UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DIEGO RIBEIRO DE OLIVEIRA

ANÁLISE DOS IMPACTOS DA ALTA INSERÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA NA PROTEÇÃO DE SOBRECORRENTE TEMPORIZADA NA REDE DE BAIXA TENSÃO E 342 NÓS DO IEEE

VITÓRIA – ES
ABRIL/2019

DIEGO RIBEIRO DE OLIVEIRA

ANÁLISE DOS IMPACTOS DA ALTA INSERÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA NA PROTEÇÃO DE SOBRECORRENTE TEMPORIZADA NA REDE DE BAIXA TENSÃO E 342 NÓS DO IEEE

Projeto de Graduação do aluno **Diego Ribeiro de Oliveira**, apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de engenheiro eletricista.

Orientador: Prof. D. Sc. Oureste Elias Batista

VITÓRIA – ES
ABRIL/2019

DIEGO RIBEIRO DE OLIVEIRA

ANÁLISE DOS IMPACTOS DA ALTA INSERÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA NA PROTEÇÃO DE SOBRECORRENTE TEMPORIZADA NA REDE DE BAIXA TENSÃO E 342 NÓS DO IEEE

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. D. Sc. Oureste Elias Batista
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. D. Sc. Lucas Frizera Encarnação
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

Prof. M. Sc. Murillo Cobe Vargas
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

VITÓRIA – ES
ABRIL/2019

RESUMO

As matrizes elétricas mundiais são formadas majoritariamente por grandes polos geradores de energia conectados à rede elétrica, onde as fontes mais utilizadas são as nucleares, hidráulicas e termoelétricas. Entretanto, há alguns anos, vem ocorrendo no mundo uma mudança, no sentido de buscar inserir cada vez mais geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis nas matrizes elétricas. Com essa mudança, tornou-se possível a implementação de pequenos geradores de energia elétrica no sistema, por se tratar de processos e fontes mais acessíveis a pequenos consumidores, como o solar e o eólico, onde não se faz necessário estruturas muito robustas para a geração de energia elétrica. Atualmente, o número de pequenos geradores vem crescendo e esses se encontram inseridos nas redes de distribuição próximo aos consumidores. Esse tipo de geração é normalmente conhecido pelo termo geração distribuída (GD). Devido a essa tendência de aumento de GD, espera-se uma mudança no fluxo de carga das redes elétricas. Dessa forma esse trabalho visa analisar quais possíveis impactos que uma elevada penetração de geradores distribuídos fotovoltaica (GDFV) no sistema elétrico pode causar nas correntes da rede e, consequentemente, nos dispositivos de proteção (DP) de sobrecorrente em regime permanente, pois esses DP's já se encontram nas redes e estão ajustados para uma realidade atual. Para um correto ajuste dos DP's é necessário saber a corrente de carga do trecho que se deseja proteger na rede. De acordo com os resultados obtidos nesse estudo as correntes de carga podem chegar a ter uma redução de 72,28% que é uma redução significativa, o que impacta na sensibilidade dos DP's de sobrecorrente. Foi escolhido o GDFV pois representa a grande maioria dos sistemas de GD no Brasil. O estudo foi feito por meio de uma simulação utilizando o software Simulink®/MATLAB®, utilizando o modelo de rede de distribuição 342-Node Low Voltage Network Test System fornecido pelo IEEE que é uma rede de baixa tensão subterrânea em malha, e um modelo simplificado de GDFV para regime permanente.

ABSTRACT

The world's electrical matrixes are formed mainly by large power-generating poles connected to the grid, where the most used sources are nuclear, hydroelectric and thermoelectric. However, a few years ago, there has been a change in the world, in the sense of seeking to insert more and more electricity generation through renewable sources in the electric matrices. With this change, it became possible to implement small electric power generators in the system, since these are processes and sources that are more accessible to small consumers, such as solar and wind power, where there is no need for very robust structures for generation of electricity. Currently, the number of small generators is increasing and these are inserted in the networks of distribution close to the consumers. This type of generation is commonly known by the term distributed generation (DG). Due to this increasing trend of DG, a change in the load flow of the electric networks is expected. In this way, this work aims at analyzing the possible impacts that a high penetration of photovoltaic distributed generators (PVDG) in the electrical system can cause in the network currents and, consequently, in the permanent overcurrent protection devices (PD), since these PD's already are in the networks and are adjusted to a current reality. For a correct adjustment of the PD's it is necessary to know the load current of the section that is to be protected in the network. According to the results obtained in this study, the load currents may have a reduction of 72.28%, which is a significant reduction, which impacts on the sensitivity of the PD overcurrent. PVDG was chosen because it represents the great majority of DG systems in Brazil. The study was done using a simulation using Simulink® / MATLAB® software, using the IEEE-supplied 342-Node Low Voltage Network Test System and a simplified PVDG steady-state model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de uma RBTS real. 18
Figura 2 – Curva de atuação do relé de tempo definido. 20
Figura 3 – Curvas de atuação do relés temporizados NI, MI e EI 21
Figura 4 – Curva de atuação dos relés Instantâneos 21
Figura 5 – Curva característica do relé 50/51 22
Figura 6 – Diagrama do sistema do IEEE 342- *Node Low Voltage Network Test System* 25
Figura 7 – Modelo da linha 27
Figura 8 – Tensão medida no caso base nos pontos S1, S6, S11, S16, S21 28
Figura 9 – Tensão medida no caso base nos pontos S42, S47, S52, S57, S62 28
Figura 10 – Tensão medida no caso base nos pontos S83, S88, S93, S98, S103 28
Figura 11– Tensão medida no caso base nos pontos S124, S129, S134, S139, S144 29
Figura 12 – Tensões mapeadas ao longo da rede secundária fornecida por [5] 30
Figura 13 – Modelo do GFV utilizado 31
Figura 14 – Modelo do GFV utilizado com alta impedância em paralelo a fonte de corrente 33
Figura 15 – Resultado da medição para o GFV no ponto S21 33
Figura 16 – Resultado da medição para o GFV no ponto S224 34
Figura 17 – Ajuste de potência para a carga de alta impedância em paralelo com a fonte de corrente do GFV 34
Figura 18 – Caso 1 36
Figura 19 – Caso 2 36
Figura 20 – Caso 3 37
Figura 21 – Caso 4 37
Figura 22 – Caso 5 38
Figura 23 – Caso 6 38
Figura 24 – Caso 7 39
Figura 25 – Caso 9 39
Figura 26 – Caso 10 40
Figura 27 – Caso 11 40
Figura 28 – Caso 12 42
Figura 29 – Caso 13 42
Figura 30 – Caso 14 43

Figura 31 – Caso 15 42
Figura 32 – Caso 16 43
Figura 33 – Caso 17 43
Figura 34 – Caso 18 44
Figura 35 – Caso 19 44
Figura 36 – Caso 20 45
Figura 37 – Caso 21 45
Figura 38 – Caso 22 46
Figura 39 – Caso 23 46
Figura 40 – Caso 24 47
Figura 41 – Primeira faixa de medição 48
Figura 42 – Segunda faixa de medição 49
Figura 43 – Terceira faixa de medição 49
Figura 44 – Trecho da rede estudada com marcações de zona 81
Figura 45 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 1 da figura 42 82
Figura 46 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 2 da figura 42 83
Figura 47 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 3 da figura 42 84
Figura 48 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 4 da figura 42 85
Figura 49 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 5 da figura 42 86
Figura 50 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 6 da figura 42 87
Figura 51 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 7 da figura 42 88
Figura 52 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 8 da figura 42 89
Figura 53 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 9 da figura 42 90
Figura 54 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 10 da figura 42 91
Figura 55 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 11 da figura 42 92
Figura 56 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 12 da figura 42 93
Figura 57 – Parte da rede simulada no simulink, fonte de alimentação e entrada da rede primária 94

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Fase A da primeira faixa de medição 54
Gráfico 2 – Fase B da primeira faixa de medição 55
Gráfico 3 – Fase C da primeira faixa de medição 55
Gráfico 4 – Fase A da segunda faixa de medição 57
Gráfico 5 – Fase B da segunda faixa de medição 58
Gráfico 6 – Fase C da segunda faixa de medição 58
Gráfico 7 – Fase A da terceira faixa de medição 60
Gráfico 8 – Fase B da terceira faixa de medição. 61
Gráfico 9 – Fase C da terceira faixa de medição 61
Gráfico 10 – Corrente no ponto P12 em função da potência total dos GDFV's 65
Gráfico 11 – Corrente no ponto P28 em função da potência total dos GDFV's 65
Gráfico 12 – Corrente no ponto P46 em função da potência total dos GDFV's 66
Gráfico 13 – Corrente no ponto P63 em função da potência total dos GDFV's 66
Gráfico 14 – Corrente no ponto P82 em função da potência total dos GDFV's 67
Gráfico 15 – Corrente no ponto P98 em função da potência total dos GDFV's 67
Gráfico 16 – Corrente no ponto P118 em função da potência total dos GDFV's 68
Gráfico 17 – Corrente no ponto P135 em função da potência total dos GDFV's 68
Gráfico 18 – Corrente no ponto P141 em função da potência total dos GDFV's 69
Gráfico 19 – Corrente no ponto P123 em função da potência total dos GDFV's 69
Gráfico 20 – Corrente no ponto P103 em função da potência total dos GDFV's 70
Gráfico 21 – Corrente no ponto P88 em função da potência total dos GDFV's 70
Gráfico 22 – Corrente no ponto P68 em função da potência total dos GDFV's 71
Gráfico 23 – Corrente no ponto P51 em função da potência total dos GDFV's 71
Gráfico 24 – Corrente no ponto P33 em função da potência total dos GDFV's 72
Gráfico 25 – Corrente no ponto P15 em função da potência total dos GDFV's 72
Gráfico 26 – Corrente no ponto P143 em função da potência total dos GDFV's 73
Gráfico 27 – Corrente no ponto P127 em função da potência total dos GDFV's 73
Gráfico 28 – Corrente no ponto P108 em função da potência total dos GDFV's 74
Gráfico 29 – Corrente no ponto P93 em função da potência total dos GDFV's 74
Gráfico 30 – Corrente no ponto P75 em função da potência total dos GDFV's 75
Gráfico 31 – Corrente no ponto P57 em função da potência total dos GDFV's 75
Gráfico 32 – Corrente no ponto P37 em função da potência total dos GDFV's 76

Gráfico 33 – Corrente no ponto P20 em função da potência total dos GDFV’s 76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Erro percentual de VPAC e QS para simulações do *power PV array 3500W* e modelo proposto 31
Tabela 2 – Tempos de simulação do modelo com power PV array 3500W e modelo simplificado do GFV 32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados das linhas da rede 26
Quadro 2 – Dados dos cabos das linhas da rede 26
Quadro 3 – Espaçamento entre os condutores das linhas da rede 26
Quadro 4 – Tensõs medidas nos pontos selecionados 29
Quadro 5 – Resumo dos parâmetros das linhas 53
Quadro 6 – Resumo dos resultados da simulação para primeira faixa de medição 56
Quadro 7 – Resumo dos resultados da simulação para segunda faixa de medição 59
Quadro 8 – Resumo dos resultados da simulação para terceira faixa de medição 62
Quadro 9 – Potênca por caso 64
Quadro 10 – Dados dos transformadores da rede simulada 95
Quadro 11 – Dados dos trechos de linhas da rede simulada 97
Quadro 12 – Dados das cargas da rede simulada 108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI	*American National Standards Institute*
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
DG	*Distributed generation*
DP	Dispositivo de Proteção
EI	Extremamente inversa
GD	Geração Distribuída
GDFV	Geração Distribuída Fotovoltaica
GFV	Gerador Fotovoltaico
IEEE	*Institute of Electrical and Electronic Enginners*
IPST	*The International Conference on Power Systems Transients*
MPPT	*Maximum Power Point Tracking*
MPP	*Maximum Power Point*
NI	Normalmente inversa
MI	Muio inversa
PD	*Protection devices*
PVDG	*Photovoltaic distributed generators*
RBTS	Rede de Baixa Tensão Subterrânea
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo

LISTA DE SÍMBOLOS

$AB1$	Distância entre as fases A e B na rede primária
$AC1$	Distância entre as fases A e C na rede primária
$BC1$	Distância entre as fases B e C na rede primária
$AB1T$	Distância entre as fases A e B no trecho de transmissão
$AC1T$	Distância entre as fases A e C no trecho de transmissão
$BC1T$	Distância entre as fases B e C no trecho de transmissão
$AB25$	Distância entre as fases A e B na rede secundária de 277V
$AC25$	Distância entre as fases A e C na rede secundária de 277V
$BC25$	Distância entre as fases B e C na rede secundária de 277V
$AB26$	Distância entre as fases A e B na rede secundária de 120V
$AC26$	Distância entre as fases A e C na rede secundária de 120V
$BC26$	Distância entre as fases B e C na rede secundária de 120V
$DMG1$	Distância média geométrico da linha na rede primária
$DMG1T$	Distância média geométrico da linha no trecho de transmissão
$DMG25$	Distância média geométrico da linha na rede secundária de 277V
$DMG26$	Distância média geométrico da linha na rede secundária de 120V
FPk	Corrente Alternada
$GMR1_{cabo}$	Raio médio geométrico dos cabos na rede primária
$GMR1T_{cabo}$	Raio médio geométrico dos cabos no trecho de transmissão
$GMR25_{cabo}$	Raio médio geométrico dos cabos na rede secundária de 277V
$GMR26_{cabo}$	Raio médio geométrico dos cabos na rede secundária de 120V
$I_{carga\text{-}max}$	Corrente de carga máxima da rede
$I_{\text{deseq-}max}$	Corrente de carga máxima da rede
$I_{\phi\phi}$	Corrente de falta Fase-Fase
$I_{\phi T}$	Corrente de falta Fase-Terra
I_{ins}	Corrente de pickup do relé instantâneo
I_{STD}	Corrente de pickup relé de tempo definido
$L1$	Indutância da linha na rede primária
$L1T$	Indutância da linha no trecho de transmissão

$L25$	Indutância da linha na rede secundária de 277V
$L25_{ant}$	Indutância por cada cabo da fase da linha na rede secundária de 277V
$L26$	Indutância da linha na rede secundária de 120V
$L26_{ant}$	Indutância por cada cabo da fase da linha na rede secundária de 120V
$MILHA$	Milha em quilômetro
PE	Pé em quilômetro
$POLEGADA$	Polegada em quilômetros
Pot	Corrente Contínua
Q_s	Potência reativa
$R1$	Resistência da linha na rede primária
$R1_{cabo}$	Resistência do cabo na rede primária
$R1T$	Resistência da linha no trecho de transmissão
$R1T_{cabo}$	Resistência do cabo no trecho de transmissão
$R25$	Resistência da linha na rede secundária de 277V
$R25_{ant}$	Resistência por cada cabo da fase da linha na rede secundária de 277V
$R25_{cabo}$	Resistência do cabo na rede secundária de 277V
$R26$	Resistência da linha na rede secundária de 120V
$R26_{ant}$	Resistência por cada cabo da fase da linha na rede secundária de 120V
$R26_{cabo}$	Resistência do cabo na rede secundária de 120V
$RMG1$	Raio médio geométrico da linha na rede primária
$RMG1T$	Raio médio geométrico da linha no trecho de transmissão
$RMG25$	Raio médio geométrico da linha na rede secundária de 277V
$RMG26$	Raio médio geométrico da linha na rede secundária de 120V
t_{ins}	Tempo de atuação do relé instantâneo
t_{STD}	Tempo de atuação do relé de tempo definido
V_{PAC}	Tensão no ponto PAC

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 Apresentação e Objeto de pesquisa 15
1.2 Justificativa 16
1.3 Objetivos do trabalho 16
1.4 Trabalhos anteriores 17

2 REDE DE BAIXA TENSÃO SUBTERRÂNEA 18
3 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE SOBRECORRENTE 20
4 METODOLOGIA 23
4.1 Rede simulada 23
4.1.1 Características e parâmetros da rede 23
4.1.2 Modelo da Rede 27
4.2 Sistema Fotovoltaico 30
4.3 Simulação 35
4.3.1 Casos simulados 35
4.3.2 Faixas de medição 48
4.3.3 Parâmetros das linhas da rede 50
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 53
5.1 Primeira faixa de medição 54
5.2 Segunda faixa de medição 57
5.3 Terceira faixa de medição 60
5.4 Análise dos resultados 63
5.4.1 Variação da corrente em função da potência total dos GDFV's 63

6 CONCLUSÃO 77
7 BIBLIOGRAFIA 79
APÊNDICE A 81
ANEXO A 95
ANEXO B 97
ANEXO C 108

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação e Objeto de Pesquisa

As fontes de energia renovável vêm ganhando espaço em meio a um mundo no qual o petróleo e o carvão dominam, e as pessoas e governos mundiais vêm percebendo a necessidade de preocupar-se com o meio ambiente devido à grande poluição gerada pelos combustíveis fósseis. Aliado a isso, existe também a preocupação com um eventual fim das reservas mundiais de combustíveis fósseis no futuro, pois não são renováveis [1].

Atualmente, a maior parte da matriz energética mundial ainda é composta por fontes não renováveis, sendo o petróleo, carvão mineral e o gás natural as fontes de maior representatividade. Entretanto elas representam parcelas menores percentualmente nas matrizes energéticas atuais [1].

São exemplos de fontes de energia renováveis as energias potenciais hídricas, eólicas, solar, biomassas, geotérmica e das ondas e marés [1].

Com o avanço da tecnologia ao longo dos anos, sistemas como o eólico e solar, por exemplo, onde a fonte de energia está disponível a todos, foram ganhando popularidade entre pequenos consumidores e assim começou a surgir pequenas estações de geração, que ficaram conhecidas como “geração distribuída” (GD) [2].

Com a inserção das GD’s no sistema elétrico, ocorre uma mudança no fluxo de potência da rede, e consequentemente, as correntes de carga nas linhas de transmissão e distribuição deverão ser um pouco menores. Se com o passar dos anos esse quantitativo de GD’s continuarem aumentando podemos ter grandes mudanças nas correntes de carregamento das linhas e, consequentemente isso pode afetar o correto funcionamento dos dispositivos de proteção (DP) que estão em operação nos sistemas elétricos atuais.

Esse estudo visa simular essa situação, na qual se pode ter muitas GD’s no sistema elétrico e avaliar qual será o impacto sobre as correntes de carregamento das linhas e o impacto sobre os DP’s de sobrecorrente temporizado (elemento 51 da tabela ANSI).

1.2 Justificativa

Tem-se hoje um sistema elétrico já bem desenvolvido com grandes centros consumidores e centrais geradoras onde os DP's já estão instalados e configurados para uma realidade atual. Essa análise foi sugerida prevendo uma futura inserção de uma elevada quantidade de geradores distribuídos fotovoltaicos (GDFV), interligados à rede, em um sistema elétrico.

Nesse possível novo cenário os sistemas elétricos trabalharão sob condições de fluxo de carga e corrente diferentes, sendo assim, faz-se necessário uma análise de como o sistema pode se comportar com a nova configuração e se deverá ser feito algum ajuste nos DP's para que eles possam operar de forma adequada a nova realidade. Se os DP's não estiverem configurados adequadamente, podem ocorrer faltas na rede e esses podem não perceberem esse distúrbio, o que pode acarretar em danos aos equipamentos da rede. Da mesma forma, podem operar quando não devem, o que afeta a confiabilidade do sistema.

Essa linha de estudo da influência dos GDFV's nas redes elétricas foi iniciada nos trabalhos de [3] e [4], onde a análise foi realizada em uma rede de 13 nós e média tensão. Com objetivo de dar continuidade a esse estudo esse trabalho visa fazer uma análise similar, porém em uma rede com mais nós e de baixa tesão na rede secundária.

1.3 Objetivos do Trabalho

- Modelar uma rede de distribuição de energia elétrica para simulação, baseado no *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) *342-Node Low Voltage Network Test System* no software Simulink®/MATLAB®.

- Avaliar os impactos sobre as correntes em regime permanente nos alimentadores do modelo de rede elétrica escolhido para simulação, com a inserção dos GDFV's em diferentes configurações no sistema de baixa tensão.

- Avaliar os impactos sobre os DP's de sobrecorrente temporizado (elemento 51 da tabela ANSI) com a inserção dos GDFV's no sistema elétrico simulado escolhido.

1.4 Trabalhos Anteriores

A seguir é apresentado uma listagem com trabalhos que foram desenvolvidos anteriormente nessa linha de pesquisa.

- Mendes, M. A.; Vargas, M. C.; Batista, O. E.; Simonetti, D. S. L. ***A Reviewon the Methods for Mitigate the Impacts of Photovoltaic Distributed Generation in Power Systems Protection***. In: VII Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE) 2018.

- Vargas, M. C.; Mendes, M. A.; Batista, O. E.; Simonetti, D. S. L. ***A Review on the Protection Elements Required for Distributed Generation in Brazil***. In: VII Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos (SBSE) 2018.

- Vargas, M. C.; Mendes, M. A.; Batista, O. E. ***Impacts of High PV Penetration on Voltage Profile of Distribution Feeders Under Brazilian Electricity Regulation***. In: 13th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON) 2018.

- Vargas, M. C.; Mendes, M. A.; Batista, O. E. ***Faults Location Variability in Power Distribution Networks with High PV Penetration Level***. In: 13th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON) 2018.

- Mendes, M. A.; Vargas, M. C.; Batista, O. E.; Simonetti, D. S. L. ***Proposal of Overcurrent Protection Coordination for the IEEE 34-Node Radial Test Feeder***. In: *The International Conference on Power Systems Transients* (IPST) 2018.

