0	0,0000	155	11,8492	0	0,0000	254	12,0000	1	59,6179
57	12,0000	1	74,0790	156	12,0000	1	74,1188	255	11,8471	0	0,0000
58	12,0000	1	59,5552	157	11,9230	0	0,0000	256	11,8471	0	0,0000
59	11,8220	0	0,0000	158	12,0000	1	74,5903	257	12,0000	1	75,4283
60	12,0000	1	30,0000	159	11,8468	0	0,0000	258	11,9456	0	0,0000
61	11,8367	0	0,0000	160	11,8464	0	0,0000	259	12,0000	1	44,0536
62	11,8178	0	0,0000	161	11,6997	0	0,0000	260	12,0000	1	80,3692
63	11,7204	0	0,0000	162	12,0000	1	60,6061	261	11,9361	0	0,0000
64	11,7863	0	0,0000	163	12,0000	1	58,1898	262	12,0000	1	73,6218
65	12,0000	1	72,5935	164	12,0000	1	59,6284	263	11,9454	0	0,0000
66	12,0000	1	72,8531	165	11,8513	0	0,0000	264	12,0000	1	74,4043
67	11,7850	0	0,0000	166	11,8513	0	0,0000	265	12,0000	1	30,0000
68	11,7178	0	0,0000	167	12,0000	1	59,6284	266	11,9061	0	0,0000
69	11,7976	0	0,0000	168	12,0000	1	45,8936	267	11,9230	0	0,0000
70	11,6473	0	0,0000	169	11,9202	0	0,0000	268	12,0000	1	59,8076
71	12,0000	1	69,2191	170	12,0000	1	73,6616	269	11,9230	0	0,0000
72	12,0000	1	80,2038	171	11,9019	0	0,0000	270	12,0000	1	59,8076
73	11,9252	0	0,0000	172	11,7727	0	0,0000	271	11,9230	0	0,0000
74	12,0000	1	59,8130	173	11,7803	0	0,0000	272	12,0000	1	73,7287
75	11,9252	0	0,0000	174	11,7113	0	0,0000	273	12,0000	1	59,6284
76	12,0000	1	70,0375	175	11,7797	0	0,0000	274	11,8513	0	0,0000
77	11,8739	0	0,0000	176	12,0000	1	72,6914	275	11,8430	0	0,0000
78	11,8967	0	0,0000	177	12,0000	1	30,0000	276	11,8474	0	0,0000
79	12,0000	1	47,1478	178	12,0000	1	58,8068	277	12,0000	1	60,4013
80	12,0000	1	47,1478	179	11,8513	0	0,0000	278	12,0000	1	66,3356
81	12,0000	1	69,7175	180	12,0000	1	60,5014	279	11,7760	0	0,0000
82	12,0000	1	29,9999	181	11,7087	0	0,0000	280	11,7335	0	0,0000
83	12,0000	1	70,1674	182	11,8492	0	0,0000	281	12,0000	1	75,3401
84	11,8304	0	0,0000	183	12,0000	1	59,2150	282	11,5636	0	0,0000
85	11,8304	0	0,0000	184	12,0000	1	72,1048	283	11,7714	0	0,0000
86	12,0000	1	59,5760	185	11,7827	0	0,0000	284	12,0000	1	65,4359
87	12,0000	1	30,0000	186	11,7174	0	0,0000	285	12,0000	1	29,9999
88	12,0000	1	74,6612	187	11,8033	0	0,0000	286	11,9183	0	0,0000
89	11,9061	0	0,0000	188	11,6571	0	0,0000	287	12,0000	1	72,6294
90	11,9167	0	0,0000	189	12,0000	1	69,1957	288	11,9041	0	0,0000
91	12,0000	1	44,8958	190	12,0000	1	66,1013	289	12,0000	1	78,3505
92	12,0000	1	62,9653	191	12,0000	1	44,8932	290	11,9061	0	0,0000
93	11,8109	0	0,0000	192	11,9146	0	0,0000	291	11,8754	0	0,0000
94	11,7932	0	0,0000	193	12,0000	1	67,7826	292	12,0000	1	69,0408
95	12,0000	1	71,2106	194	11,8687	0	0,0000	293	11,9230	0	0,0000
96	11,7106	0	0,0000	195	11,9057	0	0,0000	294	12,0000	1	59,8076

continua.

Tabela 155 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
97	11,7814	0	0,0000	196	12,0000	1	66,5467	295	11,9230	0	0,0000
98	12,0000	1	73,5648	197	12,0000	1	59,7230	296	12,0000	1	74,4277
99	12,0000	1	44,9065	198	11,8892	0	0,0000	297	11,8095	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 156 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo II

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4690	100	100	101	-1,2422	199	199	200	0,0000
2	2	3	0,0000	101	101	102	0,0000	200	200	201	1,5048
3	3	4	0,0000	102	102	103	0,0000	201	201	202	0,4849
4	4	5	1,4090	103	102	104	0,0000	202	202	203	-1,9898
5	5	6	-1,0751	104	102	105	2,3546	203	203	204	0,0000
6	6	7	2,6411	105	105	106	-0,1117	204	204	205	2,4831
7	7	8	0,1746	106	106	107	-2,5793	205	201	206	-1,4611
8	8	9	-2,2871	107	107	108	1,2422	206	206	207	1,2424
9	9	10	1,3251	108	108	109	-1,2422	207	207	208	-1,2424
10	10	11	-1,1613	109	109	110	1,2422	208	208	209	1,2424
11	4	12	2,3090	110	110	111	-1,2422	209	209	210	-1,2424
12	12	13	-0,1663	111	111	112	2,4621	210	210	211	2,4014
13	13	14	-2,6428	112	111	113	0,0000	211	211	212	-2,5409
14	14	15	0,0000	113	83	114	0,8826	212	211	213	2,4385
15	15	16	3,7477	114	114	115	-1,6065	213	211	214	0,0340
16	16	17	1,2938	115	115	116	2,3782	214	214	215	-2,4354
17	17	18	-1,1460	116	116	117	-0,0877	215	215	216	1,2424
18	18	19	-0,3893	117	117	118	-2,5556	216	216	217	-1,2424
19	19	20	-2,8487	118	118	119	1,2424	217	217	218	0,0000
20	18	21	-3,2104	119	119	120	-1,2424	218	218	219	3,7457
21	21	22	0,0000	120	120	121	2,4014	219	219	220	2,4213
22	22	23	1,2410	121	121	122	-2,5409	220	219	221	2,4173
23	23	24	-1,2410	122	121	123	2,4385	221	219	222	-3,5452
24	24	25	2,0776	123	121	124	0,0340	222	222	223	0,0000
25	25	26	-3,5203	124	124	125	-2,4354	223	223	224	1,2411
26	25	27	3,1311	125	125	126	1,2424	224	224	225	-1,2411
27	27	28	0,7050	126	126	127	-1,2424	225	225	226	2,3410
28	28	29	-1,7109	127	127	128	2,4747	226	226	227	-0,1254
29	29	30	-4,1514	128	128	129	0,0058	227	227	228	-2,5930
30	30	31	0,0000	129	129	130	2,4374	228	200	229	1,0145
31	31	32	3,9187	130	129	131	-2,5505	229	229	230	-1,4762
32	32	33	2,4214	131	129	132	-2,3477	230	230	231	0,0000
33	32	34	-0,9493	132	132	133	1,2422	231	231	232	1,2436
34	34	35	-3,4062	133	133	134	-1,2422	232	232	233	-1,2436
35	35	36	0,0000	134	134	135	2,4690	233	233	234	2,0493
36	36	37	0,0000	135	135	136	0,0000	234	234	235	-2,8896
37	37	38	3,3178	136	136	137	-2,4690	235	234	236	2,4605
38	38	39	0,8598	137	137	138	1,7298	236	231	237	2,4690
39	39	40	-1,5872	138	138	139	-1,6823	237	237	238	0,0000
40	40	41	-4,0491	139	138	140	2,4475	238	238	239	-2,4690
41	41	42	0,0000	140	138	141	-1,5136	239	239	240	1,2424
42	42	43	0,0000	141	141	142	1,1472	240	240	241	-1,2424
43	43	44	3,6733	142	142	143	-1,3384	241	241	242	0,9952
44	44	45	1,2193	143	143	144	2,4735	242	242	243	-1,4916

continua.

Tabela 156 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
45	45	46	-1,2193	144	115	145	0,0000	243	243	244	2,4782
46	46	47	-3,6733	145	145	146	2,7322	244	230	245	2,4965
47	47	48	0,0000	146	146	147	-2,0015	245	245	246	0,0233
48	48	49	3,8887	147	147	148	1,2424	246	246	247	0,0628
49	49	50	2,4208	148	148	149	-1,2424	247	247	248	-2,4958
50	49	51	2,4208	149	149	150	1,2424	248	248	249	0,0000
51	49	52	-3,4026	150	150	151	-1,2424	249	249	250	0,0000
52	52	53	0,0000	151	151	152	2,4014	250	249	251	2,4831
53	53	54	3,6733	152	152	153	-2,5409	251	247	252	0,0900
54	54	55	1,2193	153	152	154	2,4385	252	252	253	-2,3801
55	55	56	-1,2193	154	152	155	0,0340	253	253	254	0,0000
56	56	57	-3,6733	155	155	156	-2,4354	254	254	255	2,4690
57	57	58	0,0000	156	156	157	1,2424	255	255	256	0,0000
58	58	59	2,4643	157	157	158	-1,2424	256	256	257	-2,4690
59	58	60	0,0000	158	158	159	2,4747	257	257	258	1,3169
60	42	61	2,9682	159	159	160	0,0058	258	258	259	-1,1722
61	61	62	0,5006	160	160	161	2,4374	259	246	260	-2,5126
62	62	63	1,3485	161	160	162	-2,5505	260	260	261	1,6885
63	63	64	-1,0940	162	160	163	-2,3477	261	261	262	-1,1237
64	64	65	-3,5495	163	163	164	0,0000	262	262	263	1,2687
65	65	66	0,0000	164	164	165	2,4690	263	263	264	-1,2205
66	66	67	3,5711	165	165	166	0,0000	264	264	265	0,0000
67	67	68	1,1159	166	166	167	-2,4690	265	264	266	2,4831
68	68	69	-1,3253	167	167	168	0,0000	266	262	267	1,2424
69	69	70	2,4273	168	168	169	1,3245	267	267	268	-1,2424
70	69	71	-3,2693	169	169	170	-1,1589	268	268	269	1,2424
71	69	72	-2,9415	170	170	171	2,4771	269	269	270	-1,2424
72	72	73	1,2422	171	146	172	2,2539	270	270	271	1,2424
73	73	74	-1,2422	172	172	173	-0,2006	271	271	272	-1,2424
74	74	75	1,2422	173	173	174	1,3364	272	272	273	0,0000
75	75	76	-1,2422	174	174	175	-1,1039	273	273	274	2,4690
76	76	77	2,0943	175	175	176	-3,5588	274	272	275	2,4006
77	77	78	-0,3795	176	176	177	0,0000	275	275	276	-0,0652
78	78	79	-1,4298	177	177	178	0,0000	276	276	277	-2,5335
79	78	80	-1,4298	178	178	179	2,4014	277	277	278	0,0000
80	62	81	-3,3122	179	179	180	-2,5409	278	278	279	3,0263
81	81	82	0,0000	180	179	181	2,4385	279	279	280	0,5743
82	83	84	2,4647	181	179	182	0,0340	280	280	281	-3,7794
83	84	85	0,0000	182	182	183	-2,4354	281	280	282	2,4098
84	85	86	-2,4647	183	183	184	0,0000	282	280	283	-0,5005
85	86	87	0,0000	184	184	185	3,5099	283	283	284	-2,9530
86	87	88	0,0000	185	185	186	1,0543	284	284	285	0,0000
87	88	89	2,4831	186	186	187	-1,3876	285	261	286	0,3247
88	88	90	1,2410	187	187	188	2,4286	286	286	287	-2,1608
89	90	91	-1,2410	188	187	189	-3,2663	287	287	288	1,3939
90	91	92	0,0000	189	187	190	-3,0066	288	288	289	-1,5493
91	92	93	2,7471	190	190	191	0,0000	289	289	290	2,4831
92	93	94	0,2866	191	191	192	1,2411	290	288	291	0,4628
93	94	95	-3,4342	192	192	193	-1,2411	291	291	292	-2,0121
94	82	95	0,0000	193	193	194	1,9075	292	292	293	1,2424
95	94	96	1,2630	194	194	195	-0,5649	293	293	294	-1,2424
96	96	97	-1,1759	195	195	196	-3,0416	294	294	295	1,2424
97	97	98	-3,6304	196	196	197	0,0000	295	295	296	-1,2424
98	98	99	0,0000	197	197	198	2,4781	296	296	297	2,4603
99	99	100	1,2422	198	173	199	-3,9939	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 157 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo III

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1	44,6952	100	12,0000	1	74,0784	199	12,0000	1	58,7316
2	11,9241	0	0,0000	101	12,0000	1	50,7564	200	11,9361	0	0,0000
3	12,0000	1	54,1692	102	11,8958	0	0,0000	201	12,0000	1	83,4036
4	11,9545	0	0,0000	103	12,0000	1	50,1804	202	11,8112	0	0,0000
5	12,0000	1	97,2588	104	11,7443	0	0,0000	203	11,7621	0	0,0000
6	11,6931	0	0,0000	105	12,0000	1	92,2416	204	11,8466	0	0,0000
7	11,5494	0	0,0000	106	11,7788	0	0,0000	205	12,0000	1	78,6384
8	11,5588	0	0,0000	107	11,7054	0	0,0000	206	12,0000	1	74,0532
9	11,7589	0	0,0000	108	11,7788	0	0,0000	207	11,7726	0	0,0000
10	12,0000	1	90,0696	109	12,0000	1	74,0784	208	11,6972	0	0,0000
11	12,0000	1	30,0000	110	12,0000	1	62,8632	209	11,7726	0	0,0000
12	12,0000	1	100,3140	111	11,8351	0	0,0000	210	12,0000	1	74,0532
13	11,7315	0	0,0000	112	11,6493	0	0,0000	211	12,0000	1	89,2560
14	11,6157	0	0,0000	113	12,0000	1	55,8468	212	12,0000	1	29,9988
15	11,6060	0	0,0000	114	11,6845	0	0,0000	213	11,8555	0	0,0000
16	11,7336	0	0,0000	115	11,7362	0	0,0000	214	11,8471	0	0,0000
17	12,0000	1	95,7480	116	11,6687	0	0,0000	215	11,8471	0	0,0000
18	11,9512	0	0,0000	117	11,7585	0	0,0000	216	12,0000	1	59,6172
19	12,0000	1	71,2968	118	12,0000	1	91,7004	217	12,0000	1	79,3860
20	11,8304	0	0,0000	119	11,9230	0	0,0000	218	11,7451	0	0,0000
21	12,0000	1	68,3016	120	12,0000	1	88,7016	219	11,6418	0	0,0000
22	11,8346	0	0,0000	121	11,7740	0	0,0000	220	11,4976	0	0,0000
23	11,8346	0	0,0000	122	11,6322	0	0,0000	221	12,0000	1	95,7564
24	12,0000	1	89,4216	123	11,6322	0	0,0000	222	11,4897	0	0,0000
25	11,8332	0	0,0000	124	12,0000	1	88,7016	223	11,4942	0	0,0000
26	11,7364	0	0,0000	125	11,9230	0	0,0000	224	11,6635	0	0,0000
27	12,0000	1	73,9824	126	12,0000	1	59,8068	225	12,0000	1	88,6860
28	11,9146	0	0,0000	127	11,9230	0	0,0000	226	12,0000	1	88,6668
29	12,0000	1	74,4684	128	12,0000	1	89,8524	227	11,8065	0	0,0000
30	11,8304	0	0,0000	129	11,7680	0	0,0000	228	11,6603	0	0,0000
31	11,8304	0	0,0000	130	11,6223	0	0,0000	229	11,9183	0	0,0000
32	12,0000	1	89,3304	131	11,6223	0	0,0000	230	12,0000	1	100,8132
33	11,9019	0	0,0000	132	12,0000	1	87,4884	231	11,7875	0	0,0000
34	12,0000	1	30,0000	133	11,9252	0	0,0000	232	11,6931	0	0,0000
35	12,0000	1	44,9028	134	12,0000	1	74,5344	233	11,7285	0	0,0000
36	11,9230	0	0,0000	135	11,8513	0	0,0000	234	11,8943	0	0,0000
37	12,0000	1	59,8068	136	11,8513	0	0,0000	235	12,0000	1	63,5172
38	11,9230	0	0,0000	137	12,0000	1	59,6280	236	12,0000	1	63,5172
39	12,0000	1	90,6336	138	12,0000	1	86,4228	237	11,8175	0	0,0000
40	11,7640	0	0,0000	139	11,8471	0	0,0000	238	12,0000	1	80,2596
41	11,7102	0	0,0000	140	12,0000	1	29,9988	239	11,9230	0	0,0000
42	11,7510	0	0,0000	141	11,8463	0	0,0000	240	12,0000	1	70,8720
43	11,6792	0	0,0000	142	11,8604	0	0,0000	241	11,8660	0	0,0000
44	11,7658	0	0,0000	143	12,0000	1	92,1204	242	11,8850	0	0,0000
45	12,0000	1	91,5828	144	11,8639	0	0,0000	243	12,0000	1	93,1212
46	11,9252	0	0,0000	145	12,0000	1	99,8604	244	11,8850	0	0,0000
47	12,0000	1	82,1208	146	11,9610	0	0,0000	245	12,0000	1	80,9328
48	11,8133	0	0,0000	147	12,0000	1	53,9616	246	11,8393	0	0,0000
49	11,7747	0	0,0000	148	11,9230	0	0,0000	247	11,8009	0	0,0000
50	12,0000	1	73,6500	149	12,0000	1	96,5868	248	11,7196	0	0,0000
51	11,6248	0	0,0000	150	11,7333	0	0,0000	249	11,7768	0	0,0000
52	11,8158	0	0,0000	151	11,6179	0	0,0000	250	11,6847	0	0,0000
53	12,0000	1	96,3348	152	11,6525	0	0,0000	251	12,0000	1	100,7568
54	11,8513	0	0,0000	153	11,5122	0	0,0000	252	12,0000	1	98,1912
55	11,8513	0	0,0000	154	12,0000	1	101,3004	253	11,8471	0	0,0000
56	12,0000	1	101,7120	155	11,6179	0	0,0000	254	11,8471	0	0,0000
57	11,7888	0	0,0000	156	11,7333	0	0,0000	255	12,0000	1	85,5864
58	11,7256	0	0,0000	157	12,0000	1	96,5868	256	11,8660	0	0,0000
59	12,0000	1	75,5808	158	11,9230	0	0,0000	257	11,8850	0	0,0000
60	11,5517	0	0,0000	159	12,0000	1	89,8524	258	12,0000	1	93,1212
61	12,0000	1	84,2688	160	11,7680	0	0,0000	259	11,8850	0	0,0000
62	12,0000	1	87,3996	161	11,6223	0	0,0000	260	11,7787	0	0,0000
63	11,8330	0	0,0000	162	11,6223	0	0,0000	261	11,8299	0	0,0000
64	11,8422	0	0,0000	163	12,0000	1	87,4884	262	12,0000	1	81,1656
65	12,0000	1	61,4472	164	11,9252	0	0,0000	263	11,9454	0	0,0000
66	12,0000	1	82,8084	165	12,0000	1	74,5344	264	12,0000	1	74,4036
67	11,7350	0	0,0000	166	11,8513	0	0,0000	265	11,9061	0	0,0000
68	11,6173	0	0,0000	167	11,8513	0	0,0000	266	12,0000	1	30,0000
69	11,6452	0	0,0000	168	12,0000	1	85,6800	267	12,0000	1	59,6172

continua.