- Vargas, M. C. **Análise dos Impactos das Faltas na Proteção de Sobrecorrente em Redes de Distribuição com Elevada Penetração de Geração Distribuída Fotovoltaica**. Em: Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) 2018.

- Mendes, M. A. **Análise dos Impactos da Alta Inserção de Geração Distribuída Fotovoltaica na Proteção de Sobrecorrente Temporizada**. Em: Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) 2018.

O trabalho a seguir foi submetido em julho de 2018 ao periódico *IEEE Transactions on Energy Conversion*, ISSN:0885-8969, fator Qualis Capes de classificação A1 em Engenharias IV, fator de impacto 3,767.

- Vargas, M. C.; Mendes, M. A.; Batista, O. E.; Rueda-Medina, A. C.; Encarnação, L. F.; Simonetti, D. S. L. ***Simplified PV Generator Model for High DG Penetration Analysis***.

2 REDE DE BAIXA TENSÃO SUBTERRÂNEA

As redes de baixa tesão subterrâneas (RBTS) são usadas em áreas onde há uma alta densidade de carga, e necessitam de uma alta confiabilidade. Elas possuem um custo de implantação maior que as redes aéreas, e justamente por isso são usadas em áreas específicas [5].

As RBTS's são supridas por vários alimentadores primários, por meio de transformadores abaixadores, e comumente possuem vários cabos em paralelo por fase, o que torna o sistema mais confiável [5].

Figura 1 – Imagem de uma RBTS real.

Fonte: [5].

A primeira rede moderna de baixa tensão em CA foi energizada em 1922, pela empresa *United Electric Light & Power Company* de Nova York. Nessa época surgiam as primeiras redes CA, que buscavam alternativas competitivas com as redes CC, que dominavam até então. Devido ao crescimento das redes e o surgimento de novos equipamentos elétricos, as baterias de backup das redes CC conseguiam fornecer apenas 20 minutos de autonomia, o que já não fornecia backup adequado para o sistema [5].

Nas primeiras redes CA havia problemas de confiabilidade, pois as mesmas não possuíam baterias de backup, entretanto, percebeu-se também uma possível economia devido a isso. Foi necessário também construção de dois sistemas, um para iluminação e um para energia de carga, e também se inseriu um elemento complicador a mais, a energia reativa, porém, percebeu-se também que havia vantagem no uso de transformadores no sistema [5]. Os fusíveis também não eram tão confiáveis na época, devido a uma falta de consistência na sua produção [5].

Em 1921 *Puget Sound Power & Light Company* projetou a primeira rede CA subterrânea, onde a rede secundária era alimentada por vários alimentadores primários, com transformadores isolando a rede primária da secundária, e combinava nela o sistema de fornecimento para iluminação e energia de carga, que se tornou possível devido ao surgimento de um dispositivo chamado protetor de rede no lugar de fusíveis [5].

Esses primeiros protetores de rede eram disjuntores de óleo especialmente projetado, que ficava no lado secundário do transformador, e abriria o circuito em caso de energia reversa. Após ser acionado, os protetores deveriam ser fechados manualmente, para que o sistema voltasse a operar normalmente [5].

A rede de 1922 possuía um protetor bem diferente do mencionado acima, ele passou a ser um disjuntor de ar, no lugar de óleo, e agora tinha a capacidade de religar automaticamente o sistema quando a energia voltasse ao normal. Ele permitia também que as empresas desligassem o alimentador quando a carga estivesse baixa [5]. Devido a isso, esse novo modelo de RBTS tornou-se padrão para novas redes [5].

3 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE SOBRECORRENTE

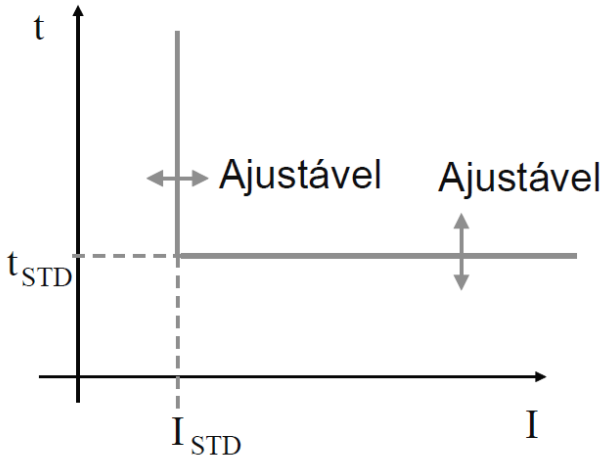
Os DP's de sobrecorrente são dispositivos que são acionados usando apenas a informação da corrente que está sendo medida por ele, e só podem ser acionados quando a corrente ultrapassar uma corrente que foi previamente ajustada no equipamento, conhecida como corrente de *pickup* [6].

Quando a corrente ultrapassa a corrente de *pickup*, os dispositivos podem ser acionados instantaneamente ou com um atraso de tempo. Os elementos de acionamento instantâneo são os elementos 50 (relé de sobrecorrente instantânea) na tabela ANSI, e os elementos de acionamento atrasado no tempo são elementos 51 (relé de sobrecorrente temporizado) na tabela ANSI.

Dentre os relés temporizados, tem-se o relé de tempo definido e relé de tempo inverso, e dentro os relés de tempo inverso tem-se os relés normalmente inverso (NI), muito inverso (MI) e extremamente inverso (EI) [6].

Para os relés de tempo definido, após ter sido feito o ajuste da corrente de *pickup* (I_{STD}) e o tempo de atuação (t_{STD}), ele sempre atuará nesse tempo para qualquer corrente acima da ajustada, conforme a Figura 2.

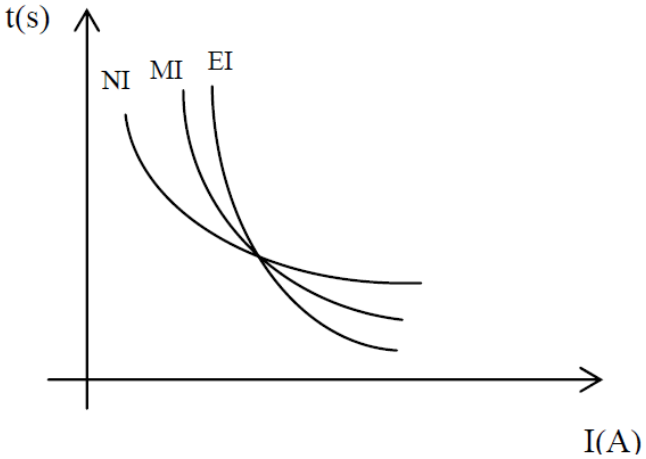
Figura 2 – Curva de atuação do relé de tempo definido.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para os relés de tempo inverso, quanto maior a corrente a partir da corrente de *pickup*, mais rápido ele atuará, conforme a Figura 3.

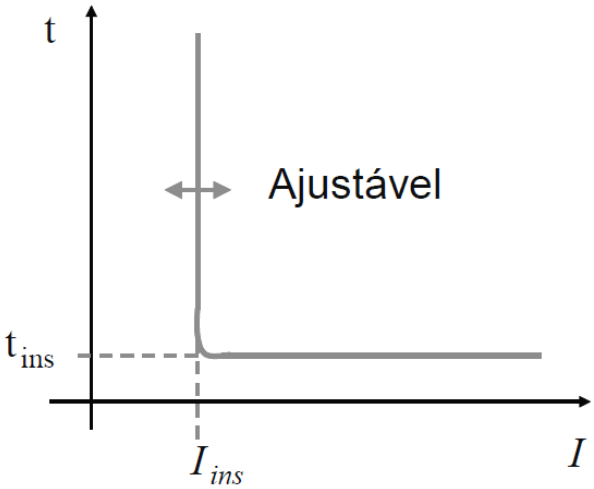
Figura 3 – Curvas de atuação dos relés temporizados NI, MI e EI.



Fonte: [6].

Para os relés de acionamento instantâneo, temos uma curva característica como mostrado na Figura 4, a seguir, sendo I_{ins} a corrente de *pickup* e t_{ins} o tempo de atuação do relé.

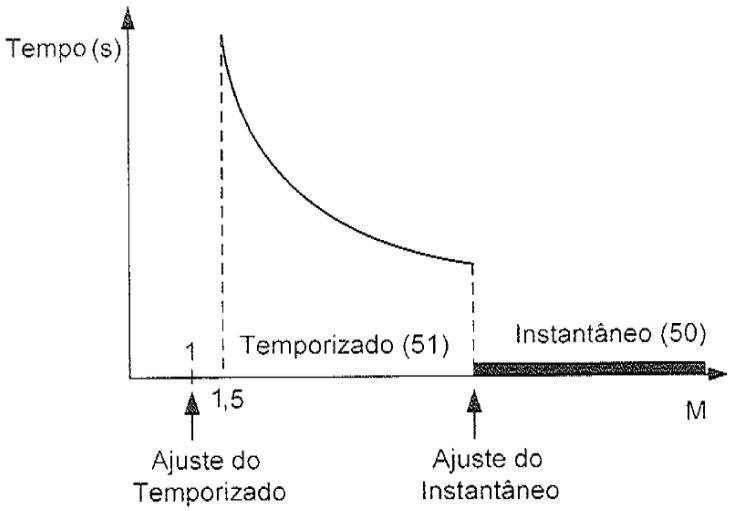
Figura 4 – Curva de atuação dos relés instantâneos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tem-se também dispositivos 50/51 que unem as funções de acionamento instantâneo e temporizado, como mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Curva característica do relé 50/51.



Fonte: [7].

Para um correto funcionamento dos DP's, o ajuste da corrente de *pickup* para proteção da fase, é feito de forma que a corrente de *pickup* seja maior que a máxima corrente de carga do sistema no trecho que deve ser protegido e menor que a menor corrente de falta no trecho, normalmente no final do trecho da linha em uma falta fase-fase [6, 7].

$$I_{carga-max} < I_{pickup} < I_{\phi\phi} \tag{3.1}$$

Para a proteção do neutro deve-se considerar o desequilíbrio admissível do sistema para a corrente de carga, e a corrente de *pickup* deve ser menor que menor corrente de falta em uma falta fase-terra, normalmente no final do trecho da linha [6].

$$I_{deseq-max} < I_{pickup} < I_{\phi T} \tag{3.2}$$

Como pode-se ver, os DP's são ajustados para uma determinada configuração da rede e caso haja alguma mudança significativa no fluxo de carga da rede, os DP's podem não atuar corretamente.

De acordo com [7], a proteção sempre opera com a seguinte filosofia: "Na ocorrência de um defeito no sistema elétrico, a proteção deve abrir o disjuntor o mais rápido possível de modo a

eliminar o curto-circuito e deixar o menor número de consumidores sem energia". Dessa forma é importante manter os DP's sempre ajustados para que operem adequadamente, e caso os dispositivos existentes na rede não sejam capazes de manter a segurança e confiabilidade do sistema, deve-se procurar novas alternativas para a proteção da rede.

4 METODOLOGIA

Como mencionado anteriormente, para fazer a análise proposta, foi modelada uma rede elétrica via software Simulink®/MATLAB®, baseado no sistema do IEEE *342-Node Low Voltage Network Test System*. Essa rede possui 8 alimentadores primários que se interligam a rede secundária de baixa tensão.

A análise foi realizada em alguns pontos desses alimentadores em diferentes configurações com a inserção de GDFV's em pontos variados e com o sistema operando em regime permanente.

4.1 Rede Simulada

4.1.1 Características e parâmetros da rede

A rede simulada do IEEE, é uma rede trifásica desequilibrada com topologia em malha na baixa tensão e do tipo SBTS conforme foi apresentada anteriormente, que possui 192 nós de baixa tensão a 120/208V (S1-S192 em azul), 48 nós de baixa tensão a 277/480V (S193-S240 em verde) e 150 nós na rede primária, desses 144 são de 13.8kV (P5-P6, P9-P150 em vermelho), e 6 são de 230kV (P1-P4, P7-P8), conforme mostra a Figura 6.

O sistema é alimentado a partir do nó P1 por uma fonte trifásica balanceada de 230kV (fase-fase), que se conecta aos dois transformadores abaixadores conectados em delta-delta de 50MVA cada, que ficam entre os nós P4-P5, e P8-P9 e abaixam a tensão para 13.8 kV, que se interliga a rede secundária através de 8 alimentadores primários. A tensão da fonte é regulada para 241.499,84V (fase-fase) pois a rede não possui regulador de tensão.

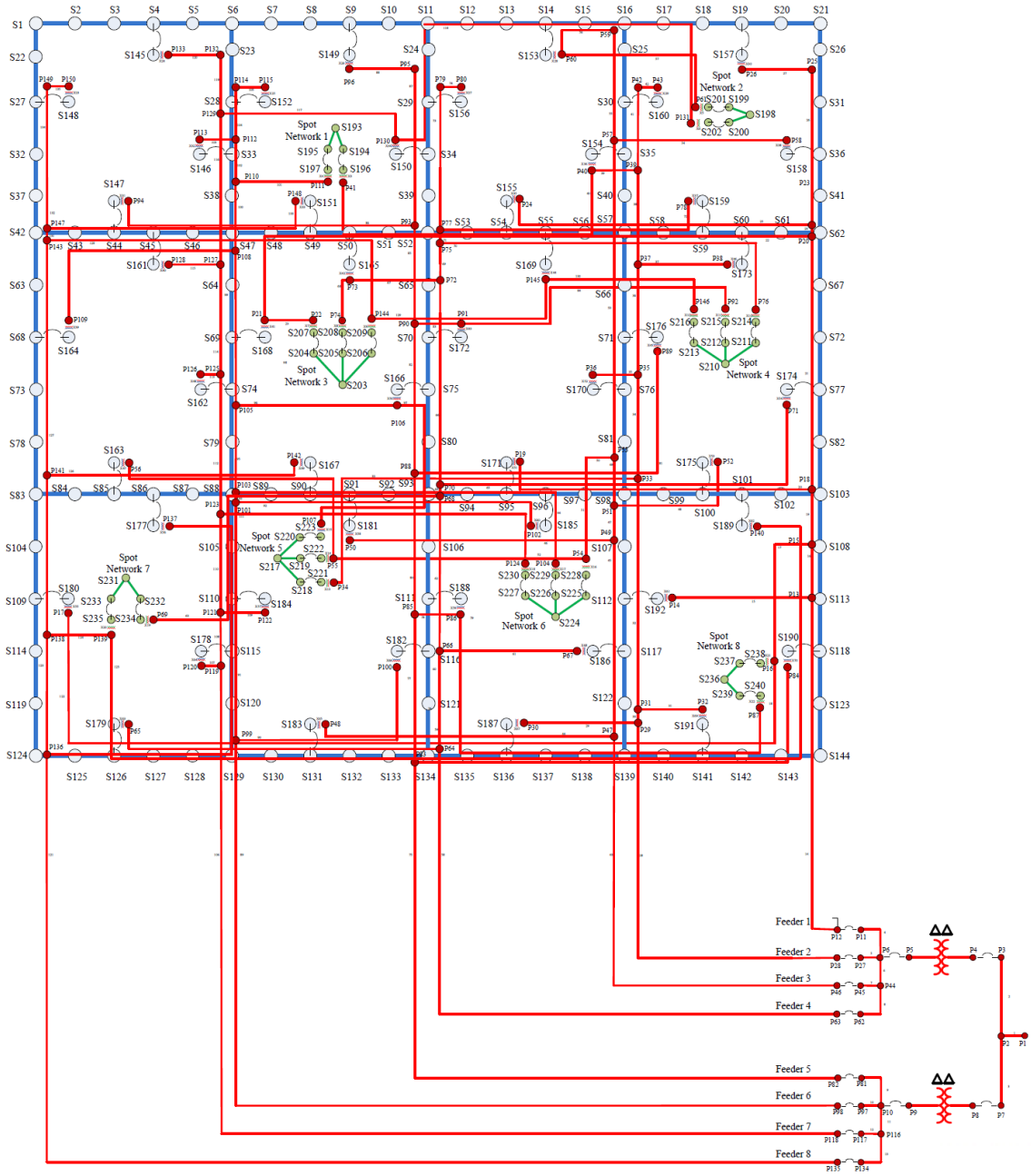
A rede possui um total de 70 transformadores todos abaixadores conectados em delta do lado primário e estrela do lado secundário, com exceção do 1 e 2 que estão conectados em configuração delta-delta e seus parâmetros podem ser consultados no quadro do ANEXO A.
Os trechos de linha da rede primária são compostos por um único cabo. O trecho primário que vai até os transformadores delta-delta entre os nós P4-P5, e P8-P9 é considerado transmissão, e tem o código de configuração “Trans”, os demais trechos primários tem código de configuração “Pri”, como pode ser visto no Quadro 1. Nesse quadro podemos ver também o tipo de cabo e código do espaçamento entre condutores.

No ANEXO A os elementos que tem LineCode igual a “switch” são dispositivos de proteção chamados protetores, a função deles é evitar que a rede forneça energia de volta aos alimentadores primários e devem ter uma resistência de 1e-6Ω.

Para a rede secundária, tem-se na parte de 120V linhas com 6 condutores em paralelo, e na parte de 277V linhas com 5 condutores em paralelo, o que permite uma maior circulação de corrente nos trechos de linhas. Os cabos são considerados sem acoplamento eletromagnético por fase e o código de configuração no Quadro 1 é “Sec”.

O código “LA” e “LS” do Quadro 1 quer dizer “Linha Aérea” e “Linha Subterrânea”, respectivamente.

Figura 6 – Diagrama do sistema do IEEE *342-Node Low Voltage Network Test System.*



Fonte: [5].

Nos Quadros 2 e 3 a seguir, têm a resistência dos cabos e algumas dimensões e o espaçamento entre os cabos, respectivamente.

Quadro 1 – Dados das linhas da rede.

Configurações de linha			
Configuração	Trans	Pri	Sec
Fases	A B C	A B C	A B C N
Condutor de fase	397.5 kcmil AA	1000 kcmil AA	500 kcmil Cu
Condutor neutro	397.5 kcmil AA	1000 kcmil AA	500 kcmil Cu
Espaçamento	101	102	103
LA/LS	LA	LS	LS
Classificação (A)	594	615	430

Fonte: [5]

Quadro 2 – Dados dos cabos das linhas da rede.

Dados do condutor			
Condutor	397.5 kcmil	1000 kcmil	500 kcmil
RMG(ft.)	0.0277	0.04683	0.026
R (Ω/mile)	0.0477	0.1214	0.206
Classificação (A)	594	615	430
Dia. Externo (in)	N/A	2.08	N/A
Dia. Condutor (in)	N/A	1.124	N/A
Neutro RMG (ft.)	N/A	0.0365	N/A
Neutro R (Ω/mile)	N/A	0.1809	N/A
Dia. Neutro (in.)	N/A	0.1285	N/A
Fios neutros	N/A	21	N/A

Fonte: [5]

Quadro 3 – Espaçamento entre os condutores das linhas da rede.

Espaçamento do condutor			
Espaçamento	101	102	103
AB	10 ft.	3.0 in.	3.0 in.
AC	20 ft.	6.0 in.	4.424 in.
BC	10 ft.	3.0 in.	3.0 in.
AN	N/A	N/A	3.0 in.
BN	N/A	N/A	4.424 in.
CN	N/A	N/A	3.0 in.

Fonte: [5]

Dados complementares como tamanho e quantidade de fios por fase dos trechos das linhas podem ser encontrados no quadro do ANEXO B.

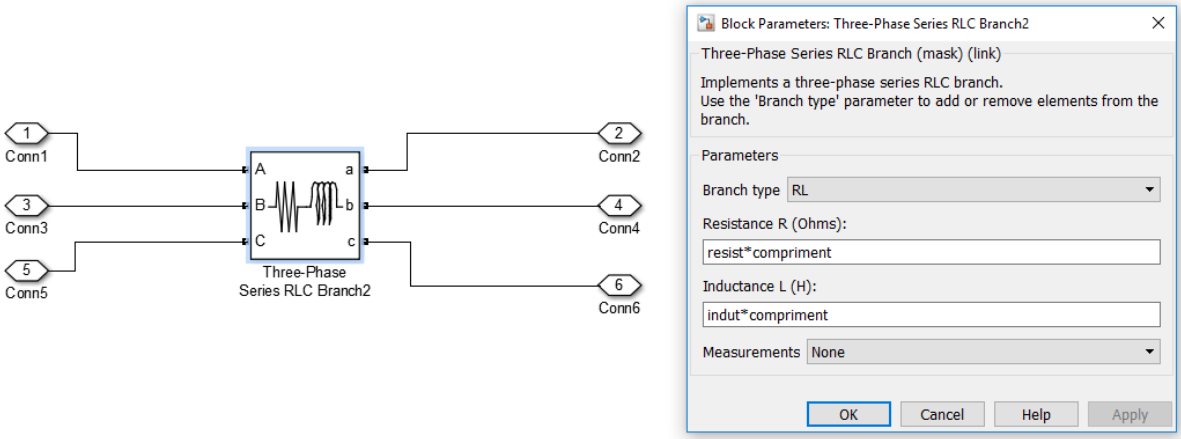
A rede possui carga apenas na rede secundária e são todas trifásicas desbalanceadas do tipo potência constate e, nos pontos da rede onde elas existem, tem sempre uma carga ligada em estrela e outra ligada em delta em conjunto. Os dados e configurações das cagas podem ser consultados no quadro do ANEXO C.

4.1.2 Modelo da rede

O diagrama da rede construído do simulink pode ser encontrado no Apêndice A.

Devido a vários erros decorrente do uso do bloco de linha “Distributed Parameters Line” presente no simulink/matlab, o bloco de linha foi modelado usando um bloco de carga “Three-Phase Series RLC Branch” como mostrado na Figura 7 abaixo. O modelo usado para as linhas de transmissão foi o de linha curta, pois o maior trecho de linha tem 2500ft como pode ser visto no ANEXO B, que corresponde a 0,762km, sendo inferior a 100km [8], dessa maneira foram usados apenas as resistências e as indutâncias dos trechos de linhas.

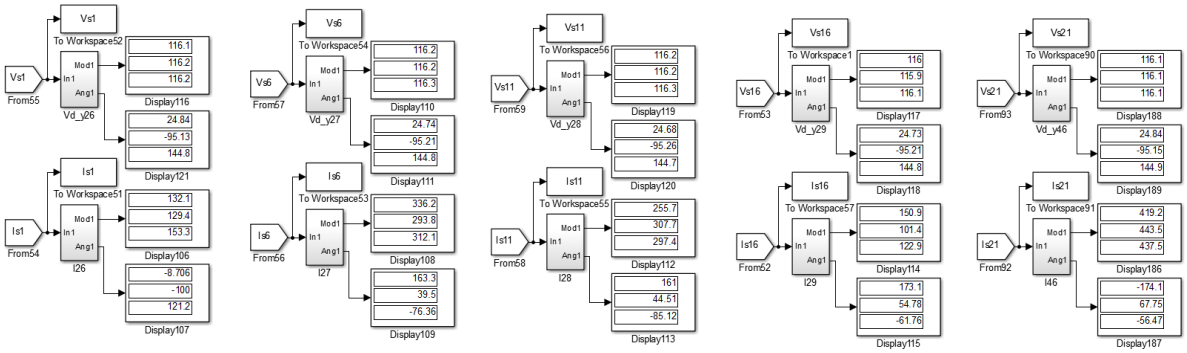
Figura 7 – Modelo da linha.



Fonte: Elaborado pelo autor.

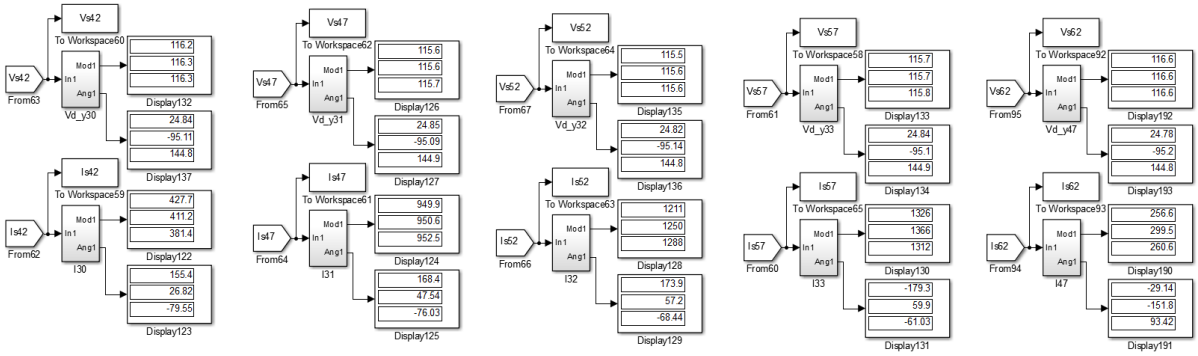
Para comparação da rede modelada com a rede fornecida por [5], foram feitas medições de tensões nos pontos que estão nos vértices da malha da rede secundária, sendo esses pontos os S1, S6, S11, S16, S21, S42, S47, S52, S57, S62, S83, S88, S93, S98, S103, S124, S129, S134, S139 e S144, totalizando 20 pontos, e os resultados das medições podem ser visto nas Figuras 8 até 11 a seguir, e um resumo apresentado no Quadro 4 mais abaixo.

Figura 8 – Tensão medida no caso base nos pontos S1, S6, S11, S16 e S21.



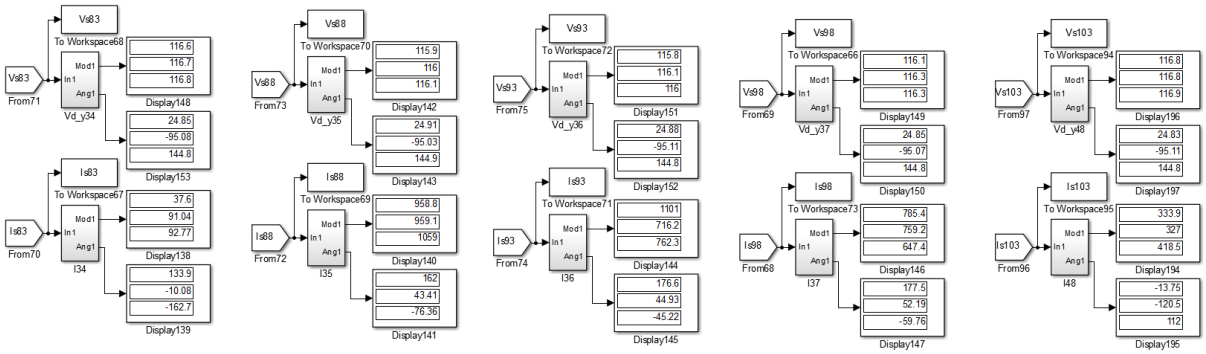
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 – Tensão medida no caso base nos pontos S42, S47, S52, S57 e S62.



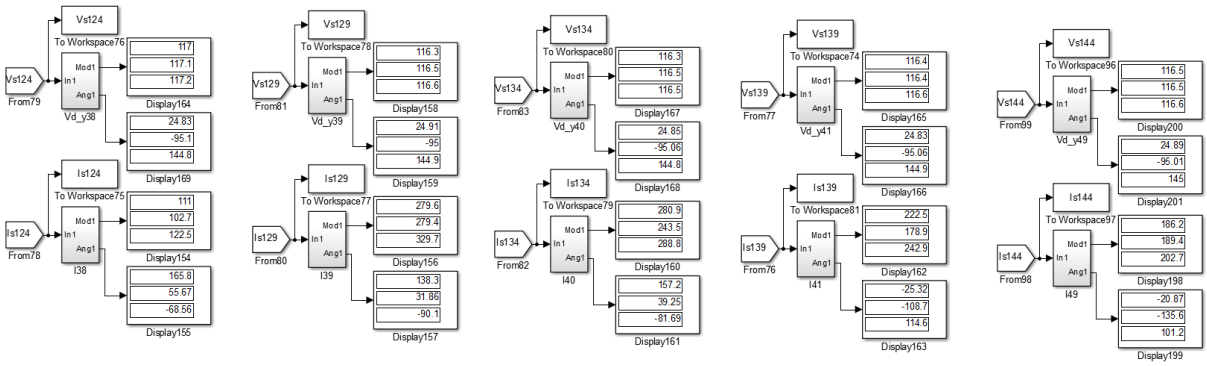
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 – Tensão medida no caso base nos pontos S83, S88, S93, S98 e S103.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 – Tensão medida no caso base nos pontos S124, S129, S134, S139 e S144.



Fonte: Elaborado pelo autor.

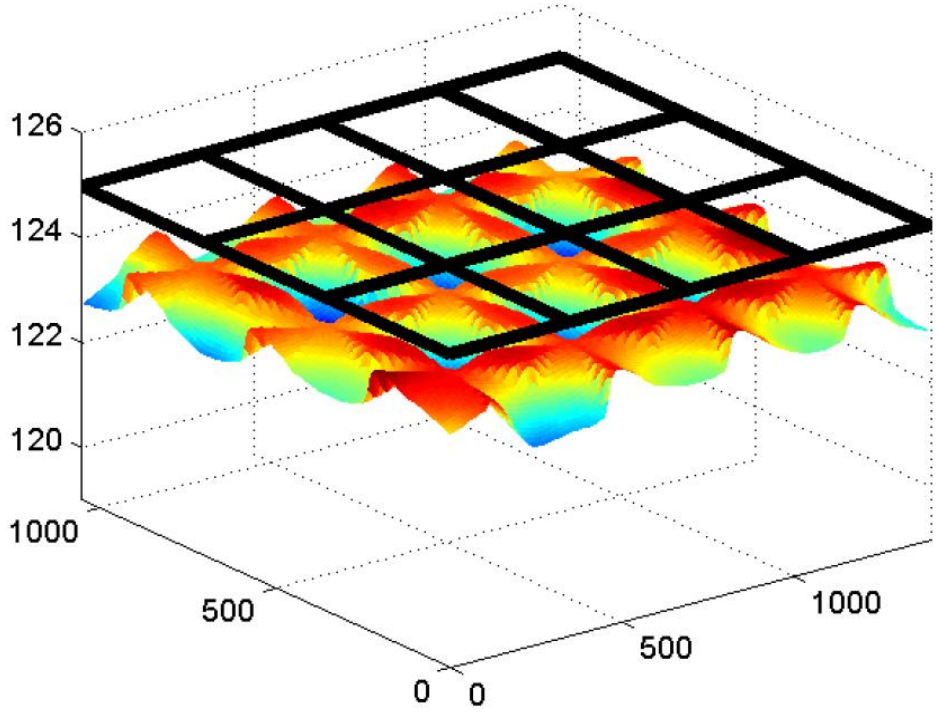
Quadro 4 – Tensões medidas nos pontos selecionados.

	Nó	Fase A (V)	Fase B (V)	Fase C (V)
1	S1	116,1	116,2	116,2
2	S6	116,2	116,2	116,3
3	S11	116,2	116,2	116,3
4	S16	116	115,9	116,1
5	S21	116,1	116,1	116,1
6	S42	116,2	116,3	116,3
7	S47	115,6	115,6	115,7
8	S52	115,5	115,6	115,6
9	S57	115,7	115,7	115,8
10	S62	116,6	116,6	116,6
11	S83	116,6	116,7	116,8
12	S88	115,9	116	116,1
13	S93	115,8	116,1	116
14	S98	116,1	116,3	116,3
15	S103	116,8	116,8	116,9
16	S124	117,1	117,1	117,2
17	S129	116,3	116,5	116,6
18	S134	116,3	116,5	116,5
19	S139	116,4	116,4	116,6
20	S144	116,5	116,5	116,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos ver no Quadro 4 que as tensões nesses pontos variaram entre 115,5V e 117,2V para o modelo construído, e para o modelo fornecido por [5] tem-se as tensões nesses pontos fornecidos pela Figura 12 e nela pode-se ver que as tensões nos vértices então próximas a 123V, o que resulta em uma diferença percentual aproximada entre 4,72% e 6,1%, que não é uma diferença desprezível, porém para o objetivo desse estudo essa diferença não interfere na análise proposta.

Figura 12 – Tensões mapeadas ao longo da rede secundária fornecida por [5].



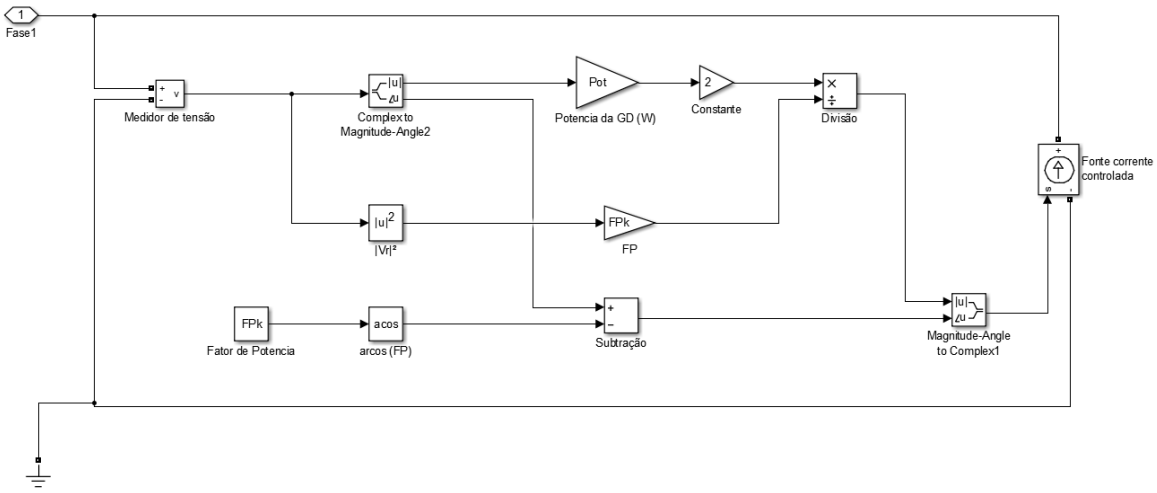
Fonte: [5]

4.2 Sistema Fotovoltaico

4.2.1 Modelo do gerador fotovoltaico para regime permanente

O modelo do gerador fotovoltaico (GFV) usado nesse estudo é o da figura 7 a seguir. Esse modelo foi concebido nos trabalhos [3] e [4] com o objetivo de obter um modelo simplificado para o GFV e reduzir o tempo de execução da simulação.

Figura 13 – Modelo do GFV utilizado.



Fonte: Adaptado de [3] e [4].

Esse modelo simplificado foi validado por meio de uma comparação com o modelo *power PV array 3500W*, que é o modelo que existe no simulink [4], e os resultados das comparações estão nas Tabelas 1 e 2, a seguir.

Tabela 1 – Erro percentual de V_{PAC} e Q_S para simulações do *power PV array 3500W* e modelo proposto.

Casos Simulados	Erro (%) ΔV_{PAC}	ΔQ_s
1	-0,17	1,39
2	0,19	0,69
3	0,11	1,42
4	0,39	3,31
5	0,52	1,86
6	0,04	0,04
7	0,07	0,46
8	0,07	4,36
9	0,29	2,43
10	0,31	1,95
11	-0,04	2,42
12	0,01	2,73
13	0,29	2,55
14	0,37	2,97
15	0,33	3,28
16	0,02	3,93
17	0,28	3,19
18	0,27	3,34
19	0,15	6,28
20	0,38	5,39

Fonte: [4]

Os erros apresentados foram considerados pequenos, e, portanto, o modelo mostrou-se uma boa representação de um GFV.

Um ponto que vale ressaltar, é que o modelo simplificado tem um tempo de simulação bem reduzido em relação ao modelo do *power PV array 3500W*, chegando a ser 199.99 vezes mais rápido, como se pode ver na Tabela 2. Esse modelo foi muito útil para fazer análise proposta nesse estudo, pois o sistema a ser analisado possui muitos nós e cargas, o que faz o tempo de processamento ser bastante elevado mesmo com o modelo simplificado, passando dos 15 minutos e chegando próximo de 1 hora em casos onde haviam mais GFV's.

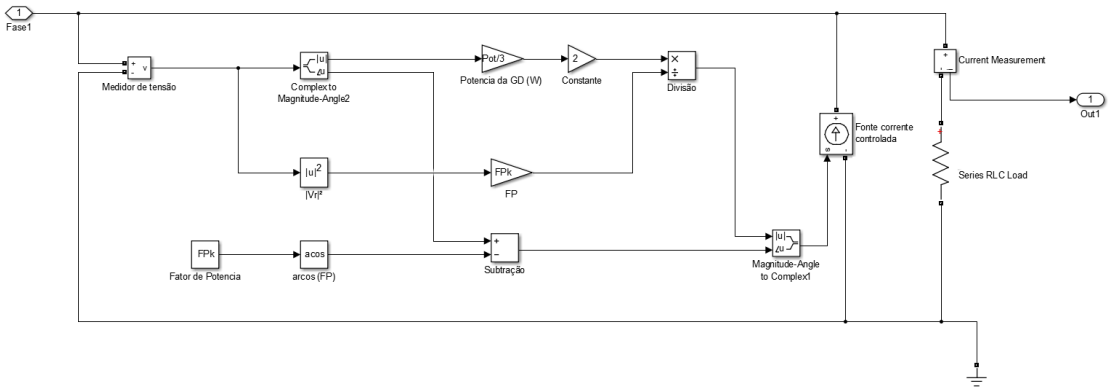
Tabela 2 – Tempos de simulação do modelo com power PV array 3500W e modelo simplificado do GFV.

Casos Simulados	*power PV array 3500W (segundos)*	Modelo Simplificado Proposto (segundos)	*power PV array/ Modelo proposto*
1	41,99	0,21	199,99
2	37,08	0,30	123,60
3	59,98	0,31	193,49
4	36,20	0,30	120,67
5	36,01	0,29	124,18
6	33,47	0,32	104,59
7	34,82	0,30	116,09
8	40,53	0,31	130,76
9	35,46	0,33	107,47
10	31,61	0,33	95,79
11	32,11	0,32	100,36
12	33,45	0,32	104,55
13	32,59	0,33	98,76
14	33,15	0,32	103,60
15	32,05	0,29	110,53
16	31,87	0,30	106,24
17	33,82	0,29	116,63
18	31,35	0,30	104,50
19	31,91	0,29	110,05
20	32,31	0,30	107,72
Média	35,59	0,30	118,98

Fonte: [4]

Durante a simulação foi necessário incluir uma carga de alta impedância em paralelo com a fonte de corrente do modelo simplificado do GFV, pois, o matlab não permitiu incluir uma fonte de corrente em sério com cargas indutivas sem um meio de dissipar a corrente com segurança. Essa alteração pode ser vista na Figura 14 a seguir.

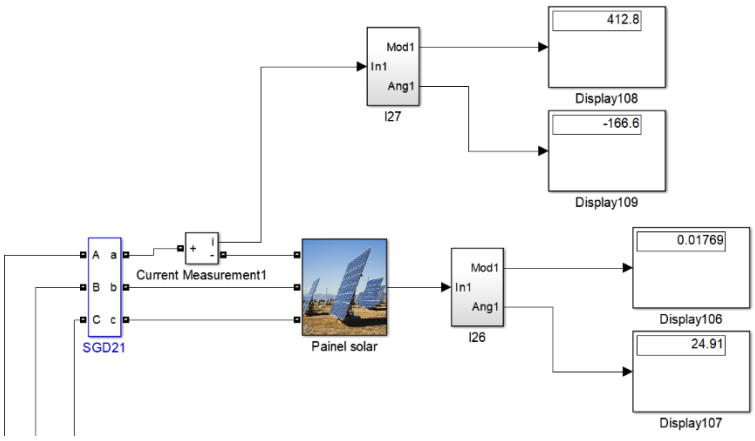
Figura 14 – Modelo do GFV utilizado com alta impedância em paralelo a fonte de corrente.



Fonte: elaborado pelo autor.

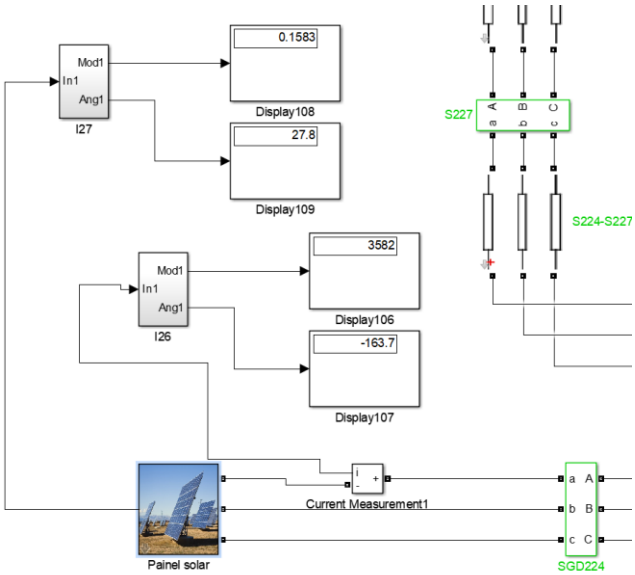
Devido a essa alteração, foram feitos testes com o GFV nessa configuração para verificar qual o desvio de corrente causado pela inclusão dessa carga que é do tipo potência constante. Para isso foi incluído um medidor de corrente em série com a carga, como pode ser visto na Figura 14, onde o ponto Out1 é o ponto de medição. Foram escolhidos dois pontos da rede para fazer o teste, o primeiro foi o S21 que tem uma carga de 141.590W e o segundo ponto foi o S224 que tem uma carga de 2.879.720W, essas potências são igualmente lançadas como as potências dos GFV's. Os resultados para os testes estão apresentados nas Figuras 15 e 16 a seguir.

Figura 15 – Resultado da medição para o GFV no ponto S21.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 16 – Resultado da medição para o GFV no ponto S224.

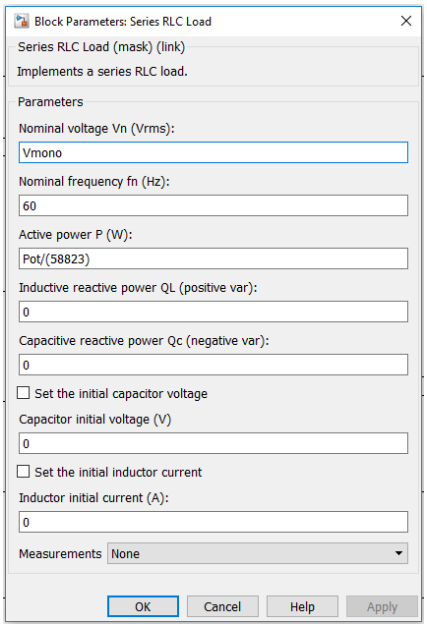


Fonte: elaborado pelo autor.

Pelas medições observadas nas figuras acima tem-se que para o primeiro caso o desvio de corrente foi de 0,0043%, já para o segundo caso foi de 0,0044%, percebe-se então que o desvio de corrente é muito baixo, podendo ser desprezado.

A carga que foi incluído em paralelo com a fonte de corrente do GFV foi ajustada como mostrado na Figura 17 a seguir.

Figura 17 – Ajuste de potência para a carga de alta impedância em paralelo com a fonte de corrente do GFV.



Fonte: elaborado pelo autor.