Tabela 157 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
70	11,4969	0	0,0000	169	11,8693	0	0,0000	268	11,8471	0	0,0000
71	12,0000	1	98,7420	170	11,8900	0	0,0000	269	11,8471	0	0,0000
72	11,6148	0	0,0000	171	12,0000	1	63,3456	270	12,0000	1	94,9968
73	11,7338	0	0,0000	172	12,0000	1	50,8440	271	11,8174	0	0,0000
74	12,0000	1	97,9632	173	11,9610	0	0,0000	272	11,7873	0	0,0000
75	11,9252	0	0,0000	174	12,0000	1	68,6760	273	12,0000	1	98,6736
76	12,0000	1	86,9904	175	11,8471	0	0,0000	274	11,8513	0	0,0000
77	11,7888	0	0,0000	176	11,8471	0	0,0000	275	11,7033	0	0,0000
78	11,7256	0	0,0000	177	12,0000	1	101,3592	276	11,7827	0	0,0000
79	12,0000	1	75,5808	178	11,7846	0	0,0000	277	12,0000	1	88,1868
80	11,5517	0	0,0000	179	11,7212	0	0,0000	278	11,9082	0	0,0000
81	11,8639	0	0,0000	180	12,0000	1	87,2004	279	12,0000	1	81,9636
82	11,8639	0	0,0000	181	11,5801	0	0,0000	280	11,7714	0	0,0000
83	11,7579	0	0,0000	182	11,6633	0	0,0000	281	12,0000	1	68,8860
84	12,0000	1	101,7852	183	11,7558	0	0,0000	282	11,6010	0	0,0000
85	11,8304	0	0,0000	184	12,0000	1	92,2236	283	11,6608	0	0,0000
86	11,8304	0	0,0000	185	11,9230	0	0,0000	284	11,7358	0	0,0000
87	12,0000	1	59,5752	186	12,0000	1	74,6388	285	12,0000	1	70,9572
88	12,0000	1	89,3508	187	11,8465	0	0,0000	286	11,8752	0	0,0000
89	11,9061	0	0,0000	188	11,6998	0	0,0000	287	12,0000	1	100,2144
90	11,8346	0	0,0000	189	12,0000	1	60,5844	288	11,8242	0	0,0000
91	11,8346	0	0,0000	190	11,8386	0	0,0000	289	12,0000	1	93,8280
92	12,0000	1	82,4160	191	12,0000	1	87,7188	290	11,9061	0	0,0000
93	11,8691	0	0,0000	192	11,8304	0	0,0000	291	11,6428	0	0,0000
94	11,9044	0	0,0000	193	11,8304	0	0,0000	292	11,6115	0	0,0000
95	12,0000	1	78,7128	194	12,0000	1	99,4044	293	11,7301	0	0,0000
96	12,0000	1	91,6284	195	11,7830	0	0,0000	294	12,0000	1	97,2048
97	11,7788	0	0,0000	196	11,7563	0	0,0000	295	11,9230	0	0,0000
98	11,7054	0	0,0000	197	11,8190	0	0,0000	296	12,0000	1	74,4276
99	11,7788	0	0,0000	198	12,0000	1	78,5664	297	11,8095	0	0,0000

Fin.

Fonte: Própria da autora

Tabela 158 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa I/Arranjo III

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	1,2262	100	100	101	0,0000	199	199	200	1,6905
2	2	3	-1,2608	101	101	102	1,7309	200	200	201	-1,1250
3	3	4	0,7558	102	102	103	-1,6834	201	201	202	3,3239
4	4	5	-0,9118	103	102	104	2,4475	202	202	203	0,8644
5	5	6	4,6927	104	102	105	-1,5145	203	203	204	-1,5854
6	6	7	2,2594	105	105	106	3,6744	204	204	205	-4,0582
7	7	8	-0,1478	106	106	107	1,2193	205	201	206	0,0000
8	8	9	-2,5556	107	107	108	-1,2193	206	206	207	3,6737
9	9	10	-5,0021	108	108	109	-3,6744	207	207	208	1,2181
10	10	11	0,0000	109	109	110	0,0000	208	208	209	-1,2181
11	4	12	-0,8273	110	110	111	2,7392	209	209	210	-3,6737
12	12	13	5,0375	111	111	112	2,4288	210	210	211	0,0000
13	13	14	2,5906	112	111	113	-2,1556	211	211	212	0,0000
14	14	15	0,1708	113	83	114	1,0669	212	211	213	2,4701
15	15	16	-2,2465	114	114	115	-1,3677	213	211	214	2,4701
16	16	17	-4,6901	115	115	116	0,9811	214	214	215	0,0000
17	17	18	0,7884	116	116	117	-1,4507	215	215	216	-2,4701
18	18	19	-0,9780	117	117	118	-3,9015	216	216	217	0,0000
19	19	20	2,4651	118	118	119	1,2439	217	217	218	4,1179
20	18	21	-0,7273	119	119	120	-1,2439	218	218	219	1,6688
21	21	22	2,4650	120	120	121	3,6511	219	219	220	2,3953
22	22	23	0,0000	121	121	122	2,4239	220	219	221	-5,4771
23	23	24	-2,4650	122	121	123	2,4239	221	219	222	2,3257
24	24	25	2,4858	123	121	124	-3,6511	222	222	223	-0,0654
25	25	26	2,4444	124	124	125	1,2439	223	223	224	-2,4608

continua.

Tabela 158 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
26	25	27	-2,4244	125	125	126	-1,2439	224	224	225	-4,8910
27	27	28	1,2413	126	126	127	1,2439	225	225	226	0,0000
28	28	29	-1,2413	127	127	128	-1,2439	226	226	227	4,8864
29	29	30	2,4651	128	128	129	3,7480	227	227	228	2,4286
30	30	31	0,0000	129	129	130	2,4203	228	200	229	0,3236
31	31	32	-2,4651	130	129	131	2,4203	229	229	230	-2,1614
32	32	33	2,4773	131	129	132	-3,5474	230	230	231	3,7412
33	32	34	0,0000	132	132	133	1,2425	231	231	232	1,7711
34	34	35	0,0000	133	133	134	-1,2425	232	232	233	-0,6642
35	35	36	1,2439	134	134	135	2,4701	233	233	234	-3,1107
36	36	37	-1,2439	135	135	136	0,0000	234	234	235	-2,7963
37	37	38	1,2439	136	136	137	-2,4701	235	234	236	-2,7963
38	38	39	-1,2439	137	137	138	0,0000	236	231	237	-0,4847
39	39	40	3,8126	138	138	139	2,4701	237	237	238	-2,9483
40	40	41	1,3586	139	138	140	0,0000	238	238	239	1,2439
41	41	42	-1,0794	140	138	141	2,2340	239	239	240	-1,2439
42	42	43	0,9945	141	141	142	-0,2342	240	240	241	2,1648
43	43	44	-1,4385	142	142	143	-2,7054	241	241	242	-0,3069
44	44	45	-3,8904	143	143	144	2,4745	242	242	243	-2,7845
45	45	46	1,2425	144	115	145	-4,7964	243	243	244	2,4784
46	46	47	-1,2425	145	145	146	1,0317	244	230	245	0,0000
47	47	48	3,1013	146	146	147	-0,7558	245	245	246	4,2513
48	48	49	0,6412	147	147	148	1,2439	246	246	247	0,6761
49	49	50	-3,6397	148	148	149	-1,2439	247	247	248	1,4313
50	49	51	2,4216	149	149	150	4,3086	248	248	249	-1,0070
51	49	52	-0,5974	150	150	151	1,8643	249	249	250	2,4365
52	52	53	-3,0598	151	151	152	-0,5590	250	249	251	-5,9048
53	53	54	2,4701	152	152	153	2,3983	251	247	252	-3,2165
54	54	55	0,0000	153	152	154	-5,9402	252	252	253	2,4701
55	55	56	-2,4701	154	152	155	0,5590	253	253	254	0,0000
56	56	57	3,5083	155	155	156	-1,8643	254	254	255	-2,4701
57	57	58	1,0498	156	156	157	-4,3086	255	255	256	2,1648
58	58	59	-3,8006	157	157	158	1,2439	256	256	257	-0,3069
59	58	60	2,4086	158	158	159	-1,2439	257	257	258	-2,7845
60	42	61	-4,5273	159	159	160	3,7480	258	258	259	2,4784
61	61	62	0,0000	160	160	161	2,4203	259	246	260	1,1018
62	62	63	2,3130	161	160	162	2,4203	260	260	261	-1,3545
63	63	64	-0,1528	162	160	163	-3,5474	261	261	262	-2,9947
64	64	65	-2,6213	163	163	164	1,2425	262	262	263	1,2698
65	65	66	0,0000	164	164	165	-1,2425	263	263	264	-1,2215
66	66	67	4,4020	165	165	166	2,4701	264	264	265	2,4841
67	67	68	1,9551	166	166	167	0,0000	265	264	266	0,0000
68	68	69	-0,4635	167	167	168	-2,4701	266	262	267	0,0000
69	69	70	2,3958	168	168	169	2,1711	267	267	268	2,4701
70	69	71	-5,7318	169	169	170	-0,3009	268	268	269	0,0000
71	69	72	0,4419	170	170	171	-2,7778	269	269	270	-2,4701
72	72	73	-1,9767	171	146	172	-0,7091	270	270	271	2,9499
73	73	74	-4,4219	172	172	173	1,0317	271	271	272	0,4863
74	74	75	1,2425	173	173	174	-0,7558	272	272	273	-3,2523
75	75	76	-1,2425	174	174	175	2,4701	273	273	274	2,4701
76	76	77	3,5083	175	175	176	0,0000	274	272	275	1,2844
77	77	78	1,0498	176	176	177	-2,4701	275	275	276	-1,1541
78	78	79	-3,8006	177	177	178	3,4798	276	276	277	-3,6096
79	78	80	2,4086	178	178	179	1,0242	277	277	278	1,2405
80	62	81	2,4745	179	179	180	-4,7658	278	278	279	-1,2405

continua.

Tabela 158 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
81	81	82	0,0000	180	179	181	2,4120	279	279	280	3,0892
82	83	84	-3,5189	181	179	182	0,9354	280	280	281	-3,2426
83	84	85	2,4651	182	182	183	-1,4943	281	280	282	2,4170
84	85	86	0,0000	183	183	184	-3,9451	282	280	283	1,4610
85	86	87	-2,4651	184	184	185	1,2439	283	283	284	-0,9690
86	87	88	0,0000	185	185	186	-1,2439	284	284	285	-3,4134
87	88	89	2,4841	186	186	187	2,4798	285	261	286	-0,8236
88	88	90	2,4650	187	187	188	2,4369	286	286	287	-3,3016
89	90	91	0,0000	188	187	189	-2,5498	287	287	288	2,5552
90	91	92	-2,4650	189	187	190	0,1208	288	288	289	-2,8401
91	92	93	1,9026	190	190	191	-2,3459	289	289	290	2,4841
92	93	94	-0,5703	191	191	192	2,4651	290	288	291	2,9305
93	94	95	-1,5880	192	192	193	0,0000	291	291	292	0,5057
94	82	95	-2,4745	193	193	194	-2,4651	292	292	293	-1,9160
95	94	96	-1,4618	194	194	195	3,3180	293	293	294	-4,3603
96	96	97	3,6744	195	195	196	0,8613	294	294	295	1,2439
97	97	98	1,2193	196	196	197	-1,5833	295	295	296	-1,2439
98	98	99	-1,2193	197	197	198	-4,0492	296	296	297	2,4612
99	99	100	-3,6744	198	173	199	-0,7091	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 159 - Custo do sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo III

Custo Total US\$	
Sistemas fotovoltaicos	416.274,30
Perdas do sistema	11.172,65
TOTAL	427.446,96

Fonte: Própria da autora

Tabela 160 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,5590	0	0,0000	100	12,0000	1	89,1096	199	11,8757	0	0,0000
2	11,7081	0	0,0000	101	12,0000	1	98,4564	200	12,0000	1	81,5520
3	12,0000	1	117,5328	102	11,6565	0	0,0000	201	12,0000	1	114,6120
4	11,8526	0	0,0000	103	11,5081	0	0,0000	202	11,8112	0	0,0000
5	11,8466	0	0,0000	104	11,5081	0	0,0000	203	11,7621	0	0,0000
6	12,0000	1	89,8320	105	11,7610	0	0,0000	204	11,8466	0	0,0000
7	11,8320	0	0,0000	106	12,0000	1	107,2560	205	12,0000	1	78,6384
8	11,8209	0	0,0000	107	11,8513	0	0,0000	206	11,7821	0	0,0000
9	12,0000	1	115,9512	108	11,8513	0	0,0000	207	11,7034	0	0,0000
10	11,7652	0	0,0000	109	12,0000	1	74,5344	208	11,7757	0	0,0000
11	11,6318	0	0,0000	110	11,9252	0	0,0000	209	12,0000	1	88,3548
12	11,8605	0	0,0000	111	12,0000	1	103,9644	210	11,9230	0	0,0000
13	12,0000	1	78,0672	112	11,8116	0	0,0000	211	12,0000	1	104,1816
14	11,9377	0	0,0000	113	11,8116	0	0,0000	212	11,8555	0	0,0000

continua.