Esse ajuste de Pot/58823 apresentado na Figura 17 acima, foi obtido após alguns testes empíricos, e dentre os ajustes testados esse foi o que fez com o que os GFV's operassem adequadamente.

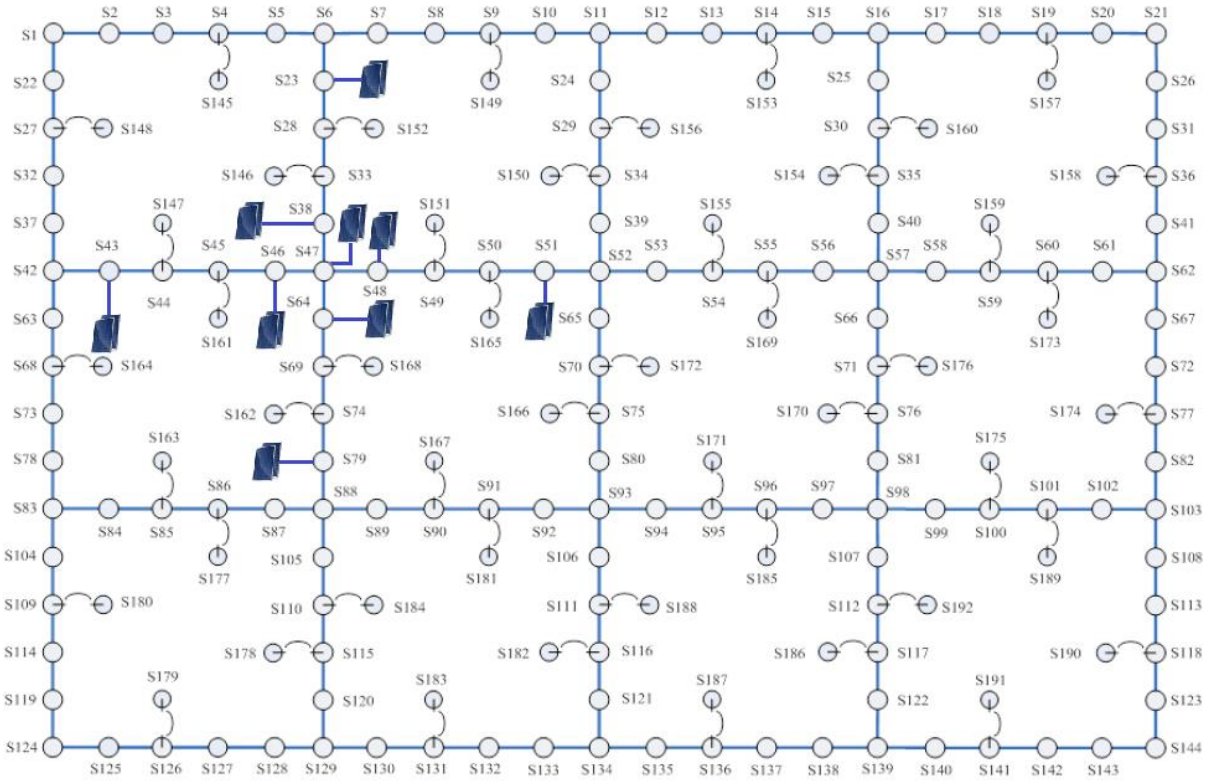
4.3 Simulação

4.3.1 Casos Simulados

Para realizar a análise proposta, foram escolhidas 24 possíveis configurações da rede com os GDFV's inseridos nela como apresentado a seguir nas Figuras 18 até 40, sendo o caso 8 o caso base em que a rede está sem nenhum GDFV inserida nela. Não foram escolhidos mais casos devido ao alimentador possuir vários nós, e devido a isso o tempo de processamento de cada caso ficou acima dos 15 mim, e em casos onde haviam uma quantidade maior de GDFV's o tempo de processamento chegou próximo de 1 hora. A análise foi realizada apenas em regime permanente.

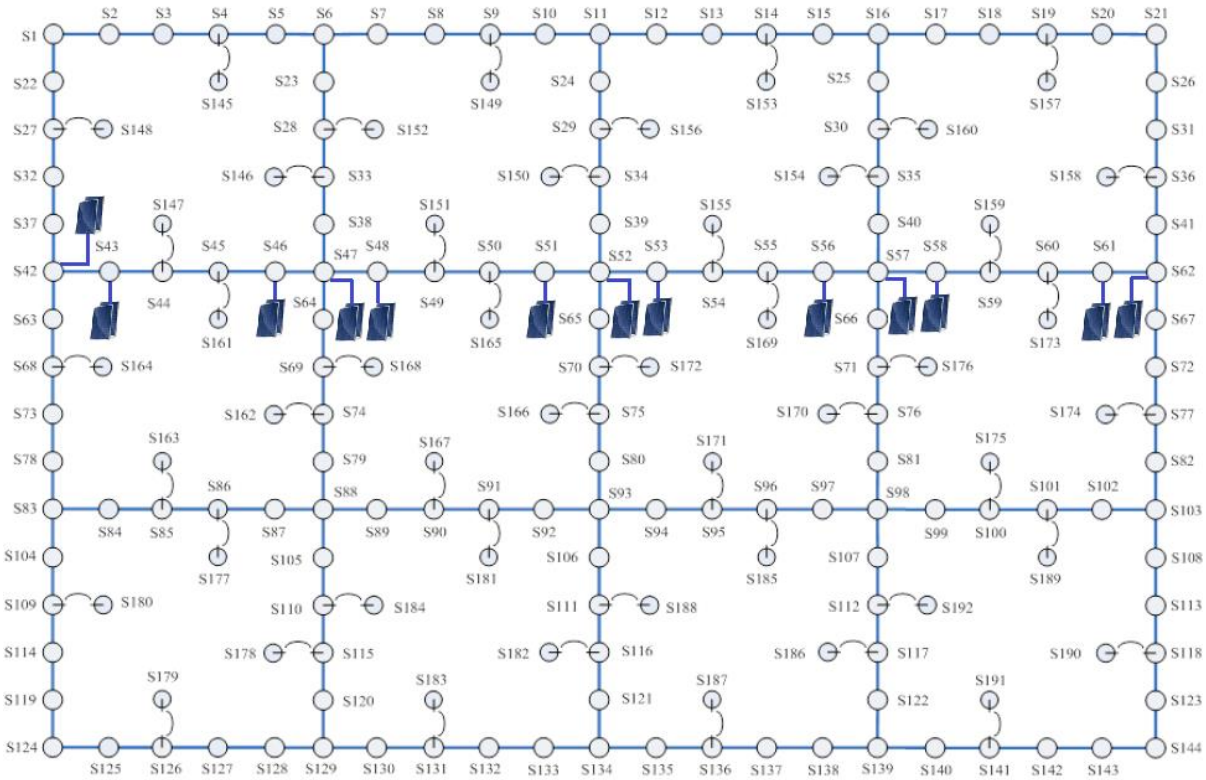
Os GDFV's foram inseridos apenas em nós onde haviam alguma carga, considerando que cada um está gerando 100% da sua capacidade. A capacidade de geração de cada GDFV se limita a carga da unidade consumidora a qual ele está associado, conforme REN 482/2012, que limita a potência gerada por sistema fotovoltaico a potência disponível para a unidade consumidora [9]. Dessa forma a potência de geração de cada GDFV's é a soma das potências das cargas do nó ao qual ele está associado.

Figura 18 – Caso 1.



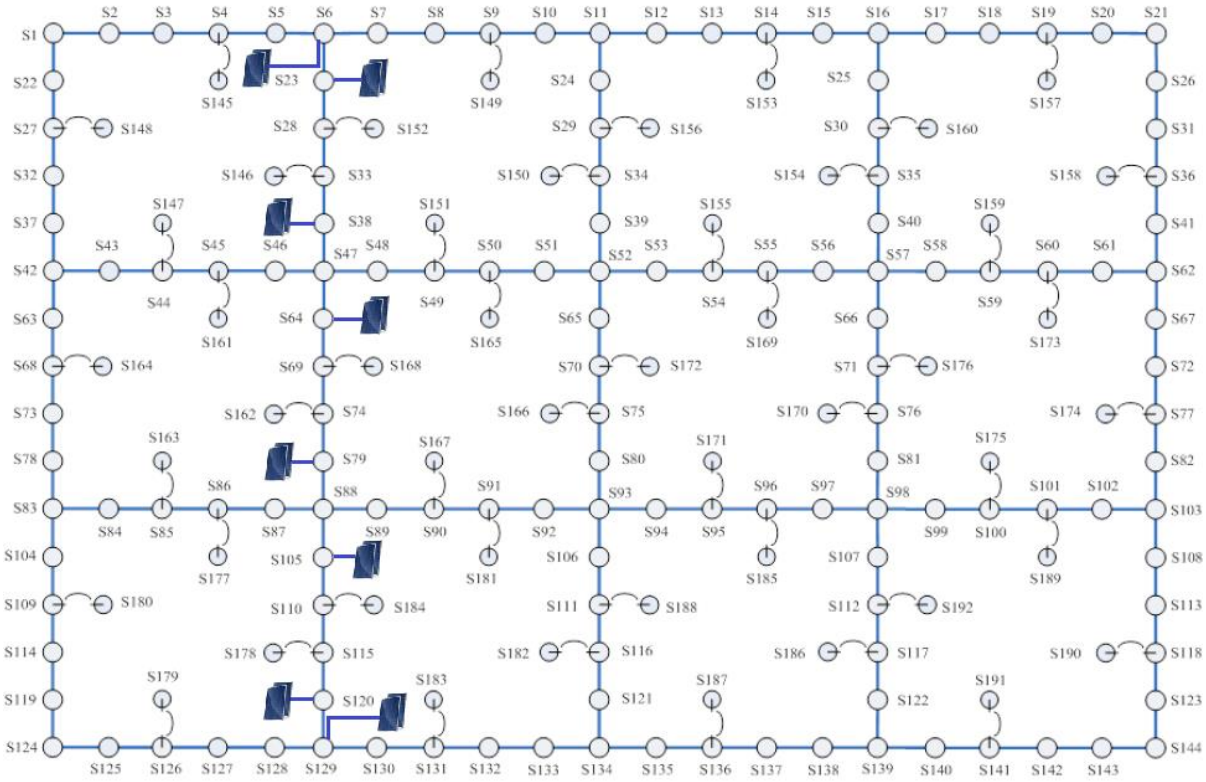
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 – Caso 2.



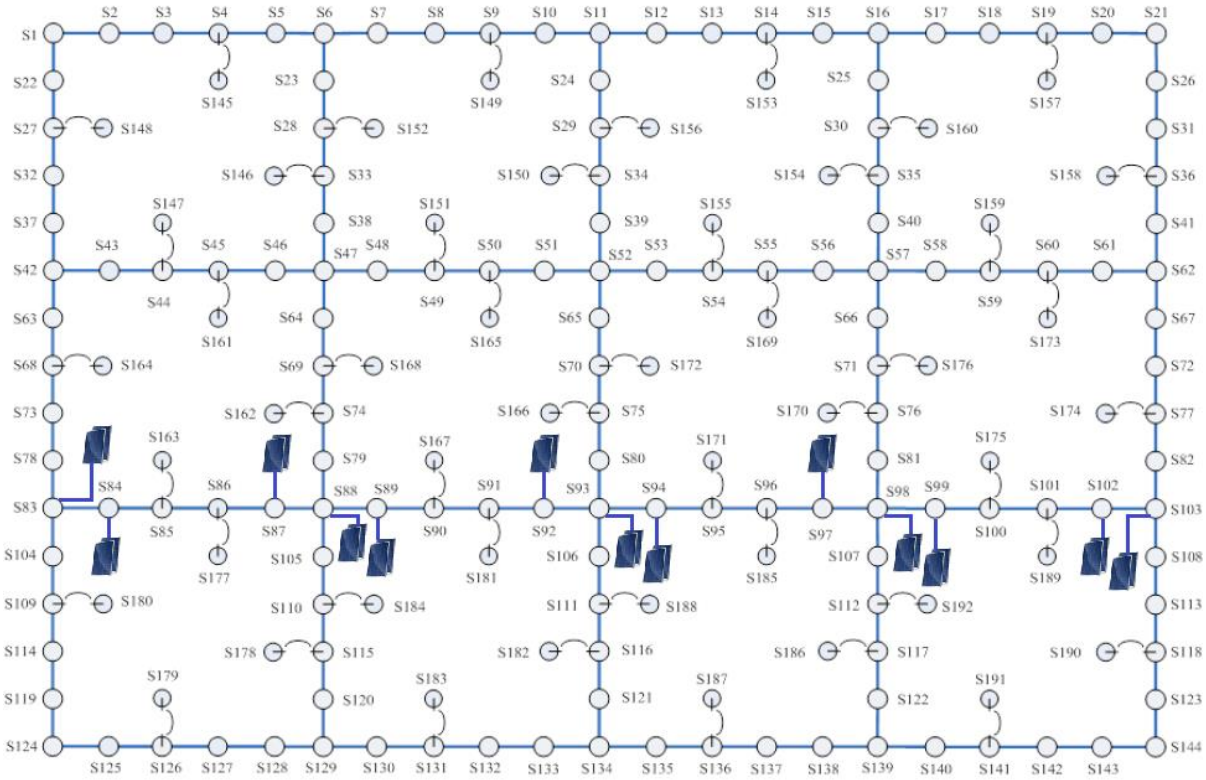
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 20 – Caso 3.



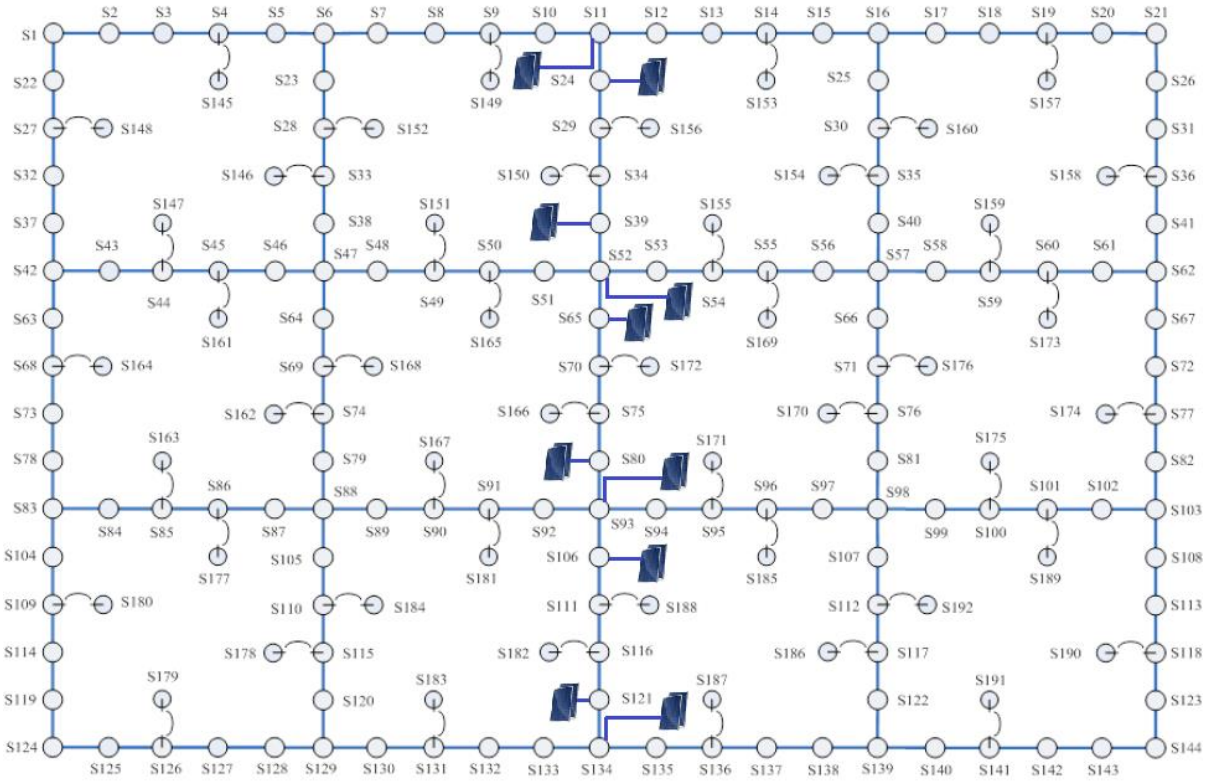
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 – Caso 4.



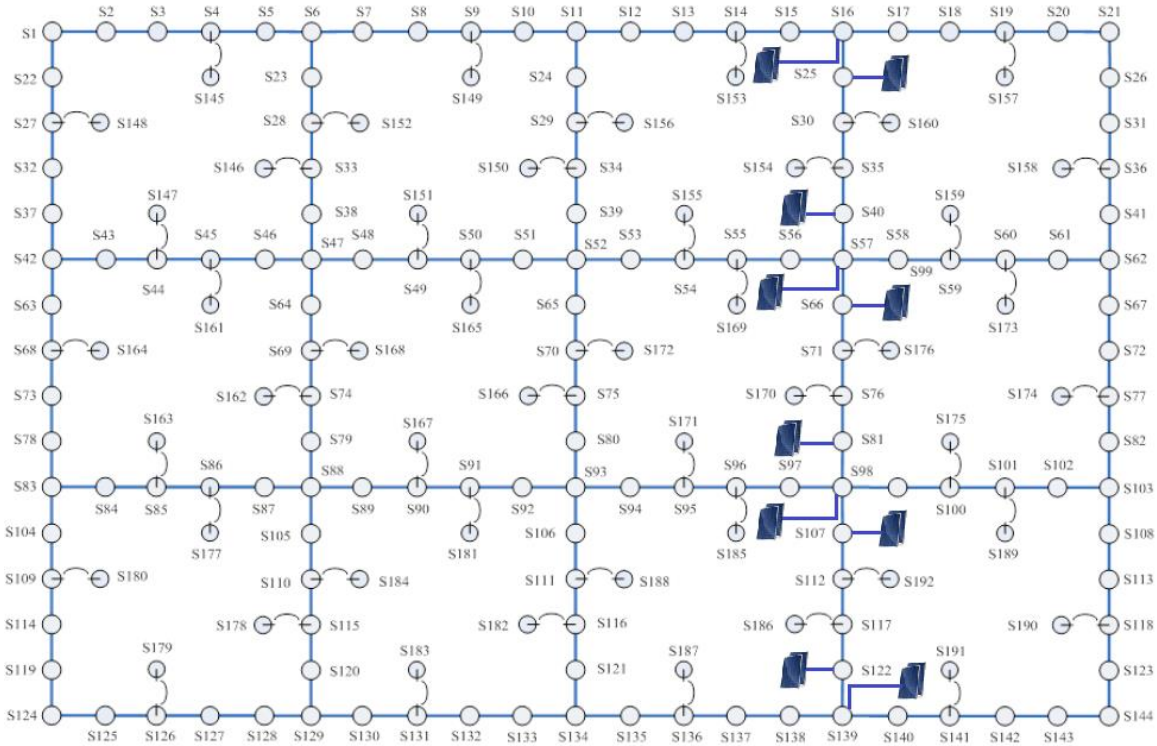
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 – Caso 5.



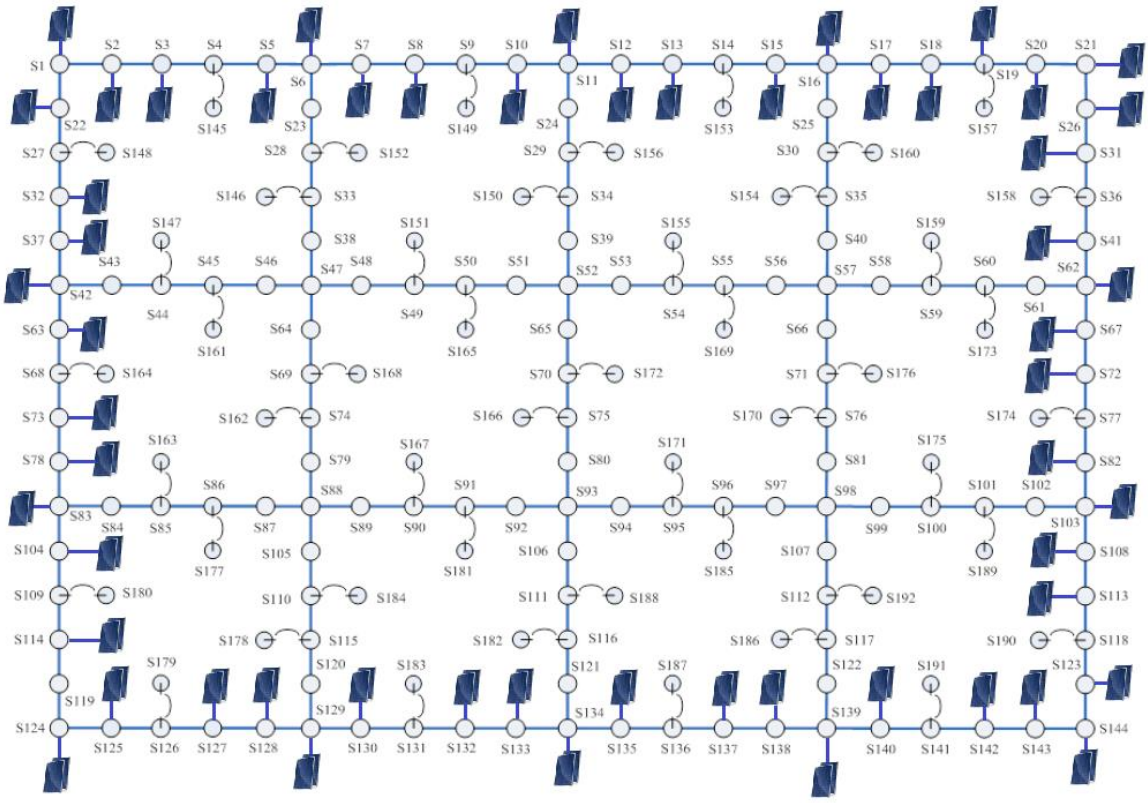
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23 – Caso 6.



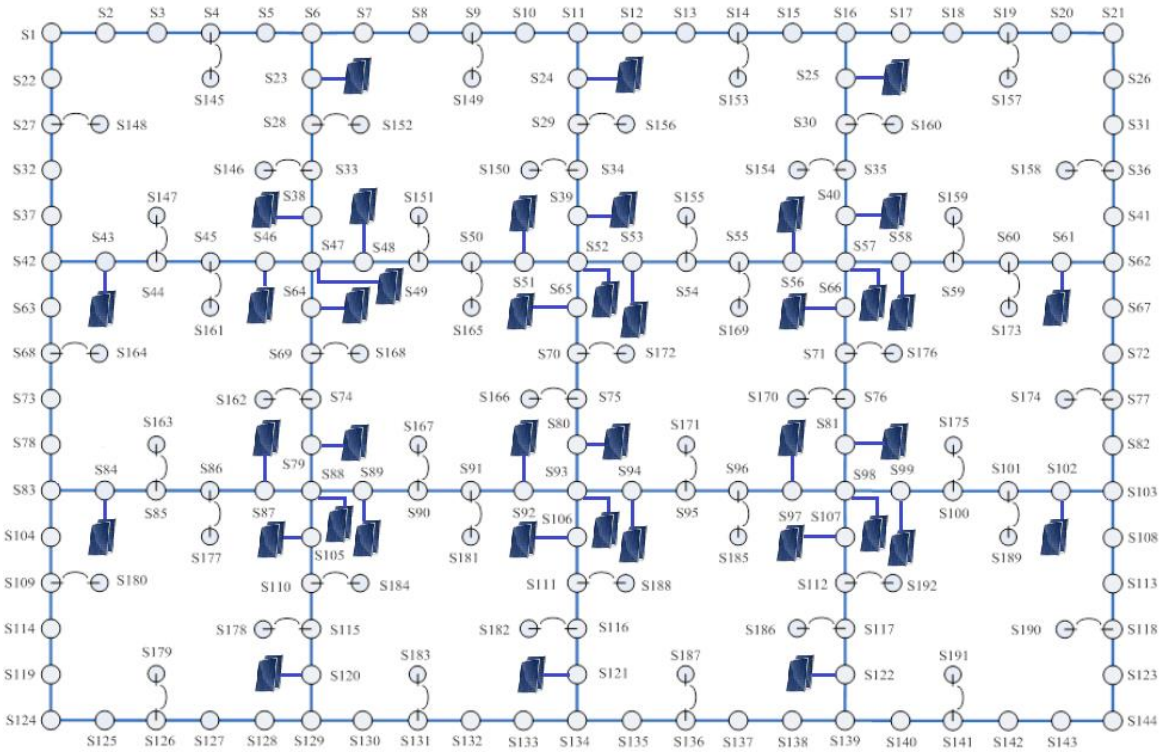
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24 – Caso 7.



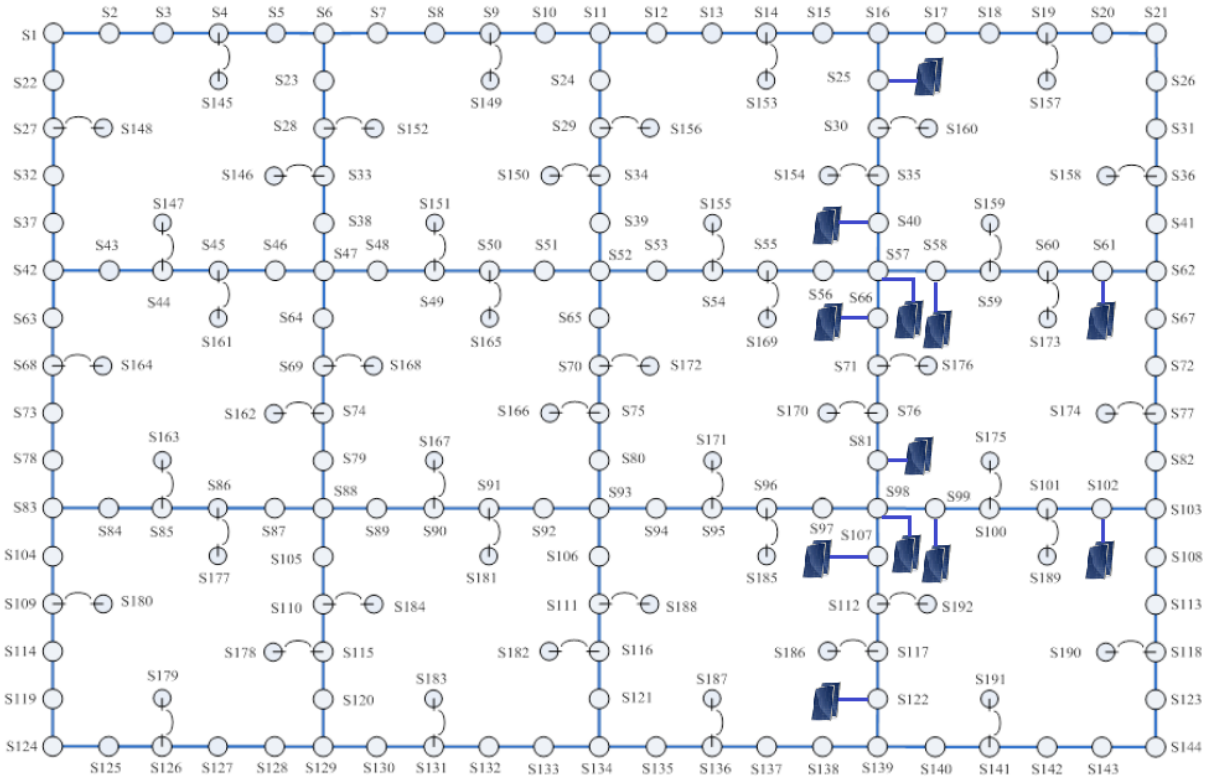
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 25 – Caso 9.



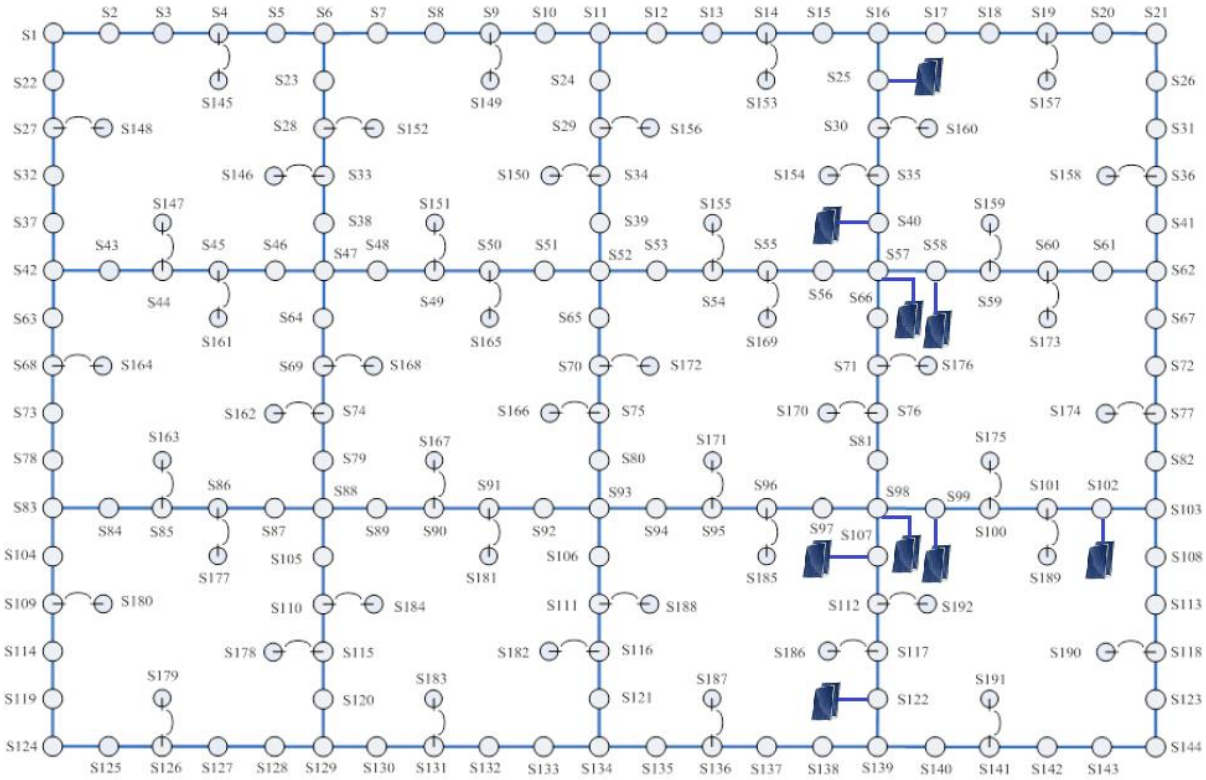
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 – Caso 10.



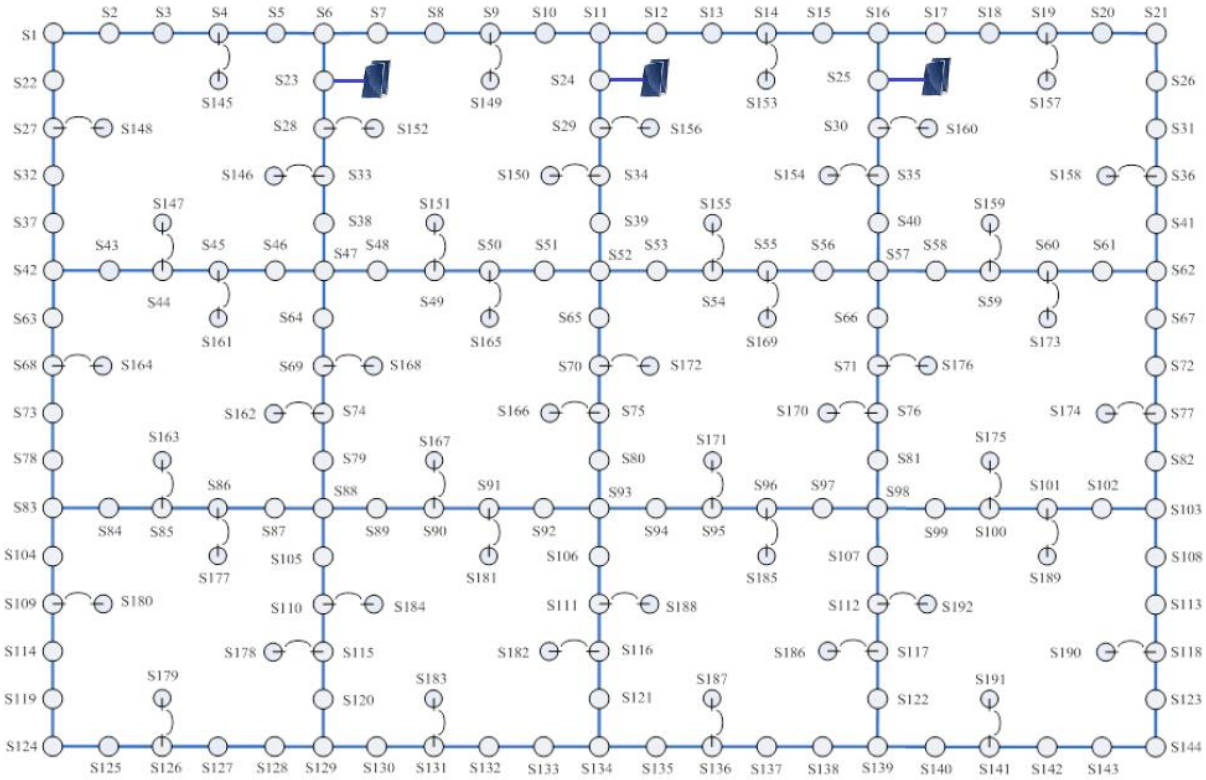
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 27 – Caso 11.



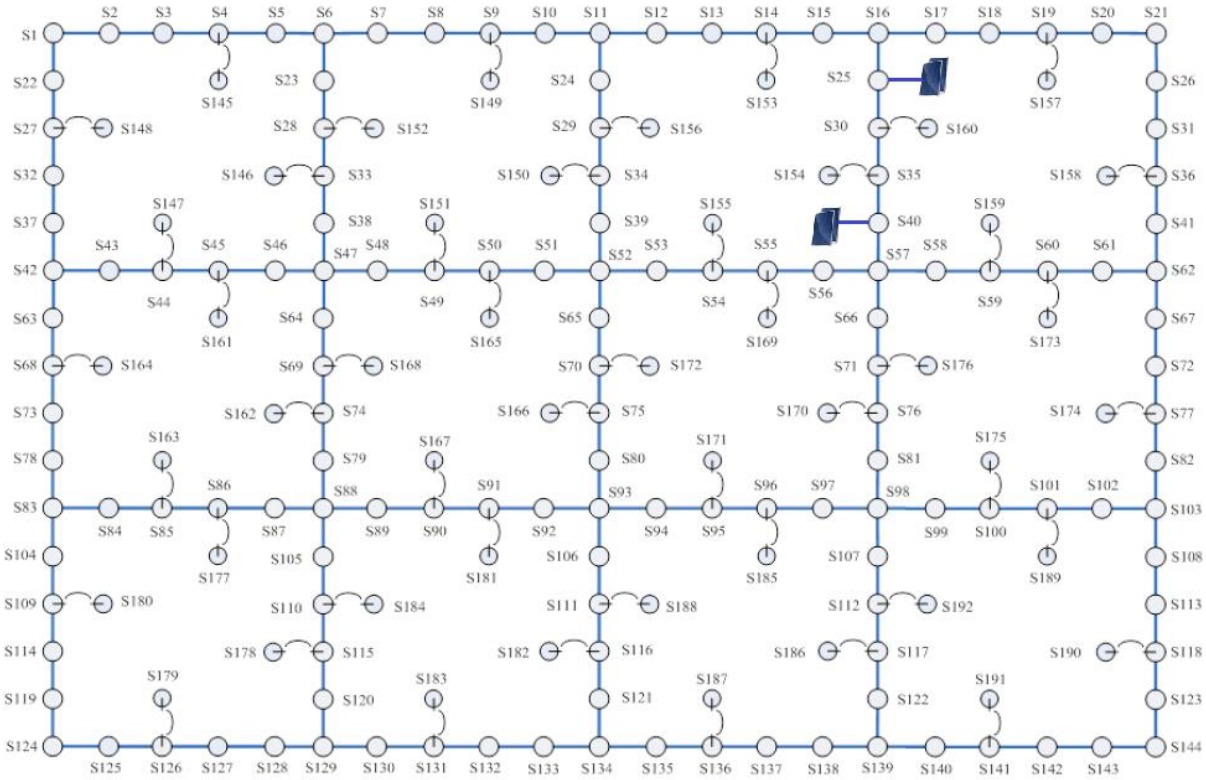
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 28 – Caso 12.



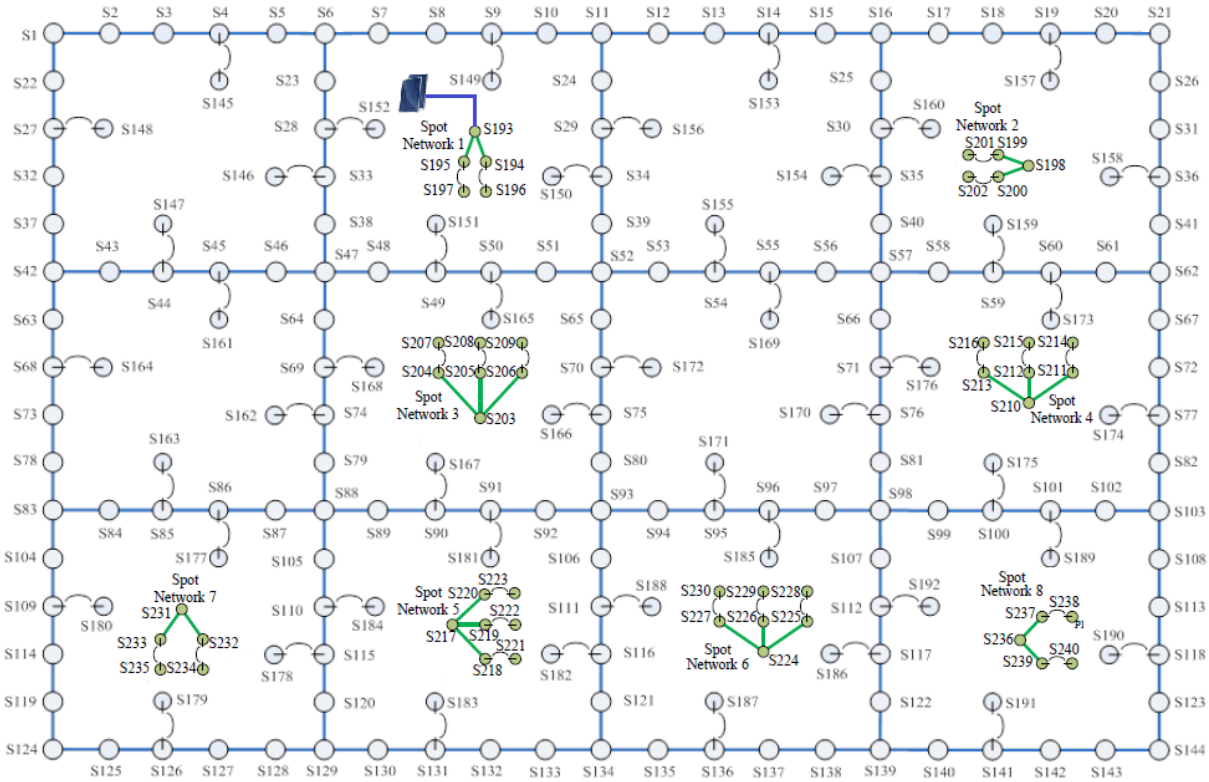
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 29 – Caso 13.



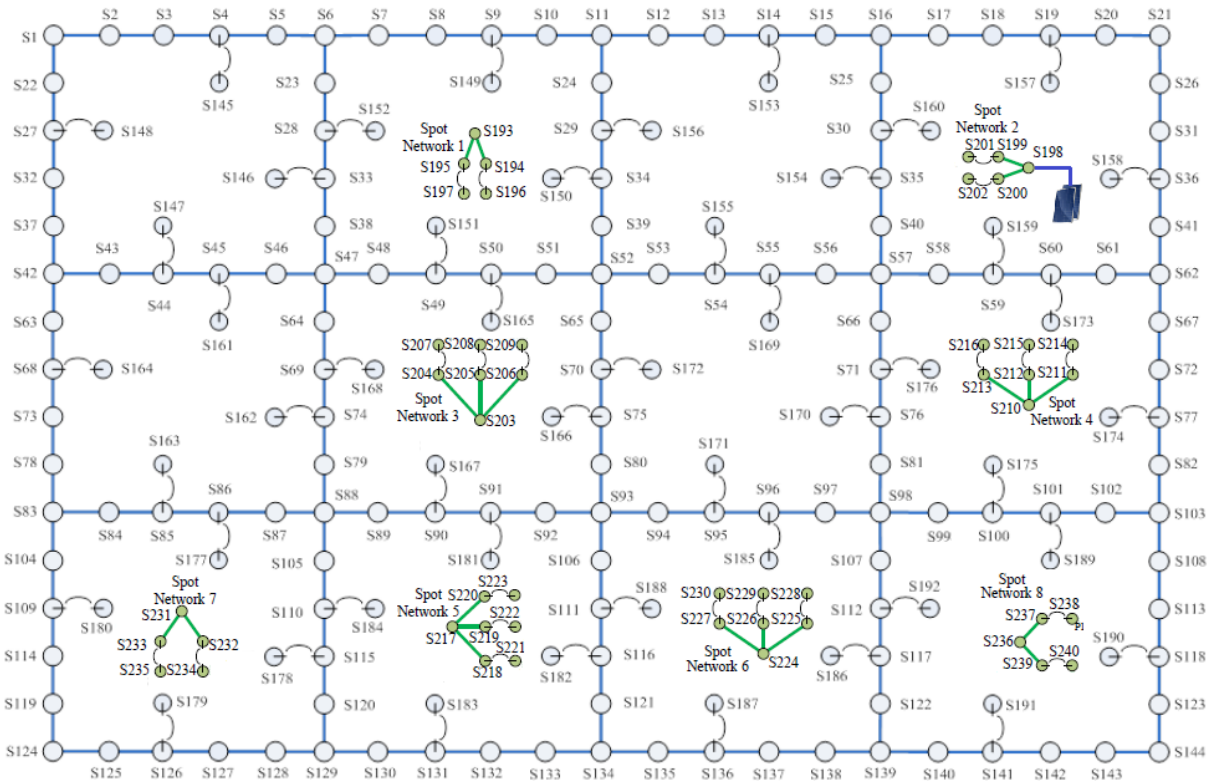
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 30 – Caso 14.