Tabela 160 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
15	12,0000	1	58,0632	114	11,7811	0	0,0000	213	11,8555	0	0,0000
16	11,9294	0	0,0000	115	11,8604	0	0,0000	214	12,0000	1	59,6172
17	12,0000	1	96,1608	116	12,0000	1	83,9628	215	11,8471	0	0,0000
18	11,7355	0	0,0000	117	11,8471	0	0,0000	216	11,8471	0	0,0000
19	11,7757	0	0,0000	118	11,8471	0	0,0000	217	12,0000	1	109,0044
20	12,0000	1	69,1116	119	12,0000	1	95,7744	218	11,7451	0	0,0000
21	11,5590	0	0,0000	120	11,8134	0	0,0000	219	11,6418	0	0,0000
22	11,5439	0	0,0000	121	11,7792	0	0,0000	220	11,4976	0	0,0000
23	11,6903	0	0,0000	122	11,6374	0	0,0000	221	12,0000	1	95,7564
24	12,0000	1	85,4004	123	12,0000	1	75,2952	222	11,4897	0	0,0000
25	12,0000	1	89,3304	124	11,8134	0	0,0000	223	11,4942	0	0,0000
26	11,9019	0	0,0000	125	12,0000	1	117,7752	224	11,6635	0	0,0000
27	11,8304	0	0,0000	126	11,7336	0	0,0000	225	12,0000	1	99,5808
28	11,8304	0	0,0000	127	11,6186	0	0,0000	226	11,9375	0	0,0000
29	12,0000	1	103,3644	128	11,6535	0	0,0000	227	12,0000	1	78,5760
30	11,7489	0	0,0000	129	11,8387	0	0,0000	228	11,8513	0	0,0000
31	11,6662	0	0,0000	130	12,0000	1	62,1396	229	11,9442	0	0,0000
32	11,7508	0	0,0000	131	12,0000	1	62,1396	230	12,0000	1	99,2124
33	12,0000	1	105,5736	132	11,8453	0	0,0000	231	11,7563	0	0,0000
34	11,5885	0	0,0000	133	12,0000	1	90,4524	232	11,6186	0	0,0000
35	11,5758	0	0,0000	134	11,8513	0	0,0000	233	11,6100	0	0,0000
36	11,7123	0	0,0000	135	11,8513	0	0,0000	234	11,7303	0	0,0000
37	12,0000	1	115,3620	136	12,0000	1	84,5100	235	12,0000	1	115,5072
38	11,8471	0	0,0000	137	11,8751	0	0,0000	236	11,6386	0	0,0000
39	11,8471	0	0,0000	138	11,8992	0	0,0000	237	11,8020	0	0,0000
40	12,0000	1	111,1032	139	12,0000	1	49,5180	238	12,0000	1	83,2680
41	11,8302	0	0,0000	140	12,0000	1	49,5180	239	11,9230	0	0,0000
42	11,7611	0	0,0000	141	11,8735	0	0,0000	240	12,0000	1	84,4176
43	11,8106	0	0,0000	142	12,0000	1	113,6112	241	11,7961	0	0,0000
44	12,0000	1	97,3728	143	11,7488	0	0,0000	242	11,7443	0	0,0000
45	11,8513	0	0,0000	144	11,6156	0	0,0000	243	11,8108	0	0,0000
46	11,8513	0	0,0000	145	12,0000	1	118,6176	244	12,0000	1	78,8628
47	12,0000	1	111,0936	146	11,8165	0	0,0000	245	12,0000	1	105,6588
48	11,7418	0	0,0000	147	11,7366	0	0,0000	246	11,7614	0	0,0000
49	11,6308	0	0,0000	148	11,7922	0	0,0000	247	11,6024	0	0,0000
50	11,4827	0	0,0000	149	12,0000	1	117,5748	248	11,5967	0	0,0000
51	11,4827	0	0,0000	150	11,7558	0	0,0000	249	11,7281	0	0,0000
52	12,0000	1	109,2852	151	11,6633	0	0,0000	250	11,6364	0	0,0000
53	11,9252	0	0,0000	152	11,7212	0	0,0000	251	12,0000	1	116,1972
54	12,0000	1	98,2392	153	12,0000	1	87,2004	252	11,5849	0	0,0000
55	11,7324	0	0,0000	154	11,5801	0	0,0000	253	11,7169	0	0,0000
56	11,6120	0	0,0000	155	11,7846	0	0,0000	254	12,0000	1	114,4800
57	11,6372	0	0,0000	156	12,0000	1	101,3592	255	11,8471	0	0,0000
58	11,8084	0	0,0000	157	11,8471	0	0,0000	256	11,8471	0	0,0000
59	12,0000	1	61,8204	158	11,8471	0	0,0000	257	12,0000	1	118,3248
60	12,0000	1	61,8204	159	12,0000	1	104,5656	258	11,7980	0	0,0000
61	11,7578	0	0,0000	160	11,7680	0	0,0000	259	11,6849	0	0,0000
62	11,8482	0	0,0000	161	11,6223	0	0,0000	260	11,7033	0	0,0000
63	12,0000	1	70,1124	162	11,6223	0	0,0000 261	11,7557	0	0,0000	
64	11,9252	0	0,0000	163	12,0000	1	102,2112 262	11,8811	0	0,0000	
65	12,0000	1	100,7676	164	11,8513	0	0,0000	263	12,0000	1	90,3336
66	11,7197	0	0,0000	165	11,8513	0	0,0000	264	11,8987	0	0,0000
67	11,5865	0	0,0000	166	12,0000	1	105,1776	265	11,8057	0	0,0000
68	11,5985	0	0,0000	167	11,7714	0	0,0000	266	12,0000	1	62,0988
69	11,7561	0	0,0000	168	11,6906	0	0,0000	267	12,0000	1	119,0544
70	12,0000	1	77,2668	169	11,7563	0	0,0000	268	11,6593	0	0,0000
71	11,6063	0	0,0000	170	12,0000	1	102,2496	269	11,4690	0	0,0000
72	12,0000	1	116,6184	171	11,9019	0	0,0000	270	11,4267	0	0,0000
73	11,7788	0	0,0000	172	11,7703	0	0,0000	271	11,5319	0	0,0000
74	11,7054	0	0,0000	173	11,8313	0	0,0000	272	11,7857	0	0,0000
75	11,7788	0	0,0000	174	12,0000	1	113,2812	273	12,0000	1	98,9592
76	12,0000	1	74,0784	175	11,7726	0	0,0000	274	11,8513	0	0,0000
77	12,0000	1	62,0484	176	11,6972	0	0,0000	275	12,0000	1	99,6456
78	11,8392	0	0,0000	177	11,7726	0	0,0000	276	11,8262	0	0,0000
79	11,6636	0	0,0000	178	12,0000	1	117,8508	277	11,8224	0	0,0000
80	12,0000	1	56,7072	179	11,7740	0	0,0000	278	12,0000	1	95,1432
81	12,0000	1	80,7780	180	11,6322	0	0,0000 279	11,7760	0	0,00006	
82	11,9442	0	0,0000	181	11,6322	0	0,0000	280	11,7335	0	0,0000
83	11,8059	0	0,0000	182	12,0000	1	88,7016	281	11,5636	0	0,0000
84	12,0000	1	93,4164	183	11,9230	0	0,0000 282	12,0000	1	75,3396	
85	11,8304	0	0,0000	184	12,0000	1	101,3520	283	11,7714	0	0,0000
86	11,8304	0	0,0000	185	11,7087	0	0,0000	284	12,0000	1	94,9596
87	12,0000	1	107,9016	186	11,5684	0	0,0000	285	11,8095	0	0,0000
88	11,7229	0	0,0000	187	11,5774	0	0,0000	286	11,8451	0	0,0000
89	11,6312	0	0,0000	188	12,0000	1	114,2220	287	12,0000	1	79,1028

continua.

Tabela 160 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
90	11,7791	0	0,0000	189	11,4340	0	0,0000	288	12,0000	1	103,1712
91	12,0000	1	98,3352	190	11,4415	0	0,0000	289	11,6993	0	0,0000
92	11,8388	0	0,0000	191	11,4625	0	0,0000	290	11,6078	0	0,0000
93	11,8432	0	0,0000	192	11,6477	0	0,0000	291	11,9230	0	0,0000
94	12,0000	1	117,5028	193	12,0000	1	91,4304	292	12,0000	1	105,6516
95	12,0000	1	42,1644	194	12,0000	1	54,0480	293	11,6865	0	0,0000
96	11,6888	0	0,0000	195	11,8690	0	0,0000	294	11,5238	0	0,0000
97	11,5488	0	0,0000	196	11,8835	0	0,0000	295	11,5097	0	0,0000
98	11,5537	0	0,0000	197	12,0000	1	95,0544	296	11,6442	0	0,0000
99	11,7034	0	0,0000	198	11,8892	0	0,0000	297	12,0000	1	85,1616

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 161 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4087	100	100	101	0,0000	199	199	200	-3,2884
2	2	3	-4,8488	101	101	102	5,7060	200	200	201	0,0000
3	3	4	2,4485	102	102	103	2,3974	201	201	202	3,3239
4	4	5	0,1202	103	102	104	2,3974	202	202	203	0,8644
5	5	6	-2,3456	104	102	105	-1,5189	203	203	204	-1,5854
6	6	7	2,6415	105	105	106	-3,9701	204	204	205	-4,0582
7	7	8	0,1745	106	106	107	2,4701	205	201	206	3,7248
8	8	9	-2,2874	107	107	108	0,0000	206	206	207	1,2714
9	9	10	4,8714	108	108	109	-2,4701	207	207	208	-1,1680
10	10	11	2,4255	109	109	110	1,2425	208	208	209	-3,6236
11	4	12	-0,1436	110	110	111	-1,2425	209	209	210	1,2439
12	12	13	-2,6173	111	111	112	2,4627	210	210	211	-1,2439
13	13	14	1,3937	112	111	113	2,4627	211	211	212	2,4701
14	14	15	-1,0968	113	83	114	0,3605	212	211	213	2,4701
15	15	16	1,2430	114	114	115	-2,0979	213	211	214	0,0000
16	16	17	-1,2430	115	115	116	-2,0291	214	214	215	2,4701
17	17	18	4,2730	116	116	117	2,4701	215	215	216	0,0000
18	18	19	-0,8056	117	117	118	0,0000	216	216	217	-2,4701
19	19	20	-3,2602	118	118	119	-2,4701	217	217	218	4,1179
20	18	21	2,6304	119	119	120	3,0145	218	218	219	1,6688
21	21	22	0,2250	120	120	121	0,5525	219	219	220	2,3953
22	22	23	-2,1818	121	121	122	2,4239	220	219	221	-5,4771
23	23	24	-4,6155	122	121	123	-3,7744	221	219	222	2,3257
24	24	25	0,0000	123	121	124	-0,5525	222	222	223	-0,0654
25	25	26	2,4773	124	124	125	-3,0145	223	223	224	-2,4608
26	25	27	2,4651	125	125	126	4,3037	224	224	225	-4,8910
27	27	28	0,0000	126	126	127	1,8578	225	225	226	0,9084
28	28	29	-2,4651	127	127	128	-0,5638	226	226	227	-1,5783
29	29	30	3,6497	128	128	129	-2,9919	227	227	228	2,4701
30	30	31	1,2020	129	129	130	-2,6794	228	200	229	1,0145
31	31	32	-1,2297	130	129	131	-2,6794	229	229	230	-1,4762
32	32	33	-6,2929	131	129	132	-0,1009	230	230	231	4,2905
33	32	34	2,6220	132	132	133	-2,5698	231	231	232	2,5835
34	34	35	0,2052	133	133	134	2,4701	232	232	233	0,1614
35	35	36	-2,2052	134	134	135	0,0000	233	233	234	-2,2570
36	36	37	-4,6478	135	135	136	-2,4701	234	234	235	-7,1349
37	37	38	2,4701	136	136	137	2,0748	235	234	236	2,4259
38	38	39	0,0000	137	137	138	-0,4003	236	231	237	-0,7383
39	39	40	-2,4701	138	138	139	-1,6284	237	237	238	-3,1987

continua.

Tabela 161 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
40	40	41	4,2879	139	138	140	-1,6284	238	238	239	1,2439
41	41	42	1,8280	140	138	141	0,3735	239	239	240	-1,2439
42	42	43	-0,6856	141	141	142	-2,1013	240	240	241	3,2940
43	43	44	-3,1462	142	142	143	4,8682	241	241	242	0,8368
44	44	45	2,4701	143	143	144	2,4218	242	242	243	-1,6102
45	45	46	0,0000	144	115	145	-2,5382	243	243	244	-4,0776
46	46	47	-2,4701	145	145	146	4,8545	244	230	245	0,0000
47	47	48	4,2890	146	146	147	1,5484	245	245	246	6,3122
48	48	49	1,8439	147	147	148	-0,8982	246	246	247	2,7993
49	49	50	2,3926	148	148	149	-3,3570	247	247	248	0,1004
50	49	51	2,3926	149	149	150	3,9451	248	248	249	-2,3134
51	49	52	-5,3663	150	150	151	1,4943	249	249	250	2,4259
52	52	53	1,2425	151	151	152	-0,9354	250	249	251	-7,1931
53	53	54	-1,2425	152	152	153	-4,7658	251	247	252	0,2827
54	54	55	4,4452	153	152	154	2,4120	252	252	253	-2,1325
55	55	56	2,0000	154	152	155	-1,0242	253	253	254	-4,5735
56	56	57	-0,4186	155	155	156	-3,4798	254	254	255	2,4701
57	57	58	-2,8439	156	156	157	2,4701	255	255	256	0,0000
58	58	59	-2,6537	157	157	158	0,0000	256	256	257	-2,4701
59	58	60	-2,6537	158	158	159	-2,4701	257	257	258	4,8910
60	42	61	0,0600	159	159	160	3,7480	258	258	259	2,4375
61	61	62	-2,3915	160	160	161	2,4203	259	246	260	1,0564
62	62	63	-2,1025	161	160	162	2,4203	260	260	261	-1,3862
63	63	64	1,2425	162	160	163	-3,5474	261	261	262	-2,2077
64	64	65	-1,2425	163	163	164	2,4701	262	262	263	-2,7651
65	65	66	4,6561	164	164	165	0,0000	263	263	264	2,2662
66	66	67	2,2126	165	165	166	-2,4701	264	264	265	2,4603
67	67	68	-0,1993	166	166	167	3,7973	265	264	266	-2,6799
68	68	69	-2,6179	167	167	168	1,3422	266	262	267	-1,9208
69	69	70	-3,9402	168	168	169	-1,0914	267	267	268	5,5040
70	69	71	2,4200	169	169	170	-3,5422	268	268	269	3,0743
71	69	72	-3,5451	170	170	171	2,4773	269	269	270	0,6834
72	72	73	3,6744	171	146	172	0,8400	270	270	271	-1,6995
73	73	74	1,2193	172	172	173	-1,6138	271	271	272	-4,1002
74	74	75	-1,2193	173	173	174	-3,2694	272	272	273	-3,2768
75	75	76	-3,6744	174	174	175	3,6737	273	273	274	2,4701
76	76	77	0,0000	175	175	176	1,2181	274	272	275	-3,2768
77	77	78	2,6711	176	176	177	-1,2181	275	275	276	2,5262
78	78	79	2,4321	177	177	178	-3,6737	276	276	277	0,0631
79	78	80	-2,2271	178	178	179	3,6511	277	277	278	-2,4000
80	62	81	-2,7600	179	179	180	2,4239	278	278	279	3,0270
81	81	82	1,4762	180	179	181	2,4239	279	279	280	0,5743
82	83	84	-2,8212	181	179	182	-3,6511	280	280	281	2,4099
83	84	85	2,4651	182	182	183	1,2439	281	280	282	-3,7801
84	85	86	0,0000	183	183	184	-1,2439	282	280	283	-0,5007
85	86	87	-2,4651	184	184	185	4,7060	283	283	284	-2,9535
86	87	88	4,0276	185	185	186	2,2666	284	284	285	2,4612
87	88	89	2,4259	186	186	187	-0,1454	285	261	286	-1,6255
88	88	90	-0,8376	187	187	188	-7,0199	286	286	287	-4,0979
89	90	91	-3,2921	188	187	189	2,3821	287	287	288	0,0000
90	91	92	2,4024	189	187	190	2,0780	288	288	289	4,8578
91	92	93	-0,0640	190	190	191	-0,3052	289	289	290	2,4206
92	93	94	-2,5331	191	191	192	-2,6919	290	288	291	1,2439
93	94	95	0,0000	192	192	193	-5,1206	291	291	292	-1,2439
94	82	95	-1,0145	193	193	194	0,0000	292	292	293	5,0646

continua.

Tabela 161 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
95	94	96	4,7584	194	194	195	2,0031	293	293	294	2,6284
96	96	97	2,3256	195	195	196	-0,4677	294	294	295	0,2278
97	97	98	-0,0814	196	196	197	-2,9419	295	295	296	-2,1729
98	98	99	-2,4867	197	197	198	2,4787	296	296	297	-4,5969
99	99	100	-4,9269	198	173	199	-0,8073	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 162 - Custo do sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 1/Arranjo IV

Custo Total US\$	
Sistemas fotovoltaicos	356.270,80
Perdas do sistema	14.110,23
TOTAL	370.381,03

Fonte: Própria da autora

I.2 Alternativa 2

Tabela 163 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0,0000	100	11,7789	0	0,0000	199	11,6660	0	0,0000
2	12,0000	1	74,5248	101	12,0000	1	94,8360	200	11,7078	0	0,0000
3	11,9252	0	0,0000	102	11,8959	0	0,0000	201	11,6077	0	0,0000
4	12,0000	1	91,5252	103	12,0000	1	50,1804	202	11,5311	0	0,0000
5	11,8672	0	0,0000	104	11,7444	0	0,0000	203	11,5910	0	0,0000
6	11,8549	0	0,0000	105	12,0000	1	77,7912	204	11,7759	0	0,0000
7	12,0000	1	73,7916	106	11,8514	0	0,0000	205	12,0000	1	101,0640
8	11,9129	0	0,0000	107	11,8514	0	0,0000	206	11,7248	0	0,0000
9	12,0000	1	101,8500	108	12,0000	1	74,5344	207	12,0000	1	98,2428
10	11,7652	0	0,0000	109	11,9252	0	0,0000	208	11,9231	0	0,0000
11	11,6319	0	0,0000	110	12,0000	1	44,9064	209	12,0000	1	86,6460
12	11,9327	0	0,0000	111	12,0000	1	89,0580	210	11,7846	0	0,0000
13	12,0000	1	91,8612	112	11,8117	0	0,0000	211	11,7212	0	0,0000
14	11,8259	0	0,0000	113	11,8117	0	0,0000	212	11,5802	0	0,0000
15	11,7448	0	0,0000	114	11,7970	0	0,0000	213	12,0000	1	87,2004
16	11,8026	0	0,0000	115	11,7783	0	0,0000	214	11,6633	0	0,0000
17	12,0000	1	71,7252	116	12,0000	1	83,5644	215	11,7558	0	0,0000
18	12,0000	1	88,3716	117	11,9231	0	0,0000	216	12,0000	1	77,3196
19	11,7574	0	0,0000	118	12,0000	1	44,9040	217	12,0000	1	59,6808
20	11,5912	0	0,0000	119	12,0000	1	30,0000	218	11,8468	0	0,0000
21	12,0000	1	44,8956	120	12,0000	1	97,5804	219	11,8465	0	0,0000
22	11,9167	0	0,0000	121	11,6513	0	0,0000	220	12,0000	1	60,5928
23	12,0000	1	59,7924	122	11,5110	0	0,0000	221	11,6874	0	0,0000
24	11,9167	0	0,0000	123	11,5110	0	0,0000	222	12,0000	1	58,1784
25	12,0000	1	74,6508	124	11,7499	0	0,0000	223	12,0000	1	83,7360
26	11,9019	0	0,0000	125	12,0000	1	93,3816	224	11,6919	0	0,0000
27	12,0000	1	30,0000	126	11,9231	0	0,0000	225	11,5514	0	0,0000
28	12,0000	1	82,2768	127	12,0000	1	91,9248	226	11,5765	0	0,0000

continua.