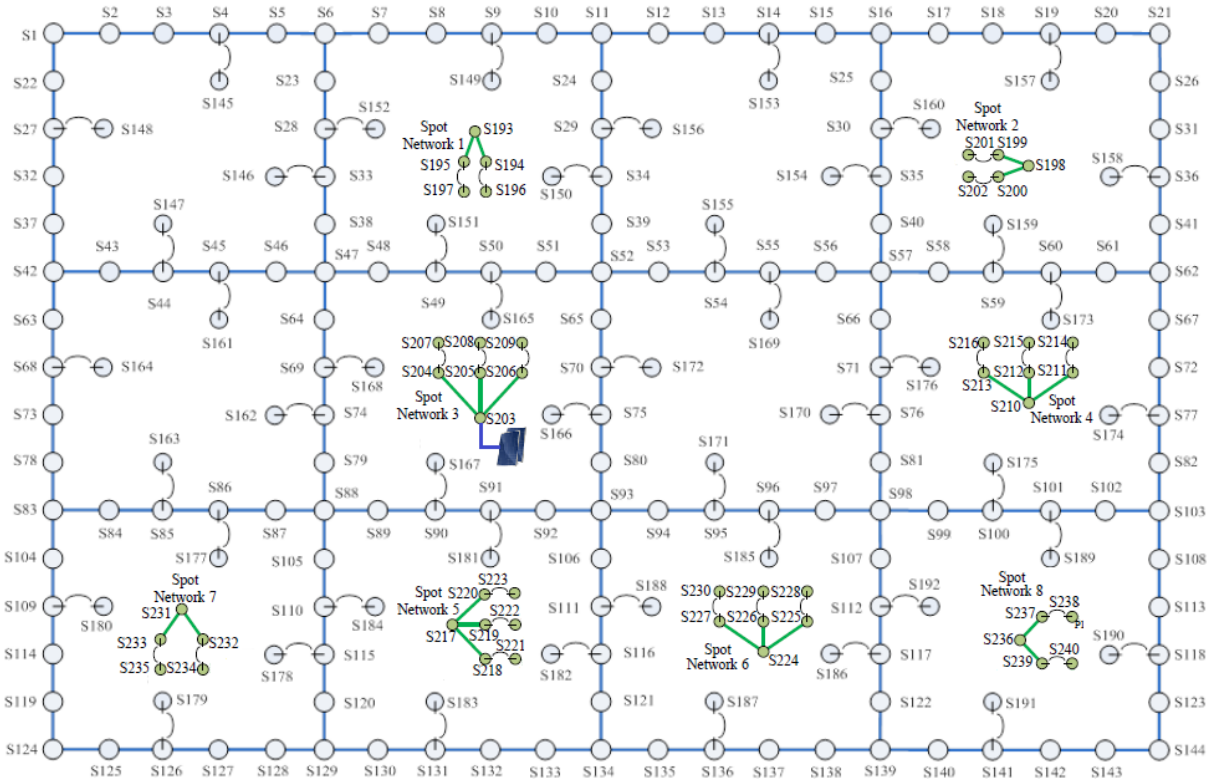
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 31 – Caso 15.



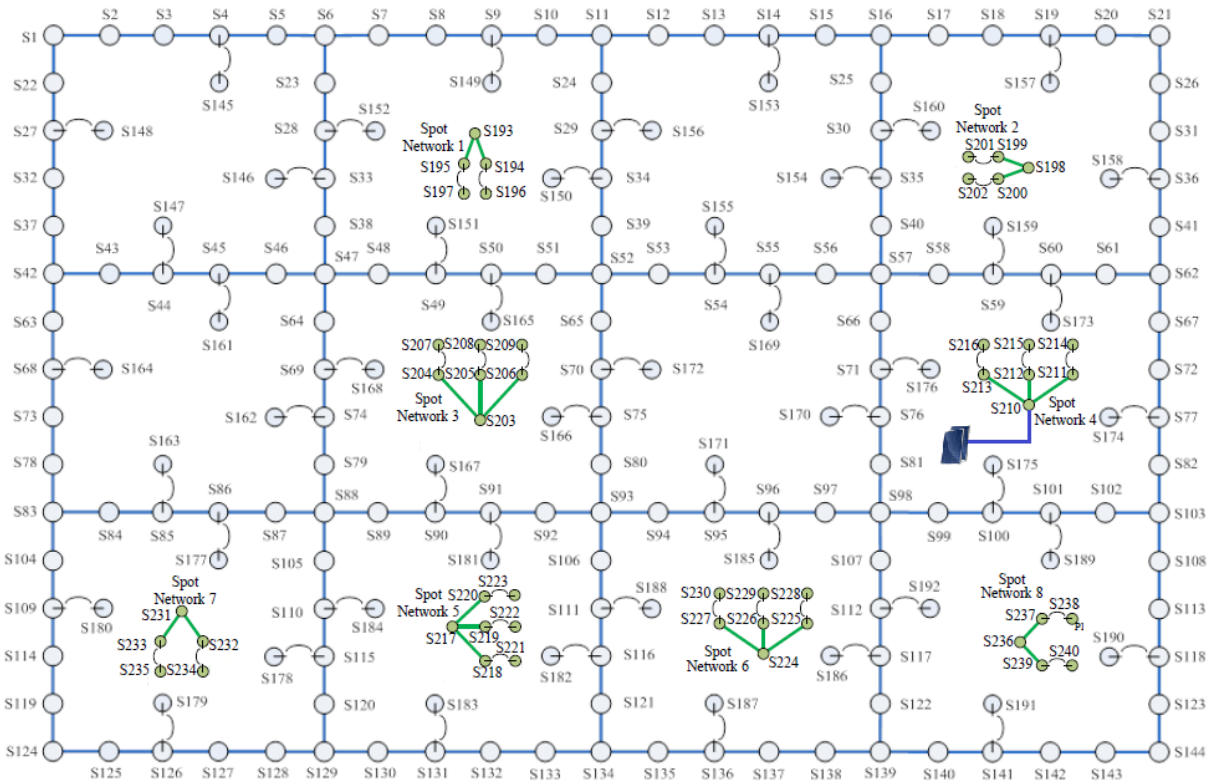
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 32 – Caso 16.



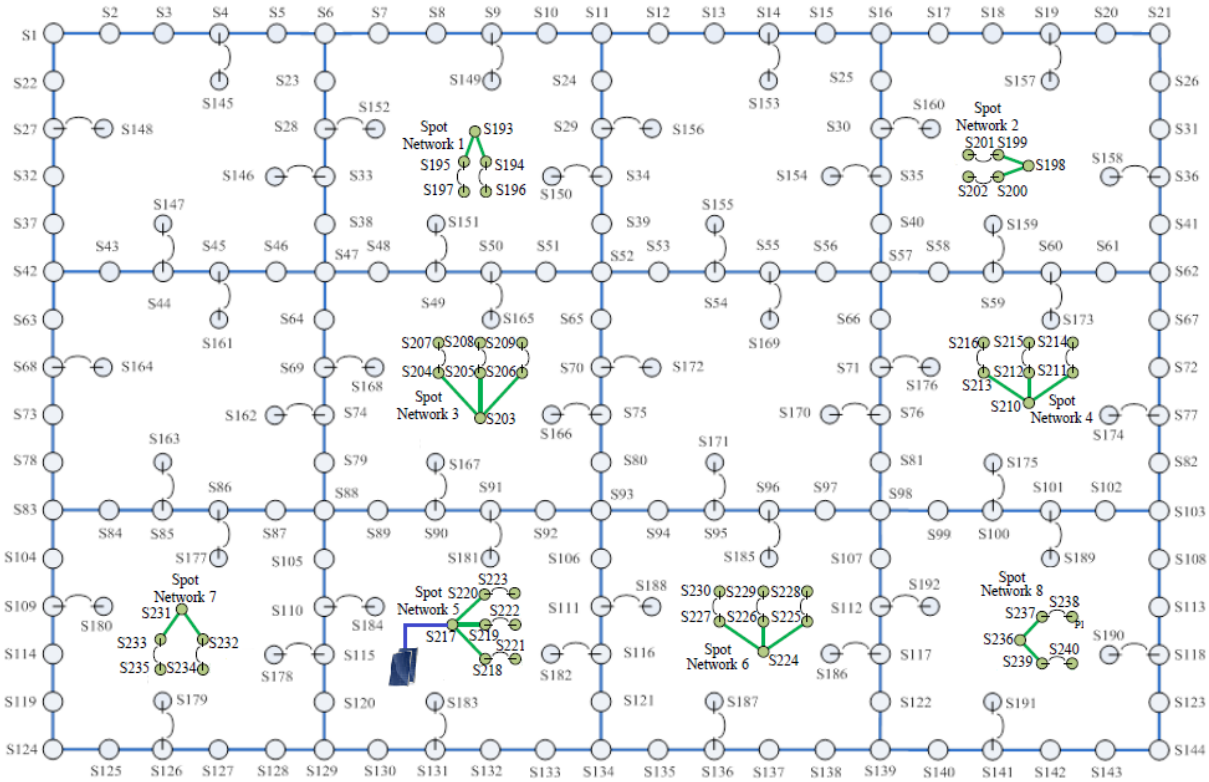
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 33 – Caso 17.



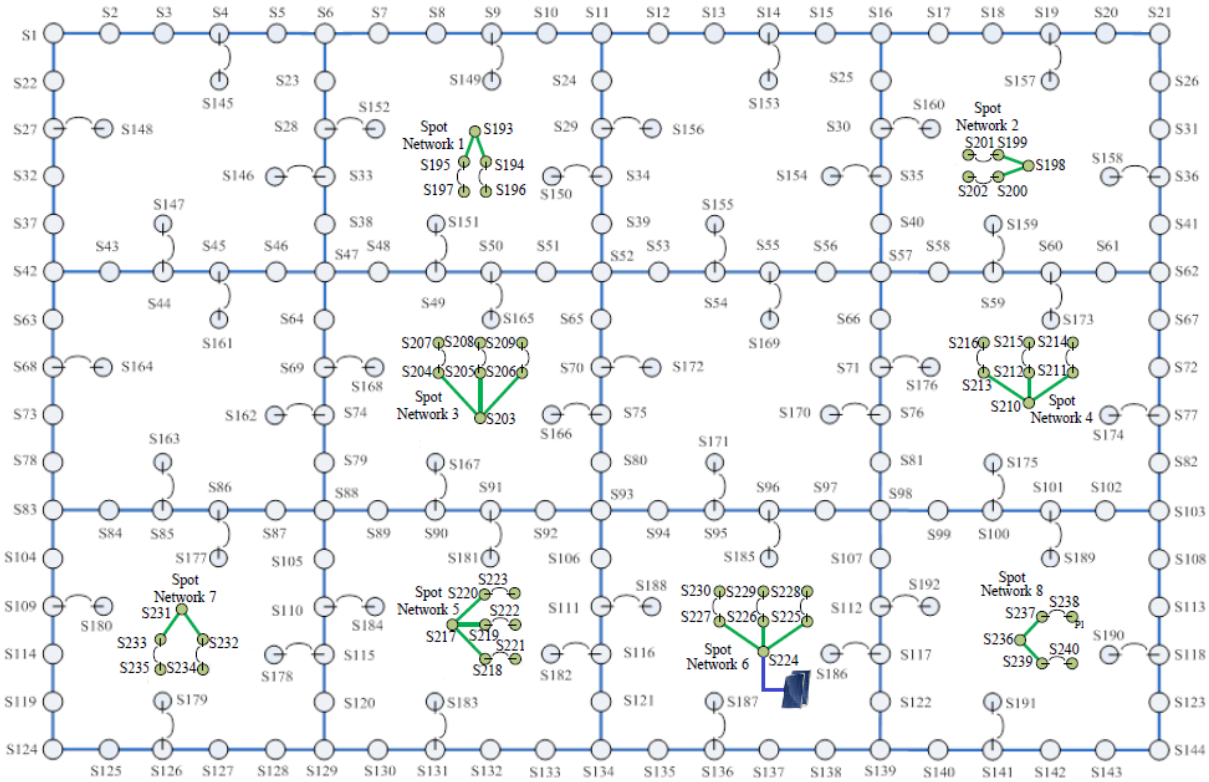
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 34 – Caso 18.



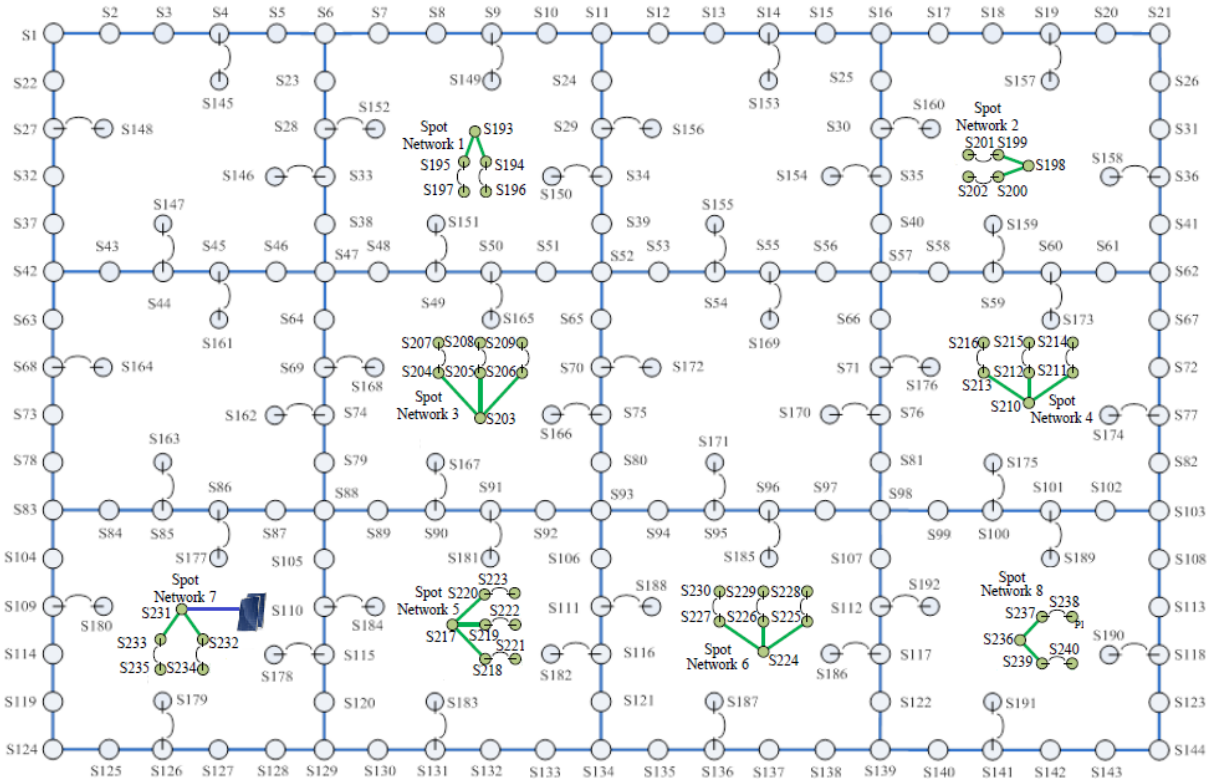
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 35 – Caso 19.



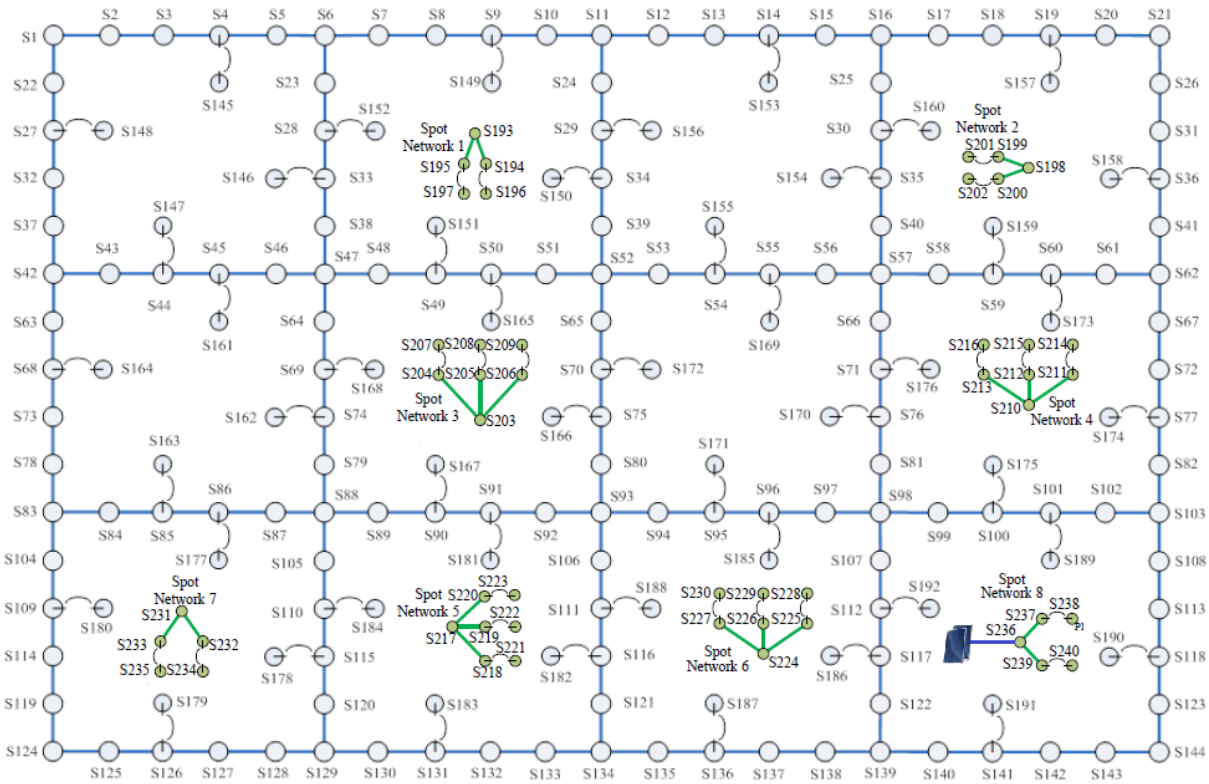
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 36 – Caso 20.



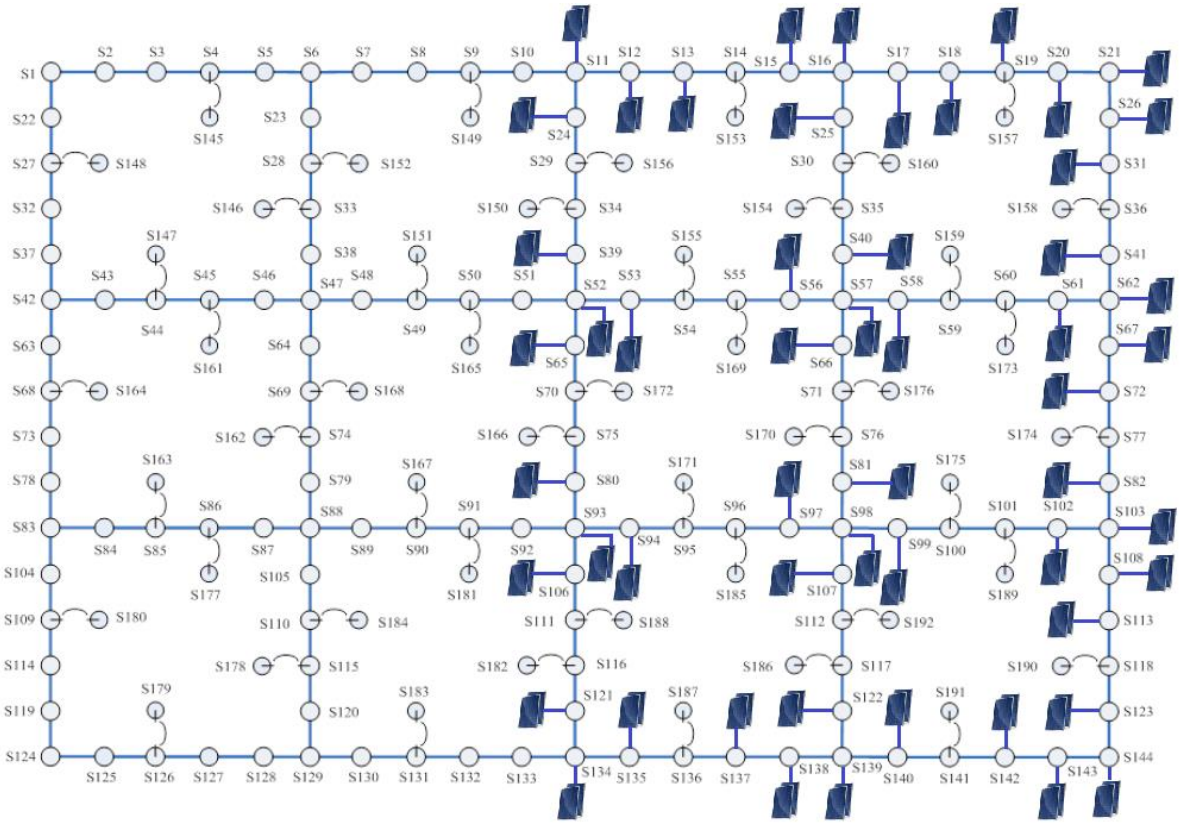
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 37 – Caso 21.