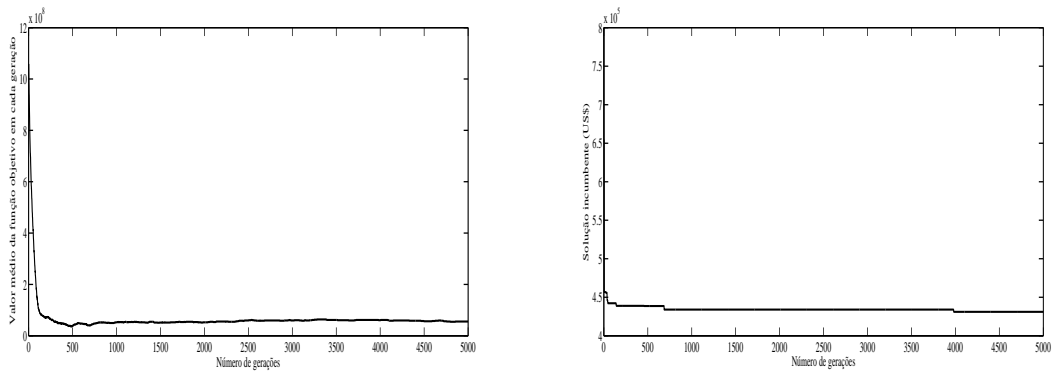
Tabela 163 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
29	11,7003	0	0,0000	128	11,7574	0	0,0000	227	11,6863	0	0,0000
30	11,5683	0	0,0000	129	11,6664	0	0,0000	228	12,0000	1	92,5296
31	11,6021	0	0,0000	130	11,5219	0	0,0000	229	12,0000	1	93,6996
32	11,8022	0	0,0000	131	12,0000	1	96,4968	230	12,0000	1	68,2188
33	12,0000	1	90,0144	132	11,5240	0	0,0000	231	12,0000	1	76,2612
34	11,8248	0	0,0000	133	11,5373	0	0,0000	232	11,7944	0	0,0000
35	12,0000	1	63,9528	134	11,6953	0	0,0000	233	11,7199	0	0,0000
36	12,0000	1	59,6184	135	12,0000	1	90,7368	234	11,7756	0	0,0000
37	11,8472	0	0,0000	136	12,0000	1	77,4132	235	11,6835	0	0,0000
38	11,8472	0	0,0000	137	11,7621	0	0,0000	236	12,0000	1	101,1732
39	12,0000	1	59,6184	138	11,6718	0	0,0000	237	12,0000	1	74,0532
40	12,0000	1	89,2860	139	12,0000	1	93,6048	238	11,7727	0	0,0000
41	11,8046	0	0,0000	140	11,5232	0	0,0000	239	11,6972	0	0,0000
42	11,7107	0	0,0000	141	11,5363	0	0,0000	240	11,7727	0	0,0000
43	11,7878	0	0,0000	142	11,5625	0	0,0000	241	12,0000	1	74,0532
44	12,0000	1	101,9184	143	11,7092	0	0,0000	242	12,0000	1	45,8100
45	11,8514	0	0,0000	144	12,0000	1	93,3948	243	11,9456	0	0,0000
46	11,8514	0	0,0000	145	11,7090	0	0,0000	244	12,0000	1	44,0532
47	12,0000	1	96,8436	146	11,7536	0	0,0000	245	11,8247	0	0,0000
48	11,8133	0	0,0000	147	12,0000	1	87,3132	246	11,7974	0	0,0000
49	11,7748	0	0,0000	148	12,0000	1	89,5860	247	11,8293	0	0,0000
50	12,0000	1	73,6500	149	11,6925	0	0,0000	248	11,8446	0	0,0000
51	11,6248	0	0,0000	150	11,5359	0	0,0000	249	12,0000	1	92,6148
52	11,8159	0	0,0000	151	11,5281	0	0,0000	250	11,9061	0	0,0000
53	12,0000	1	66,7068	152	11,6690	0	0,0000	251	12,0000	1	30,0000
54	12,0000	1	59,6280	153	12,0000	1	97,9224	252	12,0000	1	77,9832
55	11,8514	0	0,0000	154	11,5285	0	0,0000	253	11,9231	0	0,0000
56	11,8514	0	0,0000	155	11,7587	0	0,0000	254	12,0000	1	97,7772
57	12,0000	1	59,6280	156	12,0000	1	76,7736	255	11,7272	0	0,0000
58	12,0000	1	89,1108	157	12,0000	1	44,9040	256	11,6056	0	0,0000
59	11,8221	0	0,0000	158	11,9231	0	0,0000	257	11,6338	0	0,0000
60	11,8221	0	0,0000	159	12,0000	1	73,8876	258	11,7526	0	0,0000
61	11,6496	0	0,0000	160	11,8504	0	0,0000	259	12,0000	1	93,9240
62	11,6994	0	0,0000	161	12,0000	1	59,8128	260	11,8620	0	0,0000
63	12,0000	1	79,9320	162	11,7037	0	0,0000	261	12,0000	1	73,7484
64	12,0000	1	44,9064	163	11,8509	0	0,0000	262	12,0000	1	74,0532
65	11,9252	0	0,0000	164	12,0000	1	74,6220	263	12,0000	1	57,1608
66	12,0000	1	93,2520	165	11,9252	0	0,0000	264	11,8988	0	0,0000
67	11,7575	0	0,0000	166	12,0000	1	74,5344	265	11,8057	0	0,0000
68	11,6624	0	0,0000	167	11,8514	0	0,0000	266	12,0000	1	62,1000
69	11,7136	0	0,0000	168	11,8514	0	0,0000	267	11,7727	0	0,0000
70	12,0000	1	85,5072	169	12,0000	1	70,5240	268	11,6972	0	0,0000
71	11,5644	0	0,0000	170	11,9375	0	0,0000	269	11,7727	0	0,0000
72	11,7875	0	0,0000	171	12,0000	1	48,9480	270	12,0000	1	74,0532
73	12,0000	1	72,3600	172	11,6903	0	0,0000	271	12,0000	1	69,8580
74	12,0000	1	59,6280	173	11,7390	0	0,0000	272	11,7943	0	0,0000
75	11,8514	0	0,0000	174	12,0000	1	90,6960	273	11,8242	0	0,0000
76	11,8514	0	0,0000	175	12,0000	1	84,7572	274	12,0000	1	65,0436
77	12,0000	1	59,6280	176	11,7175	0	0,0000	275	11,7080	0	0,0000
78	12,0000	1	89,1108	177	11,5861	0	0,0000	276	11,7849	0	0,0000
79	11,8221	0	0,0000	178	11,6041	0	0,0000	277	12,0000	1	72,8772
80	11,8221	0	0,0000	179	11,7719	0	0,0000	278	12,0000	1	66,3360
81	11,6770	0	0,0000	180	12,0000	1	76,8084	279	11,7761	0	0,00004
82	11,7537	0	0,0000	181	11,6302	0	0,0000	280	11,7336	0	0,0000
83	12,0000	1	94,9836	182	12,0000	1	89,1120	281	12,0000	1	75,3396
84	11,8304	0	0,0000	183	11,9231	0	0,0000	282	11,5637	0	0,0000
85	11,8304	0	0,0000	184	12,0000	1	87,0084	283	11,7714	0	0,0000
86	12,0000	1	91,4688	185	11,7827	0	0,0000	284	12,0000	1	94,9596
87	11,8172	0	0,0000	186	11,7175	0	0,0000	285	11,8096	0	0,0000
88	11,8037	0	0,0000	187	11,8034	0	0,0000	286	12,0000	1	71,6880
89	12,0000	1	92,2584	188	12,0000	1	69,1956	287	11,8685	0	0,0000
90	11,6075	0	0,0000	189	11,6572	0	0,0000	288	11,7996	0	0,0000
91	11,5735	0	0,0000	190	12,0000	1	95,6772	289	11,8659	0	0,0000
92	11,7013	0	0,0000	191	11,8304	0	0,0000	290	12,0000	1	72,5124
93	12,0000	1	99,5616	192	11,8304	0	0,0000	291	11,8236	0	0,0000
94	11,9099	0	0,0000	193	12,0000	1	74,0904	292	12,0000	1	64,1940
95	12,0000	1	101,6508	194	11,9168	0	0,0000	293	12,0000	1	76,5564
96	11,8793	0	0,0000	195	12,0000	1	78,6084	294	11,7598	0	0,0000
97	12,0000	1	98,1456	196	11,9140	0	0,0000	295	11,6712	0	0,0000
98	11,7789	0	0,0000	197	11,9023	0	0,0000	296	11,7333	0	0,0000
99	11,7055	0	0,0000	198	12,0000	1	56,2104	297	12,0000	1	71,3544

Fim.

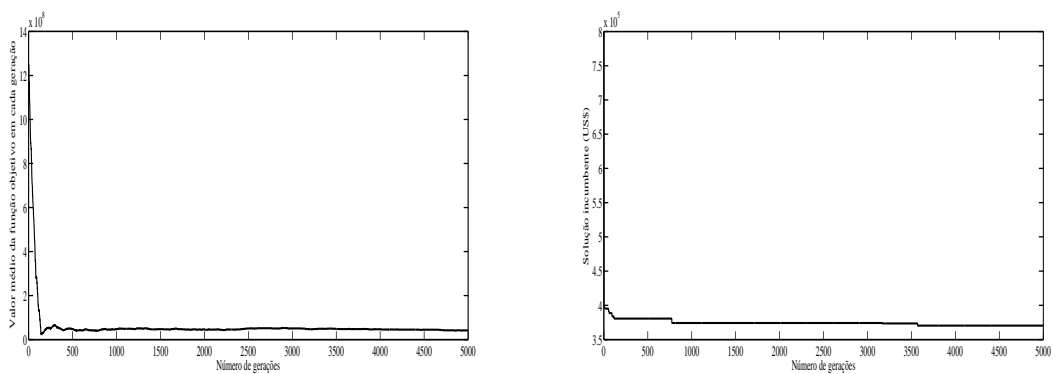
Fonte: Própria da autora

Figura 86 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo III; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo III.



Fonte: Própria autora.

Figura 87 - A esquerda: Valores médios da função objetivo ao longo da simulação - Alternativa 1/Arranjo IV; a direita: Solução incumbente durante o NG - Alternativa 1/Arranjo IV.



Fonte: Própria autora.

Tabela 164 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo III

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4685	100	100	101	-3,6728	199	199	200	-1,1058
2	2	3	1,2425	101	101	102	1,7292	200	200	201	1,7623
3	3	4	-1,2425	102	102	103	-1,6817	201	201	202	1,3486
4	4	5	2,6613	103	102	104	2,4475	202	202	203	-1,0546
5	5	6	0,1881	104	102	105	-1,5131	203	203	204	-3,4690
6	6	7	-2,2814	105	105	106	2,4684	204	204	205	-5,9286
7	7	8	1,3695	106	106	107	0,0000	205	201	206	-2,0017
8	8	9	-1,1124	107	107	108	-2,4684	206	206	207	-4,4459
9	9	10	4,8714	108	108	109	1,2425	207	207	208	1,2423
10	10	11	2,4236	109	109	110	-1,2425	208	208	209	-1,2423
11	4	12	1,2236	110	110	111	0,0000	209	209	210	3,4798
12	12	13	-1,2627	111	111	112	2,4614	210	210	211	1,0242
13	13	14	3,8949	112	111	113	2,4614	211	211	212	2,4103
14	14	15	1,4278	113	83	114	2,9506	212	211	213	-4,7658
15	15	16	-1,0176	114	114	115	0,4947	213	211	214	0,9354
16	16	17	-3,4754	115	115	116	-3,2224	214	214	215	-1,4943
17	17	18	0,0000	116	116	117	1,2423	215	215	216	-3,9451
18	18	19	4,8617	117	117	118	-1,2423	216	216	217	0,0000
19	19	20	2,4157	118	118	119	0,0000	217	217	218	2,4750
20	18	21	0,0000	119	119	120	0,0000	218	218	219	0,0048
21	21	22	1,2414	120	120	121	5,6333	219	219	220	-2,5498
22	22	23	-1,2414	121	121	122	2,3983	220	219	221	2,4327
23	23	24	1,2414	122	121	123	2,3983	221	219	222	-2,3471
24	24	25	-1,2414	123	121	124	-1,5929	222	222	223	0,0000
25	25	26	2,4773	124	124	125	-4,0404	223	223	224	4,4782
26	25	27	0,0000	125	125	126	1,2423	224	224	225	2,0422
27	27	28	0,0000	126	126	127	-1,2423	225	225	226	-0,3648
28	28	29	4,3561	127	127	128	3,9192	226	226	227	-2,7727
29	29	30	1,9186	128	128	129	1,4701	227	227	228	-5,2110
30	30	31	-0,4913	129	129	130	2,4003	228	200	229	-5,3127
31	31	32	-2,9084	130	129	131	-5,5415	229	229	230	0,0000
32	32	33	-4,9949	131	129	132	2,1774	230	230	231	0,0000
33	32	34	-0,3651	132	132	133	-0,2209	231	231	232	3,8574
34	34	35	-2,8304	133	133	134	-2,6246	232	232	233	1,3977
35	35	36	0,0000	134	134	135	-5,0615	233	233	234	-1,0450
36	36	37	2,4685	135	135	136	0,0000	234	234	235	2,4365
37	37	38	0,0000	136	136	137	3,9518	235	234	236	-5,9365
38	38	39	-2,4685	137	137	138	1,5000	236	231	237	0,0000
39	39	40	0,0000	138	138	139	-5,3021	237	237	238	3,6721
40	40	41	4,9343	139	138	140	2,4006	238	238	239	1,2197
41	41	42	2,4841	140	138	141	1,9695	239	239	240	-1,2197
42	42	43	-1,0679	141	141	142	-0,4352	240	240	241	-3,6721
43	43	44	-3,5249	142	142	143	-2,8430	241	241	242	0,0000
44	44	45	2,4684	143	143	144	-5,2873	242	242	243	1,3172
45	45	46	0,0000	144	115	145	1,2600	243	243	244	-1,1724
46	46	47	-2,4684	145	145	146	-1,1799	244	230	245	3,1873
47	47	48	3,1013	146	146	147	-4,7752	245	245	246	0,7222
48	48	49	0,6395	147	147	148	0,0000	246	246	247	-0,5616
49	49	50	-3,6381	148	148	149	4,9677	247	247	248	-0,2694
50	49	51	2,4233	149	149	150	2,5299	248	248	249	-2,7359
51	49	52	-0,5974	150	150	151	0,1260	249	249	250	2,4841
52	52	53	-3,0581	151	151	152	-2,2763	250	249	251	0,0000
53	53	54	0,0000	152	152	153	-5,6581	251	247	252	-2,7577
54	54	55	2,4684	153	152	154	2,4017	252	252	253	1,2423

continua.

Tabela 164 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
55	55	56	0,0000	154	152	155	-1,4491	253	253	254	-1,2423
56	56	57	-2,4684	155	155	156	-3,8982	254	254	255	4,4071
57	57	58	0,0000	156	156	157	0,0000	255	255	256	1,9645
58	58	59	2,4640	157	157	158	1,2423	256	256	257	-0,4556
59	58	60	2,4640	158	158	159	-1,2423	257	257	258	-2,8765
60	42	61	1,1109	159	159	160	2,4168	258	258	259	-5,3319
61	61	62	-1,3175	160	160	161	-2,4850	259	246	260	-1,1745
62	62	63	-4,1634	161	160	162	2,4369	260	260	261	-3,6508
63	63	64	0,0000	162	160	163	-0,0076	261	261	262	0,0000
64	64	65	1,2425	163	163	164	-2,4767	262	262	263	0,0000
65	65	66	-1,2425	164	164	165	1,2425	263	263	264	2,2640
66	66	67	4,0282	165	165	166	-1,2425	264	264	265	2,4630
67	67	68	1,5797	166	166	167	2,4684	265	264	266	-2,6772
68	68	69	-0,8505	167	167	168	0,0000	266	262	267	3,6721
69	69	70	-4,6268	168	168	169	-2,4684	267	267	268	1,2197
70	69	71	2,4103	169	169	170	0,9084	268	268	269	-1,2197
71	69	72	-1,0741	170	170	171	-1,5783	269	269	270	-3,6721
72	72	73	-3,5299	171	146	172	1,1509	270	270	271	0,0000
73	73	74	0,0000	172	172	173	-1,2884	271	271	272	3,3231
74	74	75	2,4684	173	173	174	-5,0581	272	272	273	-0,4572
75	75	76	0,0000	174	174	175	0,0000	273	273	274	-2,9203
76	76	77	-2,4684	175	175	176	4,5638	274	272	275	1,3196
77	77	78	0,0000	176	176	177	2,1228	275	275	276	-1,1177
78	78	79	2,4640	177	177	178	-0,2908	276	276	277	-3,5731
79	78	80	2,4640	178	178	179	-2,7108	277	277	278	0,0000
80	62	81	0,4073	179	179	180	-3,8991	278	278	279	3,0257
81	81	82	-2,0291	180	179	181	2,4222	279	279	280	0,5743
82	83	84	2,4651	181	179	182	-3,6850	280	280	281	-3,7787
83	84	85	0,0000	182	182	183	1,2423	281	280	282	2,4099
84	85	86	-2,4651	183	183	184	-1,2423	282	280	283	-0,4993
85	86	87	2,6570	184	184	185	3,5105	283	283	284	-2,9535
86	87	88	0,1962	185	185	186	1,0533	284	284	285	2,4599
87	88	89	-5,1931	186	186	187	-1,3877	285	261	286	0,0000
88	88	90	2,9240	187	187	188	-3,2658	286	286	287	3,4788
89	90	91	0,5067	188	187	189	2,4286	287	287	288	1,0015
90	91	92	-1,9046	189	187	190	-3,0061	288	288	289	-1,0711
91	92	93	-4,3416	190	190	191	2,4651	289	289	290	-3,5476
92	93	94	1,4556	191	191	192	0,0000	290	288	291	-0,3877
93	94	95	-1,4967	192	192	193	-2,4651	291	291	292	-2,8498
94	82	95	-4,4782	193	193	194	1,2093	292	292	293	0,0000
95	94	96	0,4679	194	194	195	-1,2722	293	293	294	3,8805
96	96	97	-2,0050	195	195	196	2,7742	294	294	295	1,4313
97	97	98	3,6728	196	196	197	0,2955	295	295	296	-1,0032
98	98	99	1,2193	197	197	198	-2,1857	296	296	297	-3,4457
99	99	100	-1,2193	198	173	199	1,3273	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 165 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
----	-----------	------------------	---------------------------------	----	-----------	------------------	---------------------------------	----	-----------	------------------	---------------------------------

continua.

Tabela 165 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,5590	0	0,0000	100	11,7149	0	0,0000	199	11,4698	0	0,0000
2	11,7081	0	0,0000	101	11,5769	0	0,0000	200	11,5316	0	0,0000
3	12,0000	1	88,1676	102	11,5840	0	0,0000	201	11,6477	0	0,0000
4	12,0000	1	105,9768	103	11,4364	0	0,0000	202	11,5597	0	0,0000
5	11,9296	0	0,0000	104	12,0000	1	110,6172	203	11,6084	0	0,0000
6	12,0000	1	98,0532	105	11,4598	0	0,0000	204	11,7831	0	0,0000
7	11,7075	0	0,0000	106	11,4950	0	0,0000	205	12,0000	1	98,7732
8	11,5703	0	0,0000	107	11,6742	0	0,0000	206	12,0000	1	117,1836
9	12,0000	1	91,3212	108	12,0000	1	109,8300	207	11,9230	0	0,0000
10	11,7187	0	0,0000	109	11,9252	0	0,0000	208	12,0000	1	74,5212
11	11,5902	0	0,0000	110	12,0000	1	44,9064	209	11,8471	0	0,0000
12	11,7291	0	0,0000	111	12,0000	1	89,0580	210	11,8471	0	0,0000
13	11,5969	0	0,0000	112	11,8116	0	0,0000	211	12,0000	1	118,8744
14	11,5941	0	0,0000	113	11,8116	0	0,0000	212	11,8555	0	0,0000
15	11,7277	0	0,0000	114	11,7129	0	0,0000	213	12,0000	1	29,9988
16	12,0000	1	87,5580	115	11,6473	0	0,0000	214	11,8471	0	0,0000
17	12,0000	1	30,0000	116	11,7531	0	0,0000	215	11,8471	0	0,0000
18	12,0000	1	117,9576	117	12,0000	1	107,4552	216	12,0000	1	108,4956
19	11,7573	0	0,0000	118	11,8471	0	0,0000	217	11,7477	0	0,0000
20	11,5912	0	0,0000	119	11,8471	0	0,0000	218	11,6471	0	0,0000
21	11,8346	0	0,0000	120	12,0000	1	96,4260	219	11,6967	0	0,0000
22	11,8346	0	0,0000	121	11,8100	0	0,0000	220	11,5518	0	0,0000
23	12,0000	1	117,9744	122	12,0000	1	68,9736	221	12,0000	1	85,6824
24	11,6736	0	0,0000	123	11,6679	0	0,0000	222	11,7623	0	0,0000
25	11,5103	0	0,0000	124	11,7218	0	0,0000	223	12,0000	1	101,0292
26	11,4162	0	0,0000	125	11,7849	0	0,0000	224	11,8304	0	0,0000
27	11,6715	0	0,0000	126	12,0000	1	113,7840	225	11,8304	0	0,0000
28	12,0000	1	116,8668	127	11,7827	0	0,0000	226	12,0000	1	118,2432
29	11,8304	0	0,0000	128	11,7174	0	0,0000	227	11,8065	0	0,0000
30	11,8304	0	0,0000	129	11,8033	0	0,0000	228	11,6603	0	0,0000
31	12,0000	1	89,0256	130	11,6571	0	0,0000	229	11,6409	0	0,0000
32	11,8311	0	0,0000	131	12,0000	1	69,1956	230	11,8079	0	0,0000
33	12,0000	1	81,2172	132	12,0000	1	110,1792	231	12,0000	1	114,6540
34	11,5675	0	0,0000	133	11,7788	0	0,0000	232	12,0000	1	64,1184
35	11,4531	0	0,0000	134	11,7054	0	0,0000	233	11,8484	0	0,0000
36	11,4864	0	0,0000	135	11,7788	0	0,0000	234	11,8284	0	0,0000
37	11,6679	0	0,0000	136	12,0000	1	116,3580	235	12,0000	1	84,4128
38	12,0000	1	94,3464	137	11,7878	0	0,0000	236	11,7358	0	0,0000
39	12,0000	1	84,0552	138	11,7236	0	0,0000	237	11,7726	0	0,0000
40	11,7210	0	0,0000	139	12,0000	1	83,5584	238	11,6972	0	0,0000
41	11,6394	0	0,0000	140	11,5743	0	0,0000	239	11,7726	0	0,0000
42	11,6531	0	0,0000	141	11,6770	0	0,0000	240	12,0000	1	113,5668
43	12,0000	1	117,2388	142	11,7827	0	0,0000	241	11,7961	0	0,0000
44	11,8513	0	0,0000	143	12,0000	1	80,5248	242	11,7443	0	0,0000
45	11,8513	0	0,0000	144	12,0000	1	30,0000	243	11,8108	0	0,0000
46	12,0000	1	107,9736	145	11,6008	0	0,0000	244	12,0000	1	78,8628
47	11,7574	0	0,0000	146	11,6603	0	0,0000	245	12,0000	1	110,6208
48	11,6623	0	0,0000	147	12,0000	1	108,9780	246	11,8778	0	0,0000
49	11,7135	0	0,0000	148	12,0000	1	84,7572	247	11,8175	0	0,0000
50	11,5644	0	0,0000	149	11,7174	0	0,0000	248	11,7299	0	0,0000
51	12,0000	1	85,5072	150	11,5860	0	0,0000	249	11,7809	0	0,0000
52	11,7874	0	0,0000	151	11,6041	0	0,0000	250	11,6888	0	0,0000
53	12,0000	1	116,4384	152	11,7718	0	0,0000	251	12,0000	1	99,4632
54	11,7788	0	0,0000	153	12,0000	1	76,8084	252	12,0000	1	109,4028
55	11,7054	0	0,0000	154	11,6301	0	0,0000	253	11,7726	0	0,0000
56	11,7788	0	0,0000	155	12,0000	1	89,1120	254	11,6972	0	0,0000
57	12,0000	1	74,0784	156	11,9230	0	0,0000	255	11,7726	0	0,0000
58	12,0000	1	89,1096	157	12,0000	1	92,4648	256	12,0000	1	100,6500
59	11,8220	0	0,0000	158	11,7545	0	0,0000	257	11,8627	0	0,0000
60	11,8220	0	0,0000	159	11,6607	0	0,0000	258	11,8732	0	0,0000
61	11,5424	0	0,0000	160	11,7174	0	0,0000	259	12,0000	1	62,7420
62	11,5573	0	0,0000	161	12,0000	1	86,3244	260	11,8946	0	0,0000
63	11,7186	0	0,0000	162	11,5723	0	0,0000	261	12,0000	1	110,4216
64	12,0000	1	115,7112	163	11,7875	0	0,0000	262	11,8351	0	0,0000
65	11,8513	0	0,0000	164	12,0000	1	116,4240	263	12,0000	1	75,9984
66	11,8513	0	0,0000	165	11,7788	0	0,0000	264	12,0000	1	89,5296
67	12,0000	1	96,8436	166	11,7054	0	0,0000	265	11,9061	0	0,0000
68	11,8133	0	0,0000	167	11,7788	0	0,0000	266	11,9061	0	0,0000
69	11,7747	0	0,0000	168	12,0000	1	100,1304	267	11,5706	0	0,0000
70	11,6248	0	0,0000	169	11,8693	0	0,0000	268	11,4554	0	0,0000
71	12,0000	1	73,6500	170	11,8900	0	0,0000	269	11,4879	0	0,0000
72	11,8158	0	0,0000	171	12,0000	1	63,3456	270	11,6687	0	0,0000
73	12,0000	1	110,7852	172	11,5184	0	0,0000	271	12,0000	1	94,1988
74	11,7788	0	0,0000	173	11,5116	0	0,0000	272	12,0000	1	116,8812
75	11,7054	0	0,0000	174	11,6652	0	0,0000	273	11,6837	0	0,0000

continua.

Tabela 165 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação	Potência mínima a ser gerada(W)
76	11,7788	0	0,0000	175	12,0000	1	109,7856	274	11,5390	0	0,0000
77	12,0000	1	74,0784	176	11,9230	0	0,0000	275	11,8430	0	0,0000
78	12,0000	1	89,1096	177	12,0000	1	59,8068	276	11,8474	0	0,0000
79	11,8220	0	0,0000	178	11,9230	0	0,0000	277	12,0000	1	112,1208
80	11,8220	0	0,0000	179	12,0000	1	104,1816	278	11,6812	0	0,0000
81	11,5887	0	0,0000	180	11,8555	0	0,0000	279	11,5424	0	0,00004
82	11,7016	0	0,0000	181	11,8555	0	0,0000	280	11,5815	0	0,0000
83	12,0000	1	109,6500	182	12,0000	1	59,6172	281	12,0000	1	101,2080
84	11,8304	0	0,0000	183	11,8471	0	0,0000	282	11,4138	0	0,0000
85	11,8304	0	0,0000	184	11,8471	0	0,0000	283	11,5349	0	0,0000
86	12,0000	1	91,4676	185	12,0000	1	107,4456	284	11,6733	0	0,0000
87	11,8171	0	0,0000	186	11,7532	0	0,0000	285	12,0000	1	80,6388
88	11,8036	0	0,0000	187	11,6580	0	0,0000	286	11,9442	0	0,0000
89	12,0000	1	92,2572	188	11,5136	0	0,0000	287	12,0000	1	78,3516
90	11,6074	0	0,0000	189	12,0000	1	98,1660	288	11,8242	0	0,0000
91	11,5734	0	0,0000	190	11,5018	0	0,0000	289	12,0000	1	93,8280
92	11,7012	0	0,0000	191	11,5022	0	0,0000	290	11,9061	0	0,0000
93	12,0000	1	92,1444	192	11,6674	0	0,0000	291	11,6428	0	0,0000
94	11,9482	0	0,0000	193	12,0000	1	102,5088	292	11,6115	0	0,0000
95	12,0000	1	105,3792	194	11,9167	0	0,0000	293	11,7301	0	0,0000
96	12,0000	1	69,1368	195	12,0000	1	78,6072	294	12,0000	1	97,2048
97	11,8513	0	0,0000	196	11,9140	0	0,0000	295	11,9230	0	0,0000
98	11,8513	0	0,0000	197	11,9023	0	0,0000	296	12,0000	1	74,4276
99	12,0000	1	116,4408	198	12,0000	1	56,2104	297	11,8095	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 166 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do algoritmo genético Chu-Beasley - Alternativa 2/Arranjo IV

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4087	100	100	101	2,2924	199	199	200	-1,6349
2	2	3	-4,8488	101	101	102	-0,1179	200	200	201	-2,0440
3	3	4	0,0000	102	102	103	2,3845	201	201	202	1,5493
4	4	5	1,4108	103	102	104	-6,7205	202	202	203	-0,8574
5	5	6	-1,0765	104	102	105	1,8052	203	203	204	-3,2777
6	6	7	4,5991	105	105	106	-0,5847	204	204	205	-5,7381
7	7	8	2,1572	106	106	107	-2,9767	205	201	206	-6,0222
8	8	9	-0,2542	107	107	108	-5,4120	206	206	207	1,2439
9	9	10	-2,6660	108	108	109	1,2425	207	207	208	-1,2439
10	10	11	-5,1145	109	109	110	-1,2425	208	208	209	2,4701
11	4	12	4,9255	110	110	111	0,0000	209	209	210	0,0000
12	12	13	2,4803	111	111	112	2,4627	210	210	211	-2,4701
13	13	14	0,0626	112	111	113	2,4627	211	211	212	2,4701
14	14	15	-2,3521	113	83	114	4,1730	212	211	213	0,0000
15	15	16	-4,7940	114	114	115	1,7354	213	211	214	2,4701
16	16	17	0,0000	115	115	116	-1,5378	214	214	215	0,0000
17	17	18	0,0000	116	116	117	-3,9887	215	215	216	-2,4701
18	18	19	4,8637	117	117	118	2,4701	216	216	217	4,0759
19	19	20	2,4142	118	118	119	0,0000	217	217	218	1,6252
20	18	21	2,4650	119	119	120	-2,4701	218	218	219	-0,8013
21	21	22	0,0000	120	120	121	3,0695	219	219	220	2,4070
22	22	23	-2,4650	121	121	122	-3,2479	220	219	221	-4,6376
23	23	24	4,8644	122	121	123	2,4291	221	219	222	-1,0031
24	24	25	2,4337	123	121	124	1,4249	222	222	223	-3,4549
25	25	26	2,3763	124	124	125	-1,0194	223	223	224	2,4651
26	25	27	-2,3430	125	125	126	-3,4750	224	224	225	0,0000
27	27	28	-4,7747	126	126	127	3,5105	225	225	226	-2,4651
28	28	29	2,4651	127	127	128	1,0549	226	226	227	4,8864
29	29	30	0,0000	128	128	129	-1,3877	227	227	228	2,4286

continua.

Tabela 166 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
30	30	31	-2,4651	129	129	130	2,4286	228	200	229	-1,9873
31	31	32	2,4549	130	129	131	-3,2674	229	229	230	-4,4180
32	32	33	-4,2652	131	129	132	-3,0076	230	230	231	-3,3820
33	32	34	4,2585	132	132	133	3,6744	231	231	232	0,0000
34	34	35	1,8481	133	133	134	1,2193	232	232	233	2,8443
35	35	36	-0,5380	134	134	135	-1,2193	233	233	234	0,3752
36	36	37	-2,9321	135	135	136	-3,6744	234	234	235	-4,5397
37	37	38	-5,3651	136	136	137	3,5249	235	234	236	2,4497
38	38	39	0,0000	137	137	138	1,0664	236	231	237	3,6737
39	39	40	4,5073	138	138	139	-4,4653	237	237	238	1,2181
40	40	41	2,0606	139	138	140	2,4120	238	238	239	-1,2181
41	41	42	-0,3624	140	138	141	0,6773	239	239	240	-3,6737
42	42	43	-4,8047	141	141	142	-1,7558	240	240	241	3,2940
43	43	44	2,4701	142	142	143	-4,2112	241	241	242	0,8368
44	44	45	0,0000	143	143	144	0,0000	242	242	243	-1,6102
45	45	46	-2,4701	144	115	145	0,8455	243	243	244	-4,0776
46	46	47	4,0299	145	145	146	-1,5741	244	230	245	-3,4927
47	47	48	1,5797	146	146	147	-6,5833	245	245	246	3,2328
48	48	49	-0,8505	147	147	148	0,0000	246	246	247	1,0616
49	49	50	2,4087	148	148	149	4,5654	247	247	248	1,5423
50	49	51	-4,6284	149	149	150	2,1228	248	248	249	-0,8979
51	49	52	-1,0741	150	150	151	-0,2924	249	249	250	2,4365
52	52	53	-3,5316	151	151	152	-2,7092	250	249	251	-5,7963
53	53	54	3,6744	152	152	153	-3,9009	251	247	252	-2,9483
54	54	55	1,2193	153	152	154	2,4222	252	252	253	3,6737
55	55	56	-1,2193	154	152	155	-3,6866	253	253	254	1,2181
56	56	57	-3,6744	155	155	156	1,2439	254	254	255	-1,2181
57	57	58	0,0000	156	156	157	-1,2439	255	255	256	-3,6737
58	58	59	2,4654	157	157	158	3,9661	256	256	257	2,2181
59	58	60	2,4654	158	158	159	1,5153	257	257	258	-0,2542
60	42	61	2,0127	159	159	160	-0,9160	258	258	259	-2,7328
61	61	62	-0,3942	160	160	161	-4,6944	259	246	260	-0,3055
62	62	63	-2,2341	161	160	162	2,4103	260	260	261	-2,7884
63	63	64	-4,6744	162	160	163	-1,0719	261	261	262	2,9032
64	64	65	2,4701	163	163	164	-3,5299	262	262	263	-3,8349
65	65	66	0,0000	164	164	165	3,6744	263	263	264	0,0000
66	66	67	-2,4701	165	165	166	1,2193	264	264	265	2,4841
67	67	68	3,1013	166	166	167	-1,2193	265	264	266	2,4841
68	68	69	0,6412	167	167	168	-3,6744	266	262	267	4,2730
69	69	70	2,4216	168	168	169	2,1711	267	267	268	1,8611
70	69	71	-3,6397	169	169	170	-0,3009	268	268	269	-0,5250
71	69	72	-0,5974	170	170	171	-2,7778	269	269	270	-2,9208
72	72	73	-3,0598	171	146	172	2,5800	270	270	271	-5,3522
73	73	74	3,6744	172	172	173	0,1799	271	271	272	0,0000
74	74	75	1,2193	173	173	174	-2,9767	272	272	273	4,8364
75	75	76	-1,2193	174	174	175	-5,4087	273	273	274	2,4037
76	76	77	-3,6744	175	175	176	1,2439	274	272	275	2,4006
77	77	78	0,0000	176	176	177	-1,2439	275	275	276	-0,0640
78	78	79	2,4654	177	177	178	1,2439	276	276	277	-2,5349
79	78	80	2,4654	178	178	179	-1,2439	277	277	278	4,3081
80	62	81	-0,5709	179	179	180	2,4701	278	278	279	1,8757
81	81	82	-2,9868	180	179	181	2,4701	279	279	280	-0,5284
82	83	84	2,4651	181	179	182	0,0000	280	280	281	-5,9362
83	84	85	0,0000	182	182	183	2,4701	281	280	282	2,3787
84	85	86	-2,4651	183	183	184	0,0000	282	280	283	0,6156

continua.