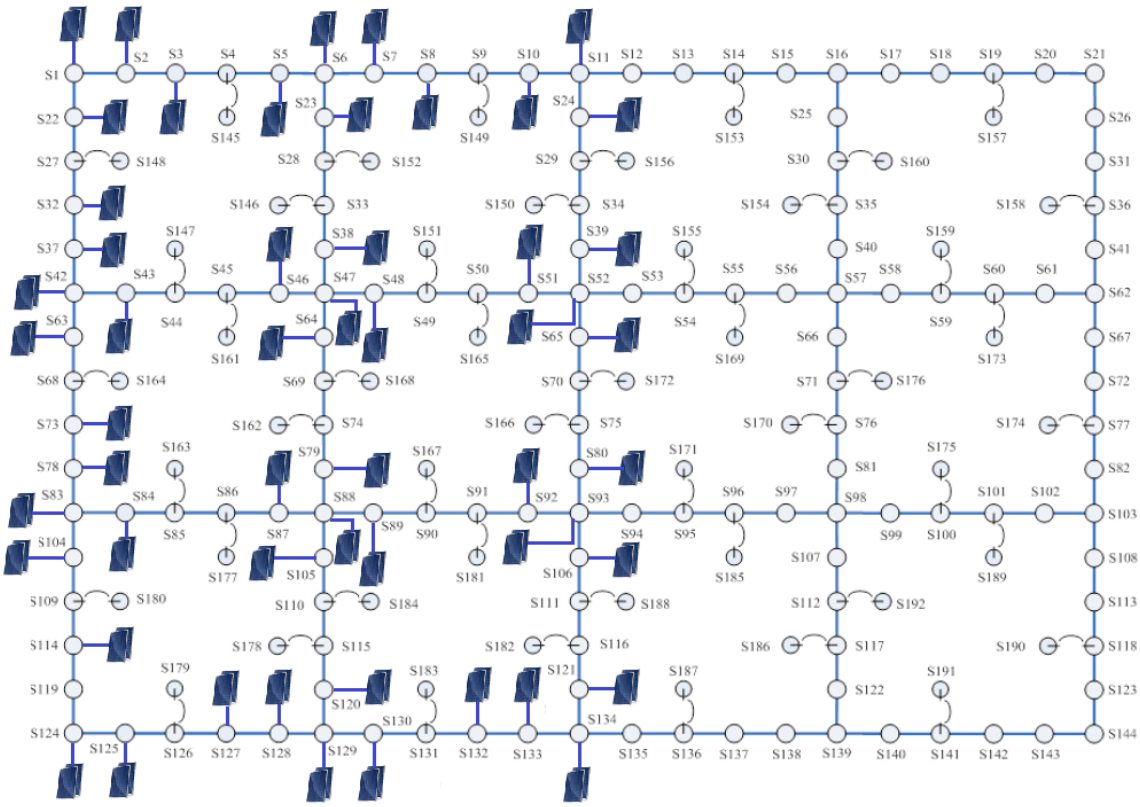
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 38 – Caso 22.



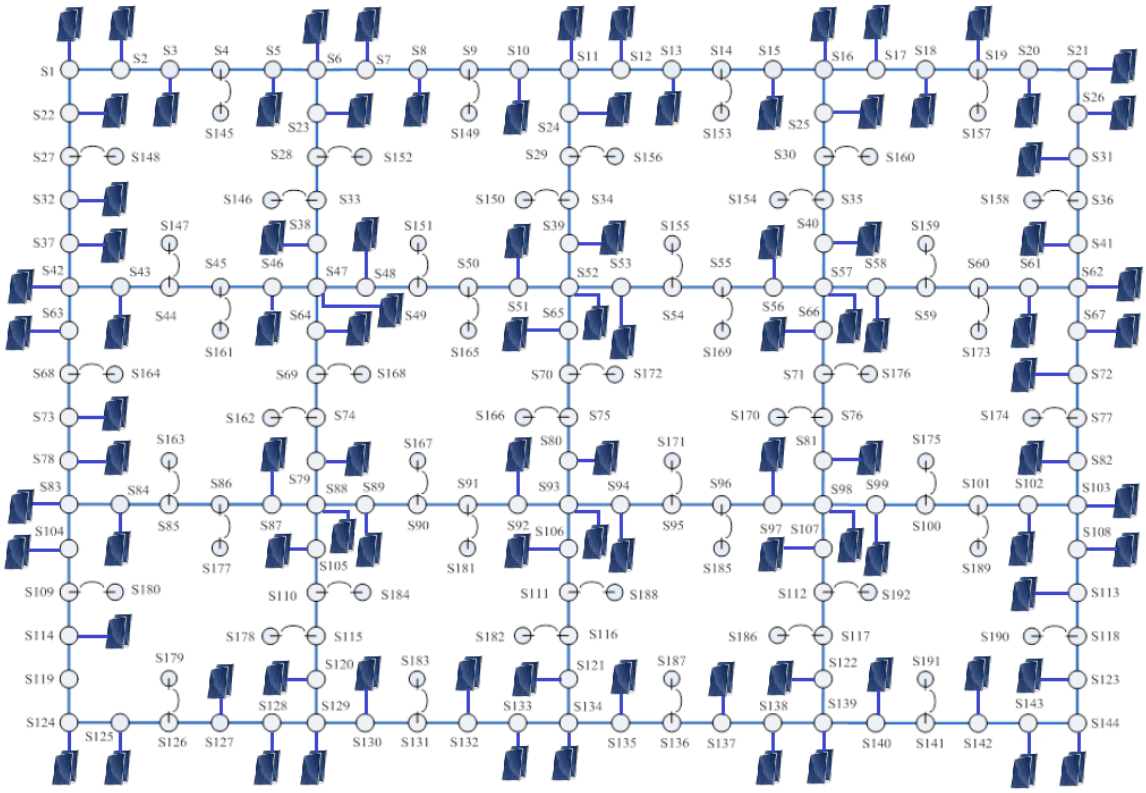
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 39 – Caso 23.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 40 – Caso 24.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os casos 7, 9, 22, 23 e 24 foram escolhidos, pois, representam uma condição da rede elétrica onde existem muitas unidades consumidoras gerando energia por meio dos GFV's e essa condição da rede é o foco principal desse estudo. A potência total inserida pelos GFV's em relação a carga total da rede por esses 5 casos é de 18,73%, 42,94%, 35,45%, 35,67% e 61,67%, respectivamente, e são os casos que somam a maior potência gerada nos GFV's.

Os casos 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 e 21 foram escolhidos pois sozinhos representam uma boa parte da carga da rede, e são pontos que estão localizados fora da malha de 120V, atingindo pontos diferentes dos alimentadores primários. Dessa forma foi possível simular os GFV's em diferentes pontos da rede, com uma carga de certa representatividade. A potência gerada pelos GFV's nesses casos em relação a potência total da rede é de 3,46%, 2,06%, 5,39%, 6,41%, 6,78%, 6,82%, 1,01% e 6,41%, respectivamente.

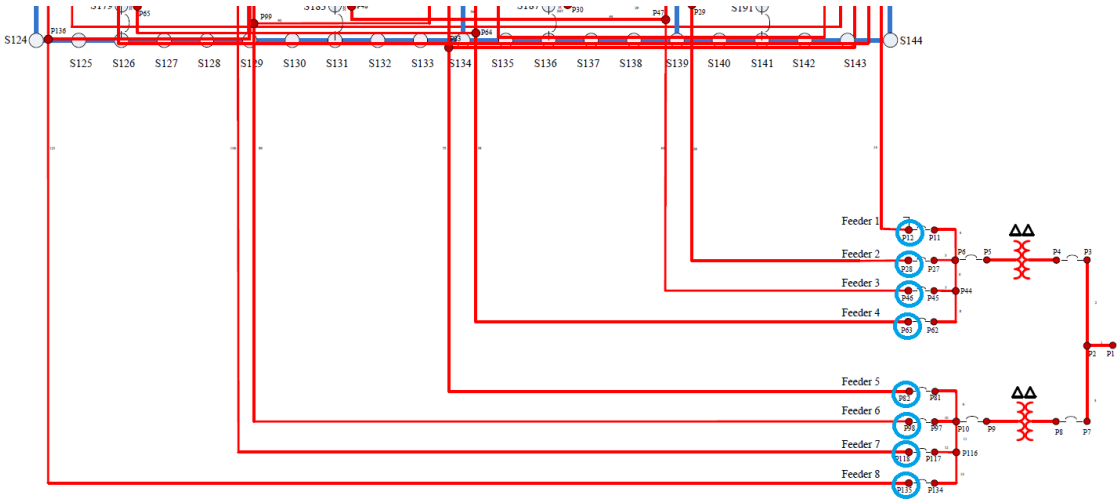
Nos casos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12 e 13 a região onde os GFV's foram inseridos foi escolhida sem nenhum critério específico, entretanto, deveriam ter um número menor de geradores, para

que se pudesse observar como as correntes se comportariam com uma quantidade reduzida de GFV's inseridos em diferentes partes da malha da rede.

4.3.2 Faixas de medição

Foram escolhidos 3 pontos em cada alimentador primário para se fazer as medições, de forma que eles fiquem aproximadamente alinhados em distância na rede, formando assim uma faixa de medição. Esses pontos foram escolhidos de forma que seja possível avaliar a corrente ao longo dos alimentadores e, como foram escolhidos 3 pontos em cada alimentador, existem então 3 faixas de medição. A primeira faixa de medição encontra-se próxima da fonte da rede marcados em círculos azuis (nós P12, P28, P46, P63, P82, P98, P118 e P135), como mostrado na Figura 41.

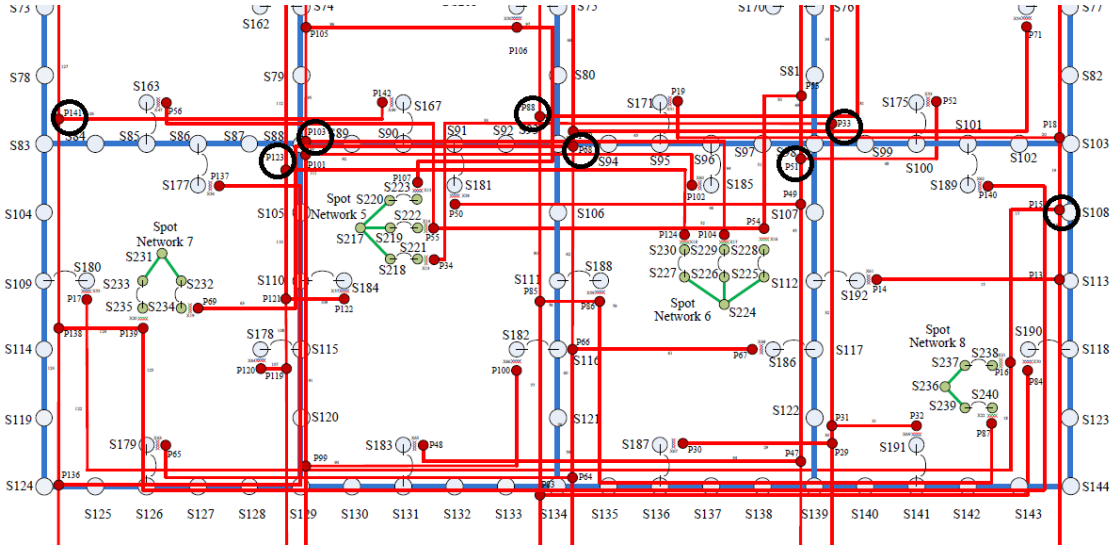
Figura 41 – Primeira faixa de medição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A segunda faixa de medição encontra-se em um ponto mais central dos alimentadores primários da rede, marcados em círculos pretos (nós P141, P123, P103, P88, P68, P51, P33 e P15), como mostrado na Figura 42.

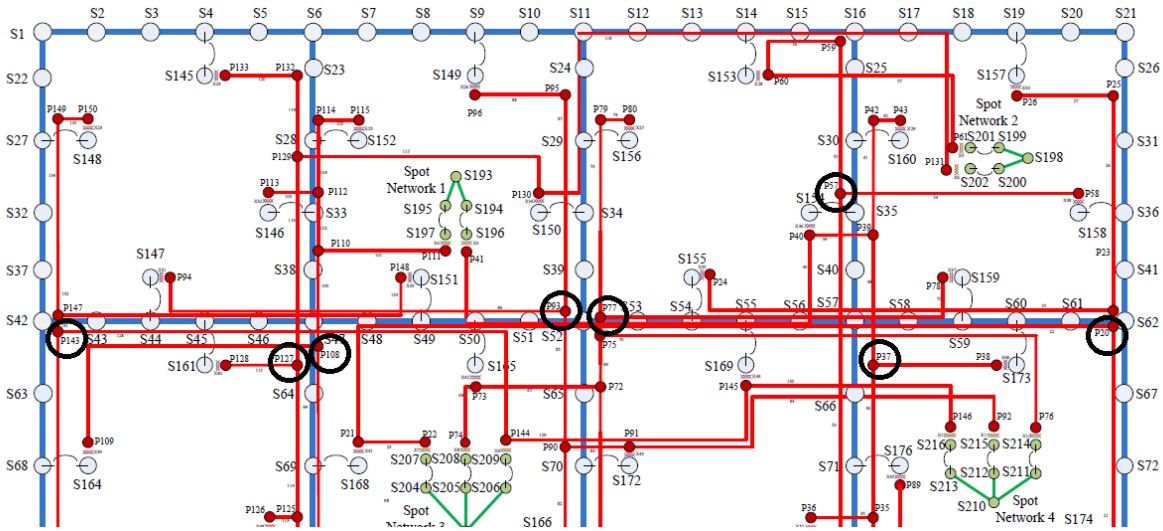
Figura 42 – Segunda faixa de medição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A terceira faixa de medição encontra-se em um ponto mais próximo do final dos alimentadores primários da rede, marcados em círculos pretos (nós P143, P127, P108, P93, P77, P57, P37 e P20), como mostrado na Figura 43.

Figura 43 – Terceira faixa de medição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os protetores, dispositivos que interligam a rede primária à secundária, que ficam do lado secundário, como o dispositivo entre S147 e S44 na Figura 43 apresentada acima, foram considerados simplesmente um trecho de linha de resistência 1e-6Ω (total no trecho).

4.3.3 Parâmetros das linhas da rede

Os parâmetros das linhas de transmissão foram calculados da seguinte forma:

$$POLEGADA = \frac{\frac{2.54}{100}}{1000} km \tag{4.11}$$

$$PE = \frac{\frac{30.48}{100}}{1000} km \tag{4.12}$$

$$MILHA = 1.60934 \quad km \tag{4.13}$$

Linha no trecho de transmissão:

$$GMR1T_{cabo} = 0.0277.PE\ km \tag{4.14}$$

$$R1T_{cabo} = \frac{0.0477}{MILHA}\ \Omega/km \tag{4.15}$$

$$AB1T = 10.PE\ km \tag{4.16}$$

$$AC1T = 20.PE\ km \tag{4.17}$$

$$BC1T = 10.PE\ km \tag{4.19}$$

$$RMG1T = GMR1T_{cabo}\ km \tag{4.20}$$

$$DMG1T = (AB1T.AC1T.BC1T)^{\frac{1}{3}}\ km \tag{4.21}$$

$$R1T = R1T_{cabo} = 0{,}0296\ \Omega/km \tag{4.22}$$

$$L1T = (2.10^{-7}).ln\left(\frac{DMG1T}{RMG1T}\right) = 1.224e^{-6}H/km \tag{4.23}$$

Linhas do restante da rede primária após transformadores delta-delta:

$$GMR1_{cabo} = 0.04683.PE\ km \tag{4.24}$$

$$R1_{cabo} = \frac{0.1214}{MILHA}\Omega/km \tag{4.25}$$

$$AB1 = 3.POLEGADA\ km \tag{4.26}$$

$$AC1 = 6.POLEGADA\ km \tag{4.27}$$

$$BC1 = 3.POLEGADA\ km \tag{4.28}$$

$$RMG1 = GMR1_{cabo}\ km \tag{4.29}$$

$$DMG1 = (AB1.AC1.BC1)^{\frac{1}{3}}\ km \tag{4.30}$$

$$R1 = R1_{cabo} = 0{,}0754\ \Omega/km \tag{4.31}$$

$$L1 = (2.10^{-7}).ln\left(\frac{DMG1}{RMG1}\right) = 3.812e^{-7}H/km \tag{4.32}$$

Linhas da rede secundária de 277V:

$$GMR25_{cabo} = 0.026 * PE\ km \tag{4.33}$$

$$R25_{cabo} = \frac{0.206}{MILHA}\ \Omega/km \tag{4.34}$$

$$AB25 = 3 * POLEGADA\ km \tag{4.35}$$

$$AC25 = 4.424 * POLEGADA\ km \tag{4.36}$$

$$BC25 = 3 * POLEGADA\ km \tag{4.37}$$

$$RMG25 = GMR25_{cabo}\, km \tag{4.38}$$

$$DMG25 = (AB25.AC25.BC25)^{\frac{1}{3}}\, km \tag{4.39}$$

$$R25_{ant} = R25_{cabo}\, \Omega/km \tag{4.40}$$

$$L25_{ant} = (2 * 10^{-7}) * ln\left(\frac{DMG25}{RMG25}\right)\, H/km \tag{4.41}$$

Como são 5 linhas em paralelo temos:

$$R25 = \left(\frac{5}{R25_{ant}}\right)^{-1} = 0{,}0256\, \Omega/km \tag{4.42}$$

$$L25 = \left(\frac{5}{L25_{ant}}\right)^{-1} = 9{,}5714e^{-8}\, H/km \tag{4.43}$$

Linhas da rede secundária de 120V:

$$GMR26_{cabo} = 0.026.PE\, km \tag{4.44}$$

$$R26_{cabo} = \frac{0.206}{MILHA}\Omega/km \tag{4.45}$$

$$AB26 = 3.POLEGADA\, km \tag{4.46}$$

$$AC26 = 4.424.POLEGADA\, km \tag{4.47}$$

$$BC26 = 3.POLEGADA\, km \tag{4.48}$$

$$RMG26 = GMR26_{cabo}\, km \tag{4.49}$$

$$DMG26 = (AB26.AC26.BC26)^{\frac{1}{3}}\, km \tag{4.50}$$

$$R26_{ant} = R26_{cabo}\Omega/km \tag{4.51}$$

$$L26_{ant} = (2.10^{-7}).ln\left(\frac{DMG26}{RMG26}\right) H/km \tag{4.52}$$

Como são 6 linhas em paralelo temos:

$$R26 = \left(\frac{6}{R26_{ant}}\right)^{-1} = 0{,}0213\ \Omega/km \tag{4.53}$$

$$L26 = \left(\frac{6}{L26_{ant}}\right)^{-1} = 7{,}765e^{-8}\ H/km \tag{4.54}$$

A seguir temos no Quadro 5 um resumo com os valores das resistências e indutâncias de cada trecho de linha da rede simulada, conforme foi calculado acima.

Quadro 5 – Resumo dos parâmetros das linhas.

	Trecho de Transmissão (R1T e L1T)	Rede primária (R1 e L1)	Rede secundária de 277V (R25 e L25)	Rede secundária de 120V (R26 e L26)
R (Ω/km)	0,0296	0,0754	0,0256	0,0213
L (μH/km)	1,224	0,3812	0,095714	0,07765

Fonte: Elaborado pelo autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como mencionado anteriormente, o objetivo do estudo é avaliar como a corrente se comporta ao longo dos alimentadores primários com a inserção de GDFV's em diferentes pontos da rede. Para isso foram escolhidos 3 faixas de medição ao longo dos alimentadores, como foi mostrado no tópico 4.3.2. A partir dos resultados obtidos, pode-se analisar os possíveis impactos na proteção de sobrecorrente temporizado.

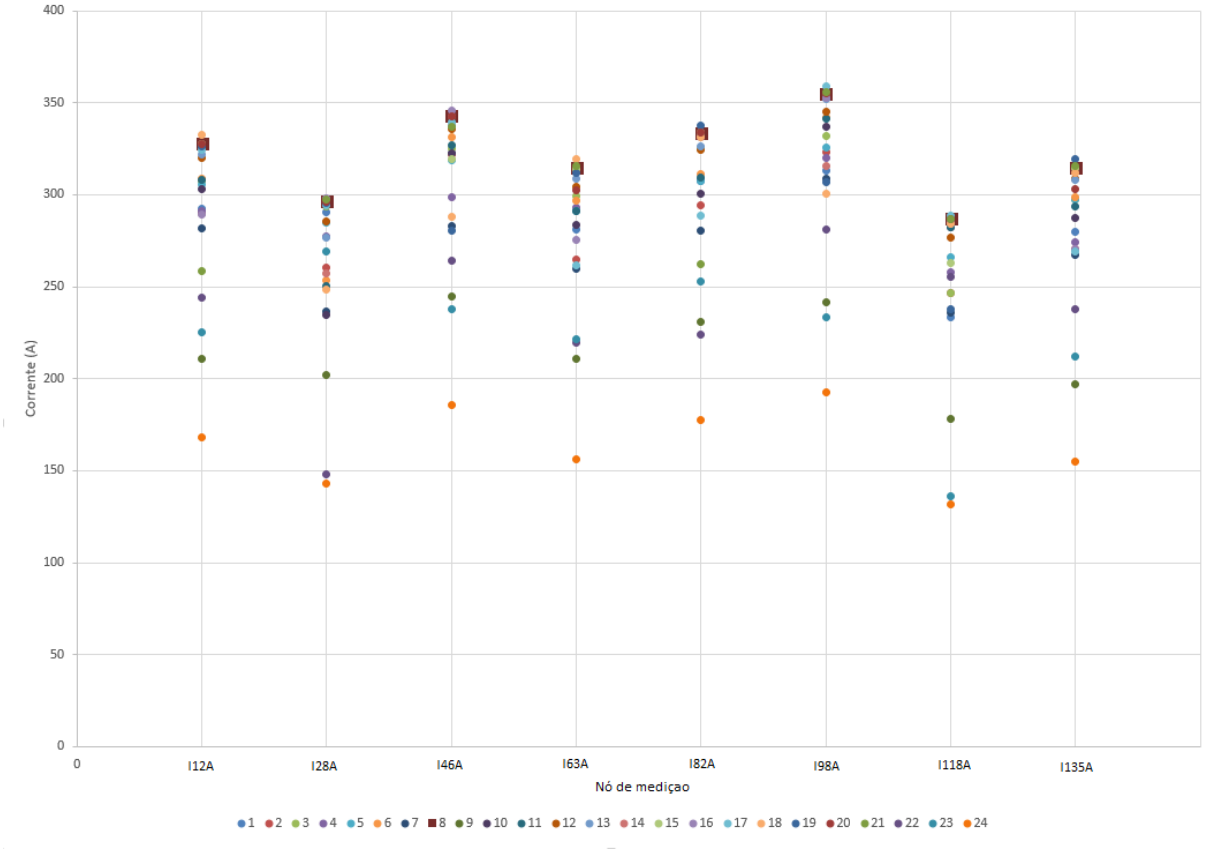
Nesse tópico será apresentado os resultados obtidos nas simulações realizadas através dos gráficos. Para os Gráficos de 1 a 9 a seguir o caso referência é o caso 8, onde não há nenhum GDFV no sistema, e está destacado como o pequeno quadrado marrom. Cada nó de medição

no gráfico representa um nó ao longo do alimentador onde está sendo feita a medição, totalizando 8 pontos por gráfico.