Tabela 166 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
85	86	87	2,6584	184	184	185	-2,4701	283	283	284	-1,7881
86	87	88	0,1962	185	185	186	3,9871	284	284	285	-4,2209
87	88	89	-5,1958	186	186	187	1,5380	285	261	286	1,0145
88	88	90	2,9240	187	187	188	2,3987	286	286	287	-1,4762
89	90	91	0,5067	188	187	189	-5,6811	287	287	288	2,5552
90	91	92	-1,9046	189	187	190	2,3884	288	288	289	-2,8401
91	92	93	-4,3430	190	190	191	-0,0058	289	289	290	2,4841
92	93	94	0,8368	191	191	192	-2,4012	290	288	291	2,9305
93	94	95	-0,8605	192	192	193	-4,8343	291	291	292	0,5057
94	82	95	-5,4255	193	193	194	1,2108	292	292	293	-1,9160
95	94	96	-0,7920	194	194	195	-1,2737	293	293	294	-4,3603
96	96	97	2,4701	195	195	196	2,7742	294	294	295	1,2439
97	97	98	0,0000	196	196	197	0,2955	295	295	296	-1,2439
98	98	99	-2,4701	197	197	198	-2,1857	296	296	297	2,4612
99	99	100	4,7359	198	173	199	0,7600	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

APÊNDICE J - RESULTADOS DO MODELO MATEMÁTICO COM DIFERENTES TIPOS DE POTÊNCIAS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

J.1 SISTEMA TESTE 2

Tabela 167 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 - Caso 1

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,5591	0	0,0000	34	12,0000	1/3	95,3794	67	11,8514	0	0,0000
2	11,7082	0	0,0000	35	11,9231	0	0,0000	68	12,0000	1/3	80,3857
3	12,0000	1/4	104,2513	36	12,0000	1/3	98,7062	69	11,8959	0	0,0000
4	11,9193	0	0,0000	37	11,7224	0	0,0000	70	12,0000	1/2	50,1806
5	12,0000	1/3	95,4371	38	11,5960	0	0,0000	71	11,7444	0	0,0000
6	11,7493	0	0,0000	39	11,6192	0	0,0000	72	12,0000	1/2	63,0691
7	11,6610	0	0,0000	40	11,7922	0	0,0000	73	11,9252	0	0,0000
8	11,7273	0	0,0000	41	12,0000	1/3	93,0220	74	12,0000	1/3	98,2396
9	12,0000	1/3	87,7324	42	12,0000	1/1	57,7408	75	11,7324	0	0,0000
10	11,9361	0	0,0000	43	11,8330	0	0,0000	76	11,6120	0	0,0000
11	12,0000	1/1	43,9255	44	11,8422	0	0,0000	77	11,6373	0	0,0000
12	11,8932	0	0,0000	45	12,0000	1/3	76,3538	78	11,8084	0	0,0000
13	12,0000	1/3	100,7458	46	11,9252	0	0,0000	79	12,0000	1/1	61,8212
14	11,8259	0	0,0000	47	12,0000	1/3	96,3722	80	12,0000	1/1	61,8212
15	11,7448	0	0,0000	48	11,7418	0	0,0000	81	12,0000	1/3	84,8555
16	11,8026	0	0,0000	49	11,6309	0	0,0000	82	11,8931	0	0,0000
17	12,0000	1/3	90,9319	50	11,4828	0	0,0000	83	11,8721	0	0,0000
18	11,9009	0	0,0000	51	11,4828	0	0,0000	84	12,0000	1/3	85,1272
19	11,8710	0	0,0000	52	12,0000	1/4	94,3799	85	11,8514	0	0,0000
20	12,0000	1/1	52,4940	53	12,0000	1/1	59,6284	86	11,8514	0	0,0000
21	12,0000	1/3	91,7053	54	11,8514	0	0,0000	87	12,0000	1/1	59,6284
22	11,7542	0	0,0000	55	11,8514	0	0,0000	88	12,0000	1/1	61,3792
23	11,6726	0	0,0000	56	12,0000	1/1	59,6284	89	11,8426	0	0,0000
24	11,7542	0	0,0000	57	12,0000	1/2	62,0494	90	11,6918	0	0,0000
25	12,0000	1/4	103,7310	58	11,8392	0	0,0000	91	12,0000	1/3	101,5357
26	11,9019	0	0,0000	59	12,0000	1/1	56,7078	92	11,7789	0	0,0000
27	12,0000	1/1	59,5760	60	11,6637	0	0,0000	93	11,7055	0	0,0000
28	11,8304	0	0,0000	61	12,0000	1/1	60,4602	94	11,7789	0	0,0000
29	11,8304	0	0,0000	62	11,9039	0	0,0000	95	12,0000	1/4	88,9855
30	12,0000	1/3	97,0217	63	11,7737	0	0,0000	96	11,9252	0	0,0000
31	11,7853	0	0,0000	64	11,8128	0	0,0000	97	12,0000	1/4	103,9648
32	11,7395	0	0,0000	65	12,0000	1/3	96,9527	98	11,8117	0	0,0000
33	11,6436	0	0,0000	66	11,8514	0	0,0000	99	11,8117	0	0,0000

Fin.

Fonte: Própria da autora

Tabela 168 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 - Caso 1

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4071	34	34	35	1,2423	67	67	68	-2,4684
2	2	3	-4,8505	35	35	36	-1,2423	68	68	69	1,7292
3	3	4	1,3455	36	36	37	4,4847	69	69	70	-1,6817
4	4	5	-1,6232	37	37	38	2,0420	70	69	71	2,4475

continua.

Tabela 168 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
5	5	6	3,8379	38	38	39	-0,3748	71	69	72	-1,5131
6	6	7	1,3836	39	39	40	-2,7948	72	72	73	1,2425
7	7	8	-1,0377	40	40	41	-5,2475	73	73	74	-1,2425
8	8	9	-3,4866	41	41	42	0,0000	74	74	75	4,4452
9	9	10	1,3278	42	42	43	2,3130	75	75	76	2,0000
10	10	11	-1,1636	43	43	44	-0,1528	76	76	77	-0,4203
11	4	12	0,4727	44	44	45	-2,6213	77	77	78	-2,8422
12	12	13	-2,0075	45	45	46	1,2425	78	78	79	-2,6537
13	13	14	3,9150	46	46	47	-1,2425	79	78	80	-2,6537
14	14	15	1,4261	47	47	48	4,2890	80	62	81	-1,7473
15	15	16	-1,0211	48	48	49	1,8422	81	81	82	2,8280
16	16	17	-3,4859	49	49	50	2,3926	82	82	83	0,3488
17	17	18	1,6010	50	49	51	2,3926	83	83	84	-2,1246
18	18	19	0,5992	51	49	52	-5,3648	84	84	85	2,4684
19	19	20	-1,8750	52	52	53	0,0000	85	85	86	0,0000
20	18	21	-1,4769	53	53	54	2,4684	86	86	87	-2,4684
21	21	22	3,6632	54	54	55	0,0000	87	87	88	0,0000
22	22	23	1,2161	55	55	56	-2,4684	88	88	89	2,6146
23	23	24	-1,2161	56	56	57	0,0000	89	89	90	2,4362
24	24	25	-3,6632	57	57	58	2,6711	90	89	91	-2,2878
25	25	26	2,4773	58	58	59	-2,2271	91	91	92	3,6728
26	25	27	0,0000	59	58	60	2,4307	92	92	93	1,2193
27	27	28	2,4651	60	42	61	0,0000	93	93	94	-1,2193
28	28	29	0,0000	61	61	62	2,5423	94	94	95	-3,6728
29	29	30	-2,4651	62	62	63	1,8033	95	95	96	1,2425
30	30	31	3,1206	63	63	64	-0,6495	96	96	97	-1,2425
31	31	32	0,6657	64	64	65	-3,1096	97	97	98	2,4614
32	32	33	2,4217	65	65	66	2,4684	98	97	99	2,4614
33	32	34	-4,2084	66	66	67	0,0000				

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 169 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 2 - Caso 2

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0,0000	34	11,7727	0	0,0000	67	11,8514	0	0,0000
2	12,0000	1/3	114,0402	35	11,6972	0	0,0000	68	11,8514	0	0,0000
3	11,7270	0	0,0000	36	11,7727	0	0,0000	69	12,0000	1/3	118,8643
4	11,6010	0	0,0000	37	12,0000	1/1	74,0532	70	11,8472	0	0,0000
5	11,4936	0	0,0000	38	12,0000	1/1	44,9039	71	11,8472	0	0,0000
6	11,5093	0	0,0000	39	11,9231	0	0,0000	72	12,0000	1/1	74,0790
7	11,6773	0	0,0000	40	12,0000	1/1	72,4019	73	11,7789	0	0,0000
8	12,0000	1/3	116,6614	41	11,9093	0	0,0000	74	11,7055	0	0,0000
9	11,8317	0	0,0000	42	11,9165	0	0,0000	75	11,7789	0	0,0000
10	11,8468	0	0,0000	43	12,0000	1/1	58,7731	76	12,0000	1/1	74,0790
11	12,0000	1/1	63,3907	44	11,9252	0	0,0000	77	12,0000	1/1	62,0494
12	11,7375	0	0,0000	45	12,0000	1/2	74,5349	78	11,8392	0	0,0000
13	12,0000	1/3	105,7790	46	11,8514	0	0,0000	79	12,0000	1/1	56,7078
14	11,9378	0	0,0000	47	11,8514	0	0,0000	80	11,6637	0	0,0000
15	12,0000	1/1	73,6591	48	12,0000	1/3	106,2924	81	11,7384	0	0,0000
16	11,8557	0	0,0000	49	11,7659	0	0,0000	82	11,7823	0	0,0000
17	11,8516	0	0,0000	50	11,6161	0	0,0000	83	12,0000	1/3	117,4699
18	12,0000	1/3	117,1324	51	11,6161	0	0,0000	84	11,7789	0	0,0000
19	11,7574	0	0,0000	52	12,0000	1/3	114,9101	85	11,7055	0	0,0000
20	11,5912	0	0,0000	53	11,7789	0	0,0000	86	11,7789	0	0,0000
21	12,0000	1/1	73,9762	54	11,7055	0	0,0000	87	12,0000	1/3	109,0441
22	11,7542	0	0,0000	55	11,7789	0	0,0000	88	11,8246	0	0,0000
23	11,6726	0	0,0000	56	12,0000	1/3	116,1636	89	11,7975	0	0,0000

continua.

Tabela 169 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)
24	11,7542	0	0,0000	57	11,7889	0	0,0000	90	12,0000	1/1	69,2474
25	12,0000	1/3	118,6242	58	11,7256	0	0,0000	91	11,7106	0	0,0000
26	11,9019	0	0,0000	59	11,5517	0	0,0000	92	11,7814	0	0,0000
27	11,9146	0	0,0000	60	12,0000	1/2	75,5809	93	12,0000	1/1	73,5726
28	12,0000	1/1	59,7865	61	12,0000	1/3	108,7504	94	12,0000	1/1	59,6284
29	11,9146	0	0,0000	62	11,8091	0	0,0000	95	11,8514	0	0,0000
30	12,0000	1/1	59,7865	63	11,7151	0	0,0000	96	11,8514	0	0,0000
31	11,9146	0	0,0000	64	11,7836	0	0,0000	97	12,0000	1/3	118,6867
32	12,0000	1/3	118,7012	65	12,0000	1/1	73,1298	98	11,8117	0	0,0000
33	11,9019	0	0,0000	66	12,0000	1/1	59,6284	99	11,8117	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 170 - Corrente nas linhas para o sistema teste 2 - Caso 2

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4685	34	34	35	1,2197	67	67	68	0,0000
2	2	3	4,5349	35	35	36	-1,2197	68	68	69	-2,4684
3	3	4	2,0930	36	36	37	-3,6721	69	69	70	2,4685
4	4	5	2,1523	37	37	38	0,0000	70	69	71	2,4685
5	5	6	-0,2401	38	38	39	1,2423	71	69	72	0,0000
6	6	7	-2,6415	39	39	40	-1,2423	72	72	73	3,6728
7	7	8	-5,0739	40	40	41	2,2904	73	73	74	1,2193
8	8	9	2,1494	41	41	42	-0,1905	74	74	75	-1,2193
9	9	10	-0,3133	42	42	43	-1,1565	75	75	76	-3,6728
10	10	11	-2,7855	43	43	44	1,2425	76	76	77	0,0000
11	4	12	-2,4818	44	44	45	-1,2425	77	77	78	2,6711
12	12	13	-4,9250	45	45	46	2,4684	78	78	79	-2,2271
13	13	14	1,3915	46	46	47	0,0000	79	78	80	2,4307
14	14	15	-1,0951	47	47	48	-2,4684	80	62	81	1,2855
15	15	16	2,5405	48	48	49	3,8887	81	81	82	-1,1614
16	16	17	0,0722	49	49	50	2,4200	82	82	83	-3,6163
17	17	18	-2,3974	50	49	51	2,4200	83	83	84	3,6728
18	18	19	4,8617	51	49	52	-3,4026	84	84	85	1,2193
19	19	20	2,4157	52	52	53	3,6728	85	85	86	-1,2193
20	18	21	0,0000	53	53	54	1,2193	86	86	87	-3,6728
21	21	22	3,6632	54	54	55	-1,2193	87	87	88	2,9136
22	22	23	1,2161	55	55	56	-3,6728	88	88	89	0,4502
23	23	24	-1,2161	56	56	57	3,5066	89	89	90	-3,2714
24	24	25	-3,6632	57	57	58	1,0515	90	89	91	1,2631
25	25	26	2,4773	58	58	59	2,4086	91	91	92	-1,1761
26	25	27	1,2413	59	58	60	-3,8006	92	92	93	-3,6312
27	27	28	-1,2413	60	42	61	-1,5182	93	93	94	0,0000
28	28	29	1,2413	61	61	62	5,0503	94	94	95	2,4684
29	29	30	-1,2413	62	62	63	1,3019	95	95	96	0,0000
30	30	31	1,2413	63	63	64	-1,1379	96	96	97	-2,4684
31	31	32	-1,2413	64	64	65	-3,5947	97	97	98	2,4614
32	32	33	2,4773	65	65	66	0,0000	98	97	99	2,4614
33	32	34	3,6721	66	66	67	2,4684				

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 171 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 -
Caso 1

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)
1	12,0000	1/3	77,5249	100	11,8204	0	0,0000	199	11,9016	0	0,0000
2	11,7548	0	0,0000	101	11,7891	0	0,0000	200	12,0000	1/3	92,0362
3	11,6638	0	0,0000	102	11,9057	0	0,0000	201	11,8542	0	0,0000
4	11,7191	0	0,0000	103	12,0000	1/2	48,2750	202	11,7072	0	0,0000
5	12,0000	1/3	97,5854	104	12,0000	1/2	48,2750	203	11,6985	0	0,0000
6	12,0000	1/3	85,1449	105	12,0000	1/4	90,5266	204	11,8204	0	0,0000
7	11,7075	0	0,0000	106	11,7789	0	0,0000	205	12,0000	1/3	86,9708
8	11,5703	0	0,0000	107	11,7055	0	0,0000	206	12,0000	1/1	59,9117
9	11,5902	0	0,0000	108	11,7789	0	0,0000	207	12,0000	1/3	89,5858
10	11,7187	0	0,0000	109	12,0000	1/4	88,9855	208	11,6925	0	0,0000
11	12,0000	1/3	91,3220	110	11,9252	0	0,0000	209	11,5359	0	0,0000
12	11,5940	0	0,0000	111	12,0000	1/4	103,9648	210	11,5281	0	0,0000
13	11,6016	0	0,0000	112	11,8117	0	0,0000	211	11,6690	0	0,0000
14	11,7161	0	0,0000	113	11,8117	0	0,0000	212	11,5285	0	0,0000
15	12,0000	1/3	90,0131	114	11,8214	0	0,0000	213	12,0000	1/3	97,9229
16	12,0000	1/3	79,8401	115	11,8164	0	0,0000	214	11,7587	0	0,0000
17	11,7643	0	0,0000	116	12,0000	1/1	62,0310	215	12,0000	1/4	91,6769
18	11,6588	0	0,0000	117	12,0000	1/2	59,6179	216	11,9231	0	0,0000
19	11,7316	0	0,0000	118	11,8472	0	0,0000	217	12,0000	1/4	92,7236
20	12,0000	1/3	76,8220	119	11,8472	0	0,0000	218	11,7533	0	0,0000
21	11,6098	0	0,0000	120	12,0000	1/4	88,4248	219	11,6581	0	0,0000
22	11,7230	0	0,0000	121	11,8514	0	0,0000	220	12,0000	1/3	98,1493
23	12,0000	1/3	79,5565	122	11,7087	0	0,0000	221	11,5015	0	0,0000
24	12,0000	1/1	54,9383	123	12,0000	1/2	60,5014	222	11,5019	0	0,0000
25	11,8606	0	0,0000	124	11,8493	0	0,0000	223	11,5023	0	0,0000
26	12,0000	1/3	72,2866	125	12,0000	1/4	59,2150	224	11,6675	0	0,0000
27	11,6452	0	0,0000	126	12,0000	1/4	81,9150	225	12,0000	1/3	87,9922
28	11,5967	0	0,0000	127	11,7321	0	0,0000	226	12,0000	1/3	88,6674
29	11,7144	0	0,0000	128	11,6156	0	0,0000	227	11,8066	0	0,0000
30	12,0000	1/3	79,8173	129	11,6489	0	0,0000	228	11,6604	0	0,0000
31	12,0000	1/1	57,9272	130	11,5046	0	0,0000	229	12,0000	1/1	60,3658
32	11,8399	0	0,0000	131	12,0000	1/4	99,9896	230	11,9042	0	0,0000
33	11,7431	0	0,0000	132	11,6181	0	0,0000	231	12,0000	1/3	96,5044
34	12,0000	1/3	90,6481	133	11,7355	0	0,0000	232	11,7944	0	0,0000
35	11,8472	0	0,0000	134	12,0000	1/4	97,6387	233	11,7199	0	0,0000
36	11,8472	0	0,0000	135	11,9252	0	0,0000	234	11,7756	0	0,0000
37	12,0000	1/3	99,4184	136	12,0000	1/4	92,3202	235	12,0000	1/3	101,1728
38	11,7946	0	0,0000	137	11,7621	0	0,0000	236	11,6835	0	0,0000
39	11,7414	0	0,0000	138	11,6718	0	0,0000	237	12,0000	1/2	59,6179
40	11,8397	0	0,0000	139	11,5232	0	0,0000	238	11,8472	0	0,0000
41	12,0000	1/3	78,6388	140	12,0000	1/4	93,6047	239	11,8472	0	0,0000
42	12,0000	1/3	87,7349	141	11,5363	0	0,0000	240	12,0000	1/2	59,6179
43	11,8330	0	0,0000	142	11,5625	0	0,0000	241	12,0000	1/2	56,5972
44	11,8422	0	0,0000	143	11,7092	0	0,0000	242	11,8628	0	0,0000
45	12,0000	1/1	61,4473	144	12,0000	1/3	93,3946	243	11,8733	0	0,0000
46	12,0000	1/3	78,3456	145	11,7976	0	0,0000	244	12,0000	1/2	62,7430
47	11,7575	0	0,0000	146	11,8777	0	0,0000	245	11,8086	0	0,0000
48	11,6624	0	0,0000	147	12,0000	1/2	58,4386	246	11,8360	0	0,0000
49	11,7136	0	0,0000	148	12,0000	1/3	89,5858	247	11,8478	0	0,0000
50	12,0000	1/3	85,5074	149	11,6925	0	0,0000	248	12,0000	1/3	85,8625
51	11,5644	0	0,0000	150	11,5359	0	0,0000	249	11,8880	0	0,0000
52	11,7875	0	0,0000	151	11,5281	0	0,0000	250	11,7950	0	0,0000
53	12,0000	1/3	87,2668	152	11,6690	0	0,0000	251	12,0000	1/2	65,5244
54	11,9252	0	0,0000	153	12,0000	1/3	97,9229	252	11,8475	0	0,0000
55	12,0000	1/3	98,9310	154	11,5285	0	0,0000	253	12,0000	1/2	59,5583
56	11,7290	0	0,0000	155	11,7587	0	0,0000	254	12,0000	1/4	82,8738
57	11,6051	0	0,0000	156	12,0000	1/4	76,7730	255	11,7272	0	0,0000
58	11,6267	0	0,0000	157	12,0000	1/3	81,9150	256	11,6056	0	0,0000
59	12,0000	1/3	92,0131	158	11,7321	0	0,0000	257	11,6338	0	0,0000
60	11,4543	0	0,0000	159	11,6156	0	0,0000	258	11,7526	0	0,0000
61	11,8624	0	0,0000	160	11,6489	0	0,0000	259	12,0000	1/3	93,9241
62	11,8614	0	0,0000	161	11,5046	0	0,0000	260	12,0000	1/2	65,7629
63	11,8559	0	0,0000	162	12,0000	1/3	99,9896	261	12,0000	1/3	84,6938
64	12,0000	1/2	58,7287	163	11,6181	0	0,0000	262	11,7988	0	0,0000
65	12,0000	1/4	85,8612	164	11,7355	0	0,0000	263	11,7353	0	0,0000
66	11,7198	0	0,0000	165	12,0000	1/3	97,6387	264	11,7785	0	0,0000
67	11,5865	0	0,0000	166	11,9252	0	0,0000	265	12,0000	1/3	100,2556
68	11,5986	0	0,0000	167	12,0000	1/3	85,6567	266	11,6863	0	0,0000
69	11,7561	0	0,0000	168	11,7956	0	0,0000	267	11,8232	0	0,0000
70	12,0000	1/3	77,2669	169	11,7391	0	0,0000	268	12,0000	1/3	79,1750
71	11,6064	0	0,0000	170	11,8428	0	0,0000	269	11,9231	0	0,0000
72	12,0000	1/4	87,4468	171	12,0000	1/3	77,6933	270	12,0000	1/2	59,8078
73	11,9252	0	0,0000	172	12,0000	1/4	90,0088	271	11,9231	0	0,0000

continua.

Tabela 171 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)
74	12,0000	1/3	74,5349	173	11,8948	0	0,0000	272	12,0000	1/1	60,1818
75	11,8514	0	0,0000	174	11,8730	0	0,0000	273	12,0000	1/2	59,6284
76	11,8514	0	0,0000	175	12,0000	1/4	69,5118	274	11,8514	0	0,0000
77	12,0000	1/1	59,6284	176	11,9231	0	0,0000	275	11,9168	0	0,0000
78	12,0000	1/3	89,1104	177	12,0000	1/4	86,6460	276	12,0000	1/3	101,6503
79	11,8221	0	0,0000	178	11,7846	0	0,0000	277	11,7134	0	0,0000
80	11,8221	0	0,0000	179	11,7212	0	0,0000	278	11,5417	0	0,0000
81	12,0000	1/1	60,2264	180	11,5802	0	0,0000	279	11,5479	0	0,0000
82	12,0000	1/3	91,0860	181	12,0000	1/4	87,2006	280	11,7320	0	0,0000
83	12,0000	1/1	61,1519	182	11,6633	0	0,0000	281	12,0000	1/3	75,6079
84	12,0000	1/2	59,5760	183	11,7558	0	0,0000	282	11,5621	0	0,0000
85	11,8304	0	0,0000	184	12,0000	1/4	77,3201	283	12,0000	1/3	87,3784
86	11,8304	0	0,0000	185	12,0000	1/4	66,9662	284	11,9040	0	0,0000
87	12,0000	1/2	59,5760	186	11,8093	0	0,0000	285	12,0000	1/1	44,8800
88	12,0000	1/4	74,6612	187	11,7708	0	0,0000	286	11,9442	0	0,0000
89	11,9061	0	0,0000	188	11,6250	0	0,0000	287	12,0000	1/4	72,5180
90	11,9167	0	0,0000	189	12,0000	1/3	75,6782	288	11,8577	0	0,0000
91	12,0000	1/3	99,9206	190	11,8001	0	0,0000	289	11,8878	0	0,0000
92	11,6924	0	0,0000	191	12,0000	1/2	64,8685	290	12,0000	1/2	65,5660
93	11,5445	0	0,0000	192	12,0000	1/2	66,8226	291	11,8524	0	0,0000
94	11,5604	0	0,0000	193	11,7889	0	0,0000	292	12,0000	1/4	102,6593
95	11,7198	0	0,0000	194	11,7467	0	0,0000	293	11,7727	0	0,0000
96	11,5613	0	0,0000	195	11,8667	0	0,0000	294	11,6972	0	0,0000
97	11,7073	0	0,0000	196	12,0000	1/4	97,5322	295	11,7727	0	0,0000
98	12,0000	1/3	88,3536	197	11,9478	0	0,0000	296	12,0000	1/4	103,5772
99	12,0000	1/2	65,7907	198	12,0000	1/1	44,0203	297	11,8096	0	0,0000

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 172 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Caso 1

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	3,9612	100	100	101	0,5199	199	199	200	-2,6032
2	2	3	1,5116	101	101	102	-1,9369	200	200	201	2,5669
3	3	4	-0,9186	102	102	103	-1,5234	201	201	202	2,5880
4	4	5	-5,6293	103	102	104	-1,5234	202	202	203	0,1532
5	5	6	0,0000	104	102	105	-1,3706	203	203	204	-2,2871
6	6	7	4,5991	105	105	106	3,6728	204	204	205	-4,7513
7	7	8	2,1572	106	106	107	1,2193	205	201	206	-2,4923
8	8	9	-0,2542	107	107	108	-1,2193	206	206	207	0,0000
9	9	10	-2,6660	108	108	109	-3,6728	207	207	208	4,9677
10	10	11	-5,1145	109	109	110	1,2425	208	208	209	2,5299
11	4	12	2,2745	110	110	111	-1,2425	209	209	210	0,1260
12	12	13	-0,1426	111	111	112	2,4614	210	210	211	-2,2763
13	13	14	-2,5615	112	111	113	2,4614	211	211	212	2,4017
14	14	15	-4,9982	113	83	114	2,5959	212	211	213	-5,6581
15	15	16	0,0000	114	114	115	0,1323	213	211	214	-1,4491
16	16	17	4,1496	115	115	116	-2,6686	214	214	215	-3,8982
17	17	18	1,7044	116	116	117	0,0000	215	215	216	1,2423
18	18	19	-1,4589	117	117	118	2,4685	216	216	217	-1,2423
19	19	20	-3,9012	118	118	119	0,0000	217	217	218	3,9855
20	18	21	0,7303	119	119	120	-2,4685	218	218	219	1,5380
21	21	22	-1,6870	120	120	121	2,4006	219	219	220	-5,6794
22	22	23	-4,1282	121	121	122	2,4393	220	219	221	2,3945
23	23	24	0,0000	122	121	123	-2,5402	221	219	222	2,3884
24	24	25	2,0775	123	121	124	0,0339	222	222	223	-0,0058
25	25	26	-3,5202	124	124	125	-2,4346	223	223	224	-2,4012
26	25	27	3,1308	125	125	126	0,0000	224	224	225	-4,8328
27	27	28	0,7049	126	126	127	4,3279	225	225	226	0,0000
28	28	29	-1,7108	127	127	128	1,8821	226	226	227	4,8838
29	29	30	-4,1512	128	128	129	-0,5380	227	227	228	2,4286

continua.

Tabela 172 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
30	30	31	0,0000	129	129	130	2,3970	228	200	229	0,0000
31	31	32	2,3270	130	129	131	-5,8322	229	229	230	2,5344
32	32	33	2,4444	131	129	132	0,4709	230	230	231	-1,6866
33	32	34	-2,5864	132	132	133	-1,9502	231	231	232	3,8574
34	34	35	2,4685	133	133	134	-4,3937	232	232	233	1,3977
35	35	36	0,0000	134	134	135	1,2425	233	233	234	-1,0450
36	36	37	-2,4685	135	135	136	-1,2425	234	234	235	-5,9365
37	37	38	3,3183	136	136	137	3,9518	235	234	236	2,4365
38	38	39	0,8595	137	137	138	1,5000	236	231	237	0,0000
39	39	40	-1,5880	138	138	139	2,4006	237	237	238	2,4685
40	40	41	-4,0480	139	138	140	-5,3021	238	238	239	0,0000
41	41	42	0,0000	140	138	141	1,9695	239	239	240	-2,4685
42	42	43	2,3130	141	141	142	-0,4352	240	240	241	0,0000
43	43	44	-0,1528	142	142	143	-2,8430	241	241	242	2,2165
44	44	45	-2,6213	143	143	144	-5,2873	242	242	243	-0,2542
45	45	46	0,0000	144	115	145	0,3418	243	243	244	-2,7306
46	46	47	4,0282	145	145	146	-2,1190	244	230	245	1,7382
47	47	48	1,5797	146	146	147	-2,3702	245	245	246	-0,7249
48	48	49	-0,8505	147	147	148	0,0000	246	246	247	-0,2077
49	49	50	-4,6268	148	148	149	4,9677	247	247	248	-2,6796
50	49	51	2,4103	149	149	150	2,5299	248	248	249	1,9718
51	49	52	-1,0741	150	150	151	0,1260	249	249	250	2,4603
52	52	53	-3,5299	151	151	152	-2,2763	250	249	251	-2,9630
53	53	54	1,2425	152	152	153	-5,6581	251	247	252	0,0048
54	54	55	-1,2425	153	152	154	2,4017	252	252	253	-2,4637
55	55	56	4,5017	154	152	155	-1,4491	253	253	254	0,0000
56	56	57	2,0581	155	155	156	-3,8982	254	254	255	4,4071
57	57	58	-0,3588	156	156	157	0,0000	255	255	256	1,9645
58	58	59	-5,1704	157	157	158	4,3279	256	256	257	-0,4556
59	58	60	2,3878	158	158	159	1,8821	257	257	258	-2,8765
60	42	61	2,5018	159	159	160	-0,5380	258	258	259	-5,3319
61	61	62	0,0265	160	160	161	2,3970	259	246	260	-2,9818
62	62	63	0,0762	161	160	162	-5,8322	260	260	261	0,0000
63	63	64	-2,3937	162	160	163	0,4709	261	261	262	3,5423
64	64	65	0,0000	163	163	164	-1,9502	262	262	263	1,4767
65	65	66	4,6545	164	164	165	-4,3937	263	263	264	-0,9664
66	66	67	2,2143	165	165	166	1,2425	264	264	265	-5,8598
67	67	68	-0,2010	166	166	167	-1,2425	265	264	266	2,4392
68	68	69	-2,6163	167	167	168	3,3953	266	262	267	-0,3942
69	69	70	-3,9402	168	168	169	0,9385	267	267	268	-2,8562
70	69	71	2,4184	169	169	170	-1,5073	268	268	269	1,2423
71	69	72	-3,5451	170	170	171	-3,9697	269	269	270	-1,2423
72	72	73	1,2425	171	146	172	-2,2236	270	270	271	1,2423
73	73	74	-1,2425	172	172	173	2,7831	271	271	272	-1,2423
74	74	75	2,4684	173	173	174	0,4225	272	272	273	0,0000
75	75	76	0,0000	174	174	175	-2,0517	273	273	274	2,4684
76	76	77	-2,4684	175	175	176	1,2423	274	272	275	1,2722
77	77	78	0,0000	176	176	177	-1,2423	275	275	276	-1,2093
78	78	79	2,4640	177	177	178	3,4798	276	276	277	4,7608
79	78	80	2,4640	178	178	179	1,0242	277	277	278	2,3203
80	62	81	-2,5200	179	179	180	2,4103	278	278	279	-0,0838
81	81	82	0,0000	180	179	181	-4,7658	279	279	280	-2,4878
82	83	84	0,0000	181	179	182	0,9354	280	280	281	-3,8014
83	84	85	2,4651	182	182	183	-1,4943	281	280	282	2,4099
84	85	86	0,0000	183	183	184	-3,9451	282	280	283	-3,5403

continua.

Tabela 172 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
85	86	87	-2,4651	184	184	185	0,0000	283	283	284	1,2403
86	87	88	0,0000	185	185	186	3,0808	284	284	285	-1,2403
87	88	89	2,4841	186	186	187	0,6220	285	261	286	1,0145
88	88	90	1,2414	187	187	188	2,4219	286	286	287	-1,4762
89	90	91	-1,2414	188	187	189	-3,8073	287	287	288	2,0683
90	91	92	4,5842	189	187	190	-0,4480	288	288	289	-0,4863
91	92	93	2,1497	190	190	191	-2,9055	289	289	290	-2,9683
92	93	94	-0,2569	191	191	192	0,0000	290	288	291	0,0856
93	94	95	-2,6478	192	192	193	3,0683	291	291	292	-2,3845
94	82	95	5,0945	193	193	194	0,6134	292	292	293	3,6721
95	94	96	-0,0138	194	194	195	-1,8349	293	293	294	1,2197
96	96	97	-2,4252	195	195	196	-4,3000	294	294	295	-1,2197
97	97	98	-4,8621	196	196	197	1,3182	295	295	296	-3,6721
98	98	99	0,0000	197	197	198	-1,1678	296	296	297	2,4599
99	99	100	2,9834	198	173	199	-0,1236	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 173 - Tensão, nós de alocação, potência mínima a ser gerada para o sistema teste 3 - Caso 2

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)
1	11,8472	0	0,0000	100	12,0000	1/3	102,5226	199	12,0000	1/3	103,2935
2	12,0000	1/4	105,3791	101	11,7848	0	0,0000	200	12,0000	1/3	83,2314
3	11,7704	0	0,0000	102	11,7174	0	0,0000	201	11,7482	0	0,0000
4	11,6885	0	0,0000	103	11,5682	0	0,0000	202	11,6981	0	0,0000
5	11,7540	0	0,0000	104	12,0000	1/3	84,7618	203	11,7862	0	0,0000
6	12,0000	1/3	117,4049	105	11,6602	0	0,0000	204	12,0000	1/3	107,8732
7	11,7759	0	0,0000	106	11,7564	0	0,0000	205	11,9061	0	0,0000
8	11,7080	0	0,0000	107	12,0000	1/3	93,4680	206	11,6836	0	0,0000
9	11,8154	0	0,0000	108	11,9252	0	0,0000	207	11,7659	0	0,0000
10	12,0000	1/3	105,6606	109	12,0000	1/3	87,9494	208	12,0000	1/3	75,3659
11	11,8640	0	0,0000	110	11,7841	0	0,0000	209	12,0000	1/4	76,7730
12	11,6752	0	0,0000	111	11,7159	0	0,0000	210	11,7587	0	0,0000
13	11,7921	0	0,0000	112	11,5320	0	0,0000	211	11,6690	0	0,0000
14	12,0000	1/3	115,4318	113	12,0000	1/2	74,5372	212	12,0000	1/3	97,9229
15	11,8598	0	0,0000	114	11,5384	0	0,0000	213	11,5285	0	0,0000
16	11,8598	0	0,0000	115	11,5484	0	0,0000	214	11,5281	0	0,0000
17	12,0000	1/3	82,8434	116	11,7066	0	0,0000	215	11,5359	0	0,0000
18	11,8803	0	0,0000	117	12,0000	1/3	86,8577	216	11,6925	0	0,0000
19	12,0000	1/3	88,3687	118	12,0000	1/4	59,6179	217	12,0000	1/3	89,5858
20	11,8304	0	0,0000	119	11,8472	0	0,0000	218	12,0000	1/1	67,8967
21	11,7557	0	0,0000	120	11,8472	0	0,0000	219	11,8045	0	0,0000
22	11,7954	0	0,0000	121	12,0000	1/3	118,8958	220	12,0000	1/1	68,9795
23	12,0000	1/3	106,0955	122	11,8556	0	0,0000	221	11,6459	0	0,0000
24	11,7792	0	0,0000	123	11,8556	0	0,0000	222	11,7050	0	0,0000
25	11,7230	0	0,0000	124	12,0000	1/4	93,3095	223	11,7682	0	0,0000
26	11,6271	0	0,0000	125	11,6733	0	0,0000	224	12,0000	1/3	95,2004
27	12,0000	1/4	122,2704	126	11,4972	0	0,0000	225	11,8580	0	0,0000
28	11,7480	0	0,0000	127	11,4695	0	0,0000	226	11,8860	0	0,0000
29	11,6644	0	0,0000	128	11,5896	0	0,0000	227	12,0000	1/3	94,2205
30	11,7480	0	0,0000	129	11,8593	0	0,0000	228	11,8514	0	0,0000
31	12,0000	1/3	98,2818	130	12,0000	1/1	58,0423	229	12,0000	1/3	80,8472
32	11,8605	0	0,0000	131	12,0000	1/1	58,0423	230	11,8397	0	0,0000
33	12,0000	1/1	72,3152	132	12,0000	1/2	70,7350	231	11,6984	0	0,0000
34	11,6696	0	0,0000	133	11,9252	0	0,0000	232	11,6312	0	0,0000
35	11,6292	0	0,0000	134	12,0000	1/4	108,7890	233	11,6932	0	0,0000
36	11,7389	0	0,0000	135	11,6795	0	0,0000	234	11,8851	0	0,0000
37	12,0000	1/3	95,5031	136	11,5055	0	0,0000	235	12,0000	1/2	66,4486
38	11,9231	0	0,0000	137	11,4758	0	0,0000	236	12,0000	1/2	66,4486
39	12,0000	1/3	103,3264	138	11,5901	0	0,0000	237	11,7733	0	0,0000
40	11,6985	0	0,0000	139	11,4424	0	0,0000	238	12,0000	1/2	73,9411
41	11,6024	0	0,0000	140	12,0000	1/3	109,4466	239	12,0000	1/1	70,1588
42	11,6018	0	0,0000	141	11,5952	0	0,0000	240	11,7928	0	0,0000

continua.

Tabela 173 - (Continuação da tabela da página anterior)

Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)	Nó	Tensão(V)	Nós com alocação/Tipo	Potência mínima a ser gerada(W)
43	11,7387	0	0,0000	142	11,7452	0	0,0000	241	11,7377	0	0,0000
44	12,0000	1/3	96,9919	143	12,0000	1/3	118,9153	242	11,8340	0	0,0000
45	11,9252	0	0,0000	144	11,8640	0	0,0000	243	12,0000	1/3	107,9650
46	12,0000	1/3	93,2521	145	11,5689	0	0,0000	244	11,8850	0	0,0000
47	11,7575	0	0,0000	146	11,6742	0	0,0000	245	11,8792	0	0,0000
48	11,6624	0	0,0000	147	12,0000	1/4	105,7562	246	12,0000	1/3	109,1120
49	11,7136	0	0,0000	148	12,0000	1/2	74,0533	247	11,8070	0	0,0000
50	11,5644	0	0,0000	149	11,7727	0	0,0000	248	11,8335	0	0,0000
51	12,0000	1/3	85,5074	150	11,6972	0	0,0000	249	12,0000	1/4	124,7220
52	11,7875	0	0,0000	151	11,7727	0	0,0000	250	11,9061	0	0,0000
53	12,0000	1/1	72,3602	152	12,0000	1/4	103,6921	251	11,9061	0	0,0000
54	12,0000	1/4	83,3330	153	11,8556	0	0,0000	252	11,7199	0	0,0000
55	11,7324	0	0,0000	154	12,0000	1/1	30,0000	253	11,7839	0	0,0000
56	11,6120	0	0,0000	155	12,0000	1/2	44,9039	254	12,0000	1/4	124,7460
57	11,6373	0	0,0000	156	11,9231	0	0,0000	255	11,7272	0	0,0000
58	11,8084	0	0,0000	157	12,0000	1/3	92,4656	256	11,6056	0	0,0000
59	12,0000	1/1	61,8212	158	11,7546	0	0,0000	257	11,6338	0	0,0000
60	12,0000	1/1	61,8212	159	11,6608	0	0,0000	258	11,7526	0	0,0000
61	11,6298	0	0,0000	160	11,7174	0	0,0000	259	12,0000	1/3	93,9241
62	11,7407	0	0,0000	161	11,5723	0	0,0000	260	12,0000	1/2	72,3916
63	12,0000	1/3	102,7048	162	12,0000	1/3	86,3249	261	11,8663	0	0,0000
64	11,8514	0	0,0000	163	11,7876	0	0,0000	262	11,6683	0	0,0000
65	11,8514	0	0,0000	164	12,0000	1/3	87,2516	263	11,7205	0	0,0000
66	12,0000	1/3	107,9740	165	11,9252	0	0,0000	264	11,8840	0	0,0000
67	11,7575	0	0,0000	166	12,0000	1/3	90,4567	265	12,0000	1/1	66,7908
68	11,6624	0	0,0000	167	11,7715	0	0,0000	266	12,0000	1/1	66,7908
69	11,7136	0	0,0000	168	11,6906	0	0,0000	267	11,5276	0	0,0000
70	12,0000	1/3	85,5074	169	11,7564	0	0,0000	268	11,5356	0	0,0000
71	11,5644	0	0,0000	170	12,0000	1/3	102,2507	269	11,6924	0	0,0000
72	11,7875	0	0,0000	171	11,9019	0	0,0000	270	12,0000	1/3	119,5300
73	12,0000	1/3	116,4392	172	11,6138	0	0,0000	271	11,8457	0	0,0000
74	11,7789	0	0,0000	173	11,6638	0	0,0000	272	11,8441	0	0,0000
75	11,7055	0	0,0000	174	11,5422	0	0,0000	273	11,8479	0	0,0000
76	11,7789	0	0,0000	175	11,5452	0	0,0000	274	12,0000	1/1	60,3155
77	12,0000	1/3	106,1284	176	11,6972	0	0,0000	275	12,0000	1/3	88,9316
78	11,8392	0	0,0000	177	12,0000	1/3	103,5908	276	11,8262	0	0,0000
79	12,0000	1/1	56,7078	178	11,9231	0	0,0000	277	11,8224	0	0,0000
80	11,6637	0	0,0000	179	12,0000	1/3	119,0855	278	12,0000	1/3	95,1436
81	11,8390	0	0,0000	180	11,8556	0	0,0000	279	11,7761	0	0,0000
82	12,0000	1/3	111,8776	181	11,8556	0	0,0000	280	11,7336	0	0,0000
83	11,6854	0	0,0000	182	11,9231	0	0,0000	281	12,0000	1/2	75,3401
84	12,0000	1/3	84,8664	183	12,0000	1/3	88,9571	282	11,5637	0	0,0000
85	12,0000	1/1	73,4876	184	11,7727	0	0,0000	283	11,7714	0	0,0000
86	11,7507	0	0,0000	185	11,6972	0	0,0000	284	12,0000	1/1	65,4360
87	11,6698	0	0,0000	186	11,7727	0	0,0000	285	12,0000	1/4	30,0000
88	11,7561	0	0,0000	187	12,0000	1/3	104,1426	286	12,0000	1/2	78,4010
89	12,0000	1/3	107,3364	188	12,0000	1/1	30,0000	287	11,9393	0	0,0000
90	11,5723	0	0,0000	189	12,0000	1/1	30,0000	288	12,0000	1/3	113,7631
91	11,5502	0	0,0000	190	11,8361	0	0,0000	289	11,6993	0	0,0000
92	11,6896	0	0,0000	191	11,8333	0	0,0000	290	11,6078	0	0,0000
93	12,0000	1/3	112,7112	192	12,0000	1/4	120,2724	291	11,9231	0	0,0000
94	11,8526	0	0,0000	193	11,6492	0	0,0000	292	12,0000	1/2	74,5218
95	11,8586	0	0,0000	194	11,4653	0	0,0000	293	11,8472	0	0,0000
96	11,8520	0	0,0000	195	11,4468	0	0,0000	294	11,8472	0	0,0000
97	12,0000	1/3	89,1383	196	11,5119	0	0,0000	295	12,0000	1/2	76,1660
98	11,8514	0	0,0000	197	11,6899	0	0,0000	296	11,9146	0	0,0000
99	11,8514	0	0,0000	198	12,0000	1/3	113,2192	297	12,0000	1/1	43,2384

Fim.

Fonte: Própria da autora

Tabela 174 - Corrente nas linhas para o sistema teste 3 através do B&B - Caso 2

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
1	1	2	-2,4685	100	100	101	3,5748	199	199	200	0,0000
2	2	3	3,8140	101	101	102	1,1196	200	200	201	4,4331
3	3	4	1,3605	102	102	103	2,4103	201	201	202	0,8820
4	4	5	-1,3126	103	102	104	-4,5654	202	202	203	-1,5511
5	5	6	-3,7615	104	102	105	0,8314	203	203	204	-4,0113
6	6	7	3,5236	105	105	106	-1,5980	204	204	205	2,4841

continua.

Tabela 174 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
7	7	8	1,0676	106	106	107	-4,0465	205	201	206	1,1043
8	8	9	-1,3716	107	107	108	1,2425	206	206	207	-1,3296
9	9	10	-3,8299	108	108	109	-1,2425	207	207	208	-3,7819
10	10	11	2,4727	109	109	110	3,5864	208	208	209	0,0000
11	4	12	0,2418	110	110	111	1,1329	209	209	210	3,8982
12	12	13	-2,1932	111	111	112	2,4039	210	210	211	1,4491
13	13	14	-4,6510	112	111	113	-3,7137	211	211	212	-5,6581
14	14	15	2,4683	113	83	114	2,1366	212	211	213	2,4017
15	15	16	0,0000	114	114	115	-0,2646	213	211	214	2,2763
16	16	17	-2,4683	115	115	116	-2,2994	214	214	215	-0,1260
17	17	18	1,9338	116	116	117	-4,7399	215	215	216	-2,5299
18	18	19	-2,3988	117	117	118	0,0000	216	216	217	-4,9677
19	19	20	2,4651	118	118	119	2,4685	217	217	218	0,0000
20	18	21	1,8569	119	119	120	0,0000	218	218	219	3,1583
21	21	22	-0,5917	120	120	121	-2,4685	219	219	220	-3,2475
22	22	23	-3,0492	121	121	122	2,4684	220	219	221	2,4251
23	23	24	3,2906	122	121	123	2,4684	221	219	222	1,5214
24	24	25	0,8376	123	121	124	0,0000	222	222	223	-0,9186
25	25	26	2,4217	124	124	125	5,2779	223	223	224	-3,3692
26	25	27	-4,0262	125	125	126	2,8449	224	224	225	2,0640
27	27	28	3,6628	126	126	127	0,4475	225	225	226	-0,4070
28	28	29	1,2151	127	127	128	-1,9402	226	226	227	-2,8788
29	29	30	-1,2151	128	128	129	-4,3570	227	227	228	2,4684
30	30	31	-3,6628	129	129	130	-2,3372	228	200	229	0,0000
31	31	32	2,0276	130	129	131	-2,3372	229	229	230	4,2407
32	32	33	-3,5227	131	129	132	-2,1514	230	230	231	2,4877
33	32	34	3,0840	132	132	133	1,2425	231	231	232	1,2608
34	34	35	0,6527	133	133	134	-1,2425	232	232	233	-1,1632
35	35	36	-1,7722	134	134	135	5,3239	233	233	234	-3,6004
36	36	37	-4,2181	135	135	136	2,8904	234	234	235	-3,0397
37	37	38	1,2423	136	136	137	0,4934	235	234	236	-3,0397
38	38	39	-1,2423	137	137	138	-1,8987	236	231	237	-1,2100
39	39	40	4,8708	138	138	139	2,3861	237	237	238	-3,6624
40	40	41	2,4268	139	138	140	-6,6220	238	238	239	0,0000
41	41	42	0,0159	140	138	141	-0,0741	239	239	240	3,3473
42	42	43	-1,8961	141	141	142	-2,4917	240	240	241	0,8901
43	43	44	-4,3405	142	142	143	-4,9380	241	241	242	-1,5557
44	44	45	1,2425	143	143	144	2,4727	242	242	243	-4,0194
45	45	46	-1,2425	144	115	145	-0,3727	243	243	244	2,4784
46	46	47	4,0282	145	145	146	-2,7857	244	230	245	-0,7182
47	47	48	1,5797	146	146	147	-6,3140	245	245	246	-3,1958
48	48	49	-0,8505	147	147	148	0,0000	246	246	247	3,3979
49	49	50	2,4103	148	148	149	3,6721	247	247	248	-0,4665
50	49	51	-4,6268	149	149	150	1,2197	248	248	249	-2,9313
51	49	52	-1,0741	150	150	151	-1,2197	249	249	250	2,4841
52	52	53	-3,5299	151	151	152	-3,6721	250	249	251	2,4841
53	53	54	0,0000	152	152	153	2,4684	251	247	252	1,4071
54	54	55	4,4452	153	152	154	0,0000	252	252	253	-1,0339
55	55	56	2,0000	154	152	155	0,0000	253	253	254	-3,4911
56	56	57	-0,4203	155	155	156	1,2423	254	254	255	4,4071
57	57	58	-2,8422	156	156	157	-1,2423	255	255	256	1,9645
58	58	59	-2,6537	157	157	158	3,9645	256	256	257	-0,4556
59	58	60	-2,6537	158	158	159	1,5153	257	257	258	-2,8765
60	42	61	-0,5091	159	159	160	-0,9144	258	258	259	-5,3319
61	61	62	-2,9339	160	160	161	2,4103	259	246	260	0,0000

continua.

Tabela 174 - (Continuação da tabela da página anterior)

Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)	Linha	De	Para	Corrente(A)
62	62	63	-3,5914	161	160	162	-4,6944	260	260	261	3,5370
63	63	64	2,4684	162	160	163	-1,0734	261	261	262	3,4859
64	64	65	0,0000	163	163	164	-3,5282	262	262	263	-1,2140
65	65	66	-2,4684	164	164	165	1,2425	263	263	264	-3,6577
66	66	67	4,0282	165	165	166	-1,2425	264	264	265	-3,0688
67	67	68	1,5797	166	166	167	3,7957	265	264	266	-3,0688
68	68	69	-0,8505	167	167	168	1,3439	266	262	267	2,2730
69	69	70	-4,6268	168	168	169	-1,0930	267	267	268	-0,1292
70	69	71	2,4103	169	169	170	-3,5407	268	268	269	-2,5331
71	69	72	-1,0741	170	170	171	2,4773	269	269	270	-4,9693
72	72	73	-3,5299	171	146	172	1,0982	270	270	271	2,4927
73	73	74	3,6728	172	172	173	-1,3228	271	271	272	0,0258
74	74	75	1,2193	173	173	174	2,3566	272	272	273	-0,0581
75	75	76	-1,2193	174	174	175	-0,0485	273	273	274	-2,5266
76	76	77	-3,6728	175	175	176	-2,4556	274	272	275	-2,3838
77	77	78	2,6711	176	176	177	-4,8918	275	275	276	2,5262
78	78	79	-2,2271	177	177	178	1,2423	276	276	277	0,0631
79	78	80	2,4307	178	178	179	-1,2423	277	277	278	-2,4000
80	62	81	-1,7873	179	179	180	2,4684	278	278	279	3,0257
81	81	82	-4,2593	180	179	181	2,4684	279	279	280	0,5743
82	83	84	-4,5727	181	179	182	1,2423	280	280	281	-3,7787
83	84	85	0,0000	182	182	183	-1,2423	281	280	282	2,4099
84	85	86	3,6235	183	183	184	3,6721	282	280	283	-0,4993
85	86	87	1,1759	184	184	185	1,2197	283	283	284	-2,9535
86	87	88	-1,2544	185	185	186	-1,2197	284	284	285	0,0000
87	88	89	-6,4524	186	186	187	-3,6721	285	261	286	-2,4309
88	88	90	2,7392	187	187	188	0,0000	286	286	287	1,6058
89	90	91	0,3294	188	187	189	0,0000	287	287	288	-0,8823
90	91	92	-2,0775	189	187	190	2,5061	288	288	289	4,8578
91	92	93	-4,5116	190	190	191	0,0407	289	289	290	2,4206
92	93	94	2,3813	191	191	192	-2,4230	290	288	291	1,2423
93	94	95	-0,0997	192	192	193	5,0988	291	291	292	-1,2423
94	82	95	2,5709	193	193	194	2,6730	292	292	293	2,4685
95	94	96	0,0092	194	194	195	0,2829	293	293	294	0,0000
96	96	97	-2,4585	195	195	196	-2,1000	294	294	295	-2,4685
97	97	98	2,4684	196	196	197	-4,4949	295	295	296	1,3796
98	98	99	0,0000	197	197	198	-6,9374	296	296	297	-1,1034
99	99	100	-2,4684	198	173	199	-6,1127	297			

Fim.

Fonte: Própria da autora

ANEXO A - DADOS TÉCNICOS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Figura 88 - Dados técnicos dos painéis fotovoltaicos.

Av. das Américas, 20.007 - Bloco 2 - Salas 105 a 108
Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
CEP: 22270-051

Phone: +55 21 3724.3900
Telefax: +55 21 3724.3711
www.kyocerasolar.com.br

Características dos módulos Kyocera linha KD:

A avançada tecnologia de processamento de célula e a produção automatizada da Kyocera tem produzido módulos policristalinos de alta eficiência.

As células são encapsuladas entre camadas de vidro temperado como cobertura, acetato de vinil etilênico e polivinil fluorídrico como fundo, para dar a máxima proteção contra as severas condições ambientais.

O laminado resultante é encapsulado em uma moldura de alumínio anodizado que oferece uma estrutura mais rígida e de fácil instalação. A eficiência de conversão das células é acima de 16%.

© 2008 Kyocera Solar do Brasil. Todos os direitos reservados.

MODELOS	KD2100X-LP	KD1355X-UPU	SM-83KSM	SM-63KSM	SM-48KSM	SM-42KSM
Máxima Potência	210W	135W	83W	63W	48W	42W
Tolerância	+5%/-5%	+5%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%
Máxima Voltagem do Sistema	600V	600V	600V	600V	600V	600V
Voltagem de Máxima Potência	26.4V	17.7V	16.5V	16.5V	16.6V	16.5V
Corrente de Máxima Potência	7.90A	7.63A	5.07A	3.82A	2.97A	2.55A
Voltagem de Circuito Aberto	33.2V	22.1V	19.7V	19.7V	22.1V	19.7V
Corrente de Curto Circuito	8.58A	8.37A	5.78A	4.34A	3.87A	2.87A
Altura	1500mm	1500mm	920mm	715mm	560mm	505mm
Largura	790mm	668mm	680mm	680mm	680mm	680mm
Espessura	34mm	44mm	38mm	38mm	38mm	38mm
Peso	18,5kg	12,5kg	8,4kg	6,2kg	4,9kg	4,2kg
Garantia	20 Anos	20 Anos	20 Anos	20 Anos	20 Anos	20 Anos
Conexões	Caixa Conector	Caixa de Junção	Caixa de Junção	Caixa de Junção	Caixa de Junção	Caixa de Junção

NOTA: As especificações técnicas estão sob condições de teste de irradiância de 1.000W/m², espectro de 1.5 da Massa de ar e temperatura de célula de 25°. Todos os Módulos produzidos pela Kyocera atendem as normas IEC e Inmetro. A Kyocera reserva o direito de modificar estas especificações sem a previa notificação. A garantia oferecida é específica para a perda de potência dos módulos.

Aplicações

- Eletrificação rural.
- Eletrificação de comunidades em áreas remotas.
- Sistemas de iluminação pública e residencial.
- Sistemas de purificação de água.
- Sistemas de bombeamento de água.

- Sistemas de proteção catódica.
- Sistemas de monitoração e alarme.
- Sistemas conectados a rede.
- Sistemas de sinalização náutica, torres, estradas, ferrovias, balizamento e semafórica.

- Estações repetidoras de rádios.
- Luzes de obstrução aérea.
- Telefones via satélite e de emergência - "Call box".
- Monitoramento de sistemas: qualidades de água, meio-ambiente, gasoduto, etc.

Fonte: <http://www.kyocerasolar.com.br/>