5.1 Primeira faixa de medição

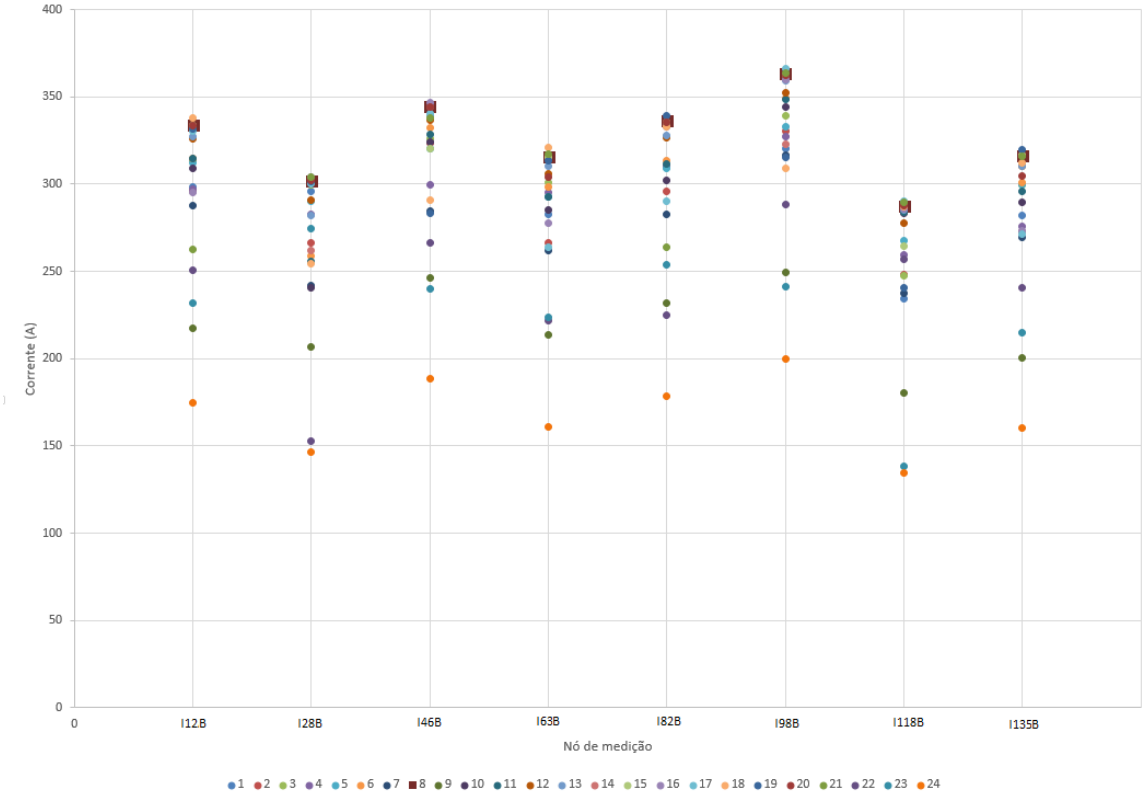
Nos Gráficos 1, 2 e 3 a seguir, tem-se os resultados das simulações nas fases A, B e C, respectivamente, da primeira faixa de medição conforme Figura 41 do tópico 4.3.2, para os 24 casos escolhidos.

Gráfico 1 – Fase A da primeira faixa de medição.



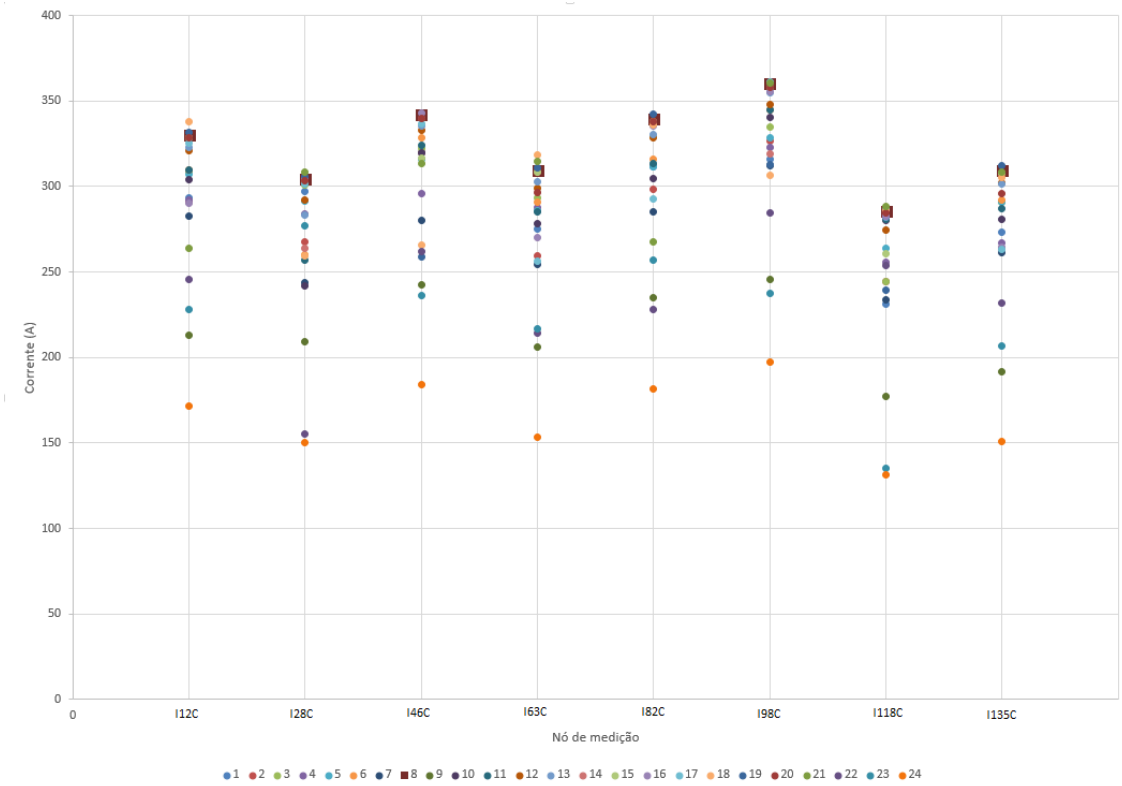
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 2 – Fase B da primeira faixa de medição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 3 – Fase C da primeira faixa de medição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No Quadro 6 a seguir, é apresentado um resumo dos resultados obtidos para essa faixa de medição.

Quadro 6 – Resumo dos resultados da simulação para primeira faixa de medição.

	Nó	FASE	I_BASE	I_MAX	Caso_MAX	Dif. Caso base (%)	I_MIN	Caso_MIN	Dif. Caso base (%)
PRIMEIRA FAIXA DE MEDIÇÃO	I12	A	327,65	332,76	18	1,56	168,37	24	-48,61
		B	334,00	337,84	18	1,15	174,98	24	-47,61
		C	330,07	337,77	18	2,33	171,84	24	-47,94
	I28	A	296,80	298,23	16	0,48	143,12	24	-51,78
		B	302,09	303,88	16	0,59	146,29	24	-51,57
		C	304,20	308,33	21	1,36	150,53	24	-50,52
	I46	A	342,91	345,90	16	0,87	185,82	24	-45,81
		B	344,61	347,05	16	0,71	188,45	24	-45,31
		C	341,77	343,10	16	0,39	184,35	24	-46,06
	I63	A	314,44	319,32	18	1,55	156,42	24	-50,25
		B	315,51	321,04	18	1,75	160,72	24	-49,06
		C	309,43	318,50	18	2,93	153,21	24	-50,49
	I82	A	333,75	337,43	19	1,10	177,85	24	-46,71
		B	336,21	339,30	19	0,92	178,30	24	-46,97
		C	339,44	342,34	19	0,85	181,71	24	-46,47
	I98	A	355,19	358,68	17	0,98	192,53	24	-45,80
		B	363,47	365,91	17	0,67	199,92	24	-45,00
		C	360,21	361,49	17	0,36	197,59	24	-45,15
	I118	A	286,93	288,85	17	0,67	131,67	24	-54,11
		B	287,66	289,97	17	0,80	134,36	24	-53,29
		C	285,43	288,18	21	0,96	131,24	24	-54,02
	I135	A	314,99	319,42	19	1,40	154,89	24	-50,83
		B	316,53	319,73	19	1,01	160,03	24	-49,44
		C	309,12	312,35	19	1,04	151,04	24	-51,14

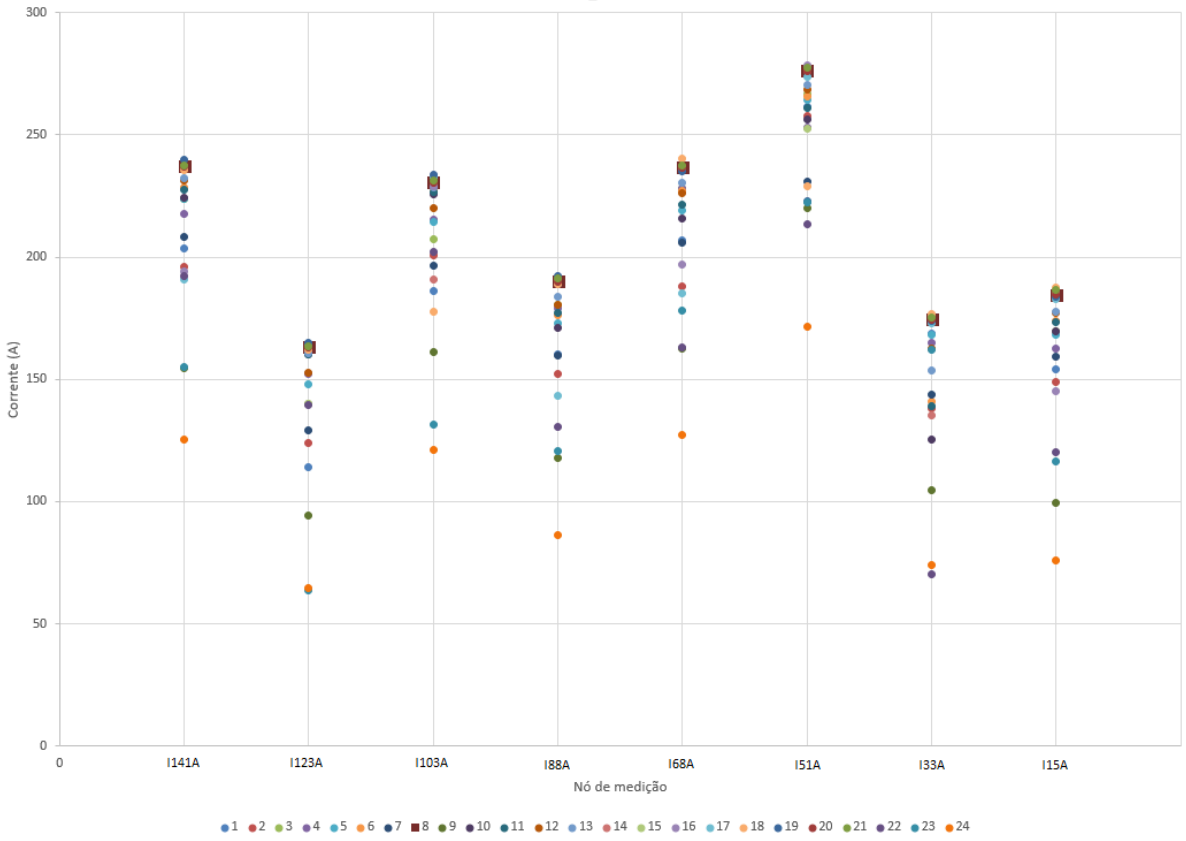
Fonte: Elaborado pelo autor.

Pelo quadro pode-se ver que os aumentos variaram entre 0,36% e 2,93% e eles ocorrem nos casos onde os GFV's estão injetando potência acima dos 5,39% da carga total e estão inseridos nos pontos da rede de 277V que está fora da malha. As maiores reduções variam entre 45% e 54,11%, uma variabilidade de 9,11% entre os resultados. Para esse faixa de medição nas 3 fases em todos os alimentadores o caso 24 foi o caso que apresentou a menor corrente: que é o caso no qual todos os pontos que tem carga têm também um GDFV na rede de 120V. Isso provavelmente ocorre, pois, essa faixa de medição é a primeira logo no início da rede primária e dessa forma toda a carga da rede está posterior a ela. Como o caso 24 é o caso que mais inseri potência na rede pelos GFV's é natural que esse caso cause a maior redução de corrente nos alimentadores.

5.2 Segunda faixa de medição

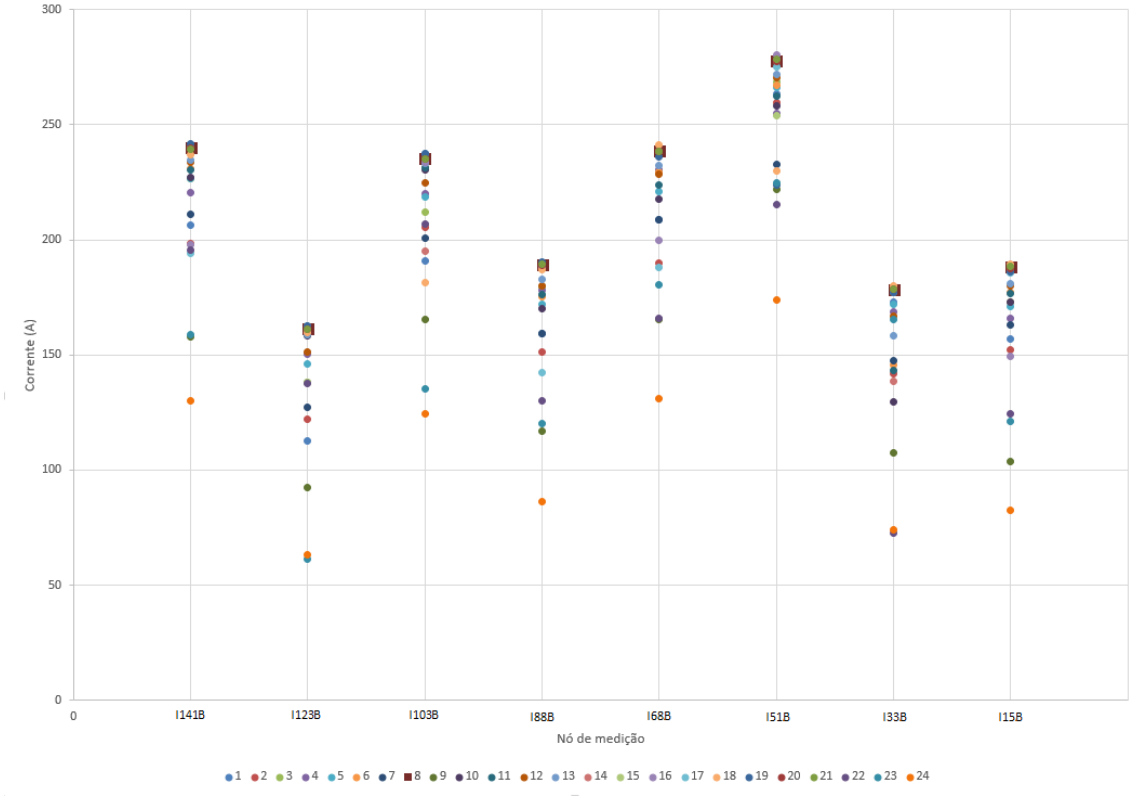
Nos Gráficos 4, 5 e 6 a seguir, temos os resultados das simulações nas fases A, B e C respectivamente, da segunda faixa de medição conforme Figura 42 do tópico 4.3.2, para os 24 casos escolhidos.

Gráfico 4 – Fase A da segunda faixa de medição.



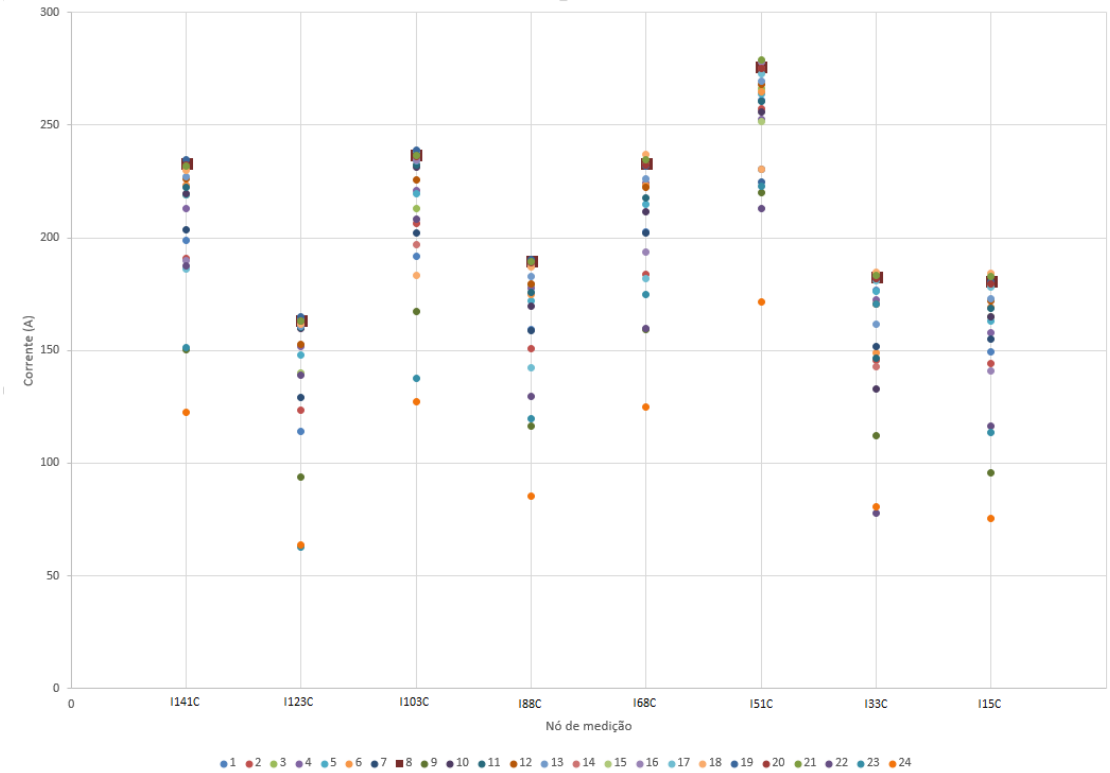
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 5 – Fase B da segunda faixa de medição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 6 – Fase C da segunda faixa de medição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 7 - Resumo dos resultados da simulação para segunda faixa de medição.

	Nó	FASE	I_BASE	I_MAX	Caso_MAX	Dif. Caso base (%)	I_MIN	Caso_MIN	Dif. Caso base (%)
SEGUNDA FAIXA DE MEDIÇÃO	I141	A	237,23	240,00	19	1,17	125,34	24	-47,16
		B	239,81	241,68	19	0,78	130,18	24	-45,71
		C	232,80	234,39	19	0,68	122,42	24	-47,41
	I123	A	163,20	165,17	19	1,21	63,57	23	-61,05
		B	161,26	162,64	19	0,85	61,53	23	-61,84
		C	163,36	164,81	19	0,89	62,85	23	-61,53
	I103	A	230,53	233,76	19	1,40	121,33	24	-47,37
		B	235,53	237,69	19	0,92	124,57	24	-47,11
		C	236,93	239,08	19	0,91	127,44	24	-46,21
	I88	A	190,21	192,22	19	1,06	86,51	24	-54,52
		B	189,36	190,47	19	0,59	86,16	24	-54,50
		C	189,62	190,38	19	0,40	85,29	24	-55,02
	I68	A	236,59	240,17	18	1,51	127,35	24	-46,17
		B	238,42	241,10	18	1,12	131,15	24	-44,99
		C	232,86	237,07	18	1,81	125,00	24	-46,32
	I51	A	276,21	278,47	16	0,82	171,64	24	-37,86
		B	277,67	280,11	16	0,88	173,73	24	-37,44
		C	275,87	278,99	21	1,13	171,62	24	-37,79
	I33	A	174,46	176,87	18	1,38	70,44	22	-59,62
		B	178,45	180,10	18	0,93	72,70	22	-59,26
		C	182,38	184,95	18	1,41	78,00	22	-57,23
	I15	A	184,53	187,53	18	1,63	76,13	24	-58,74
		B	188,02	189,57	18	0,83	82,70	24	-56,01
		C	180,81	184,12	18	1,83	75,52	24	-58,23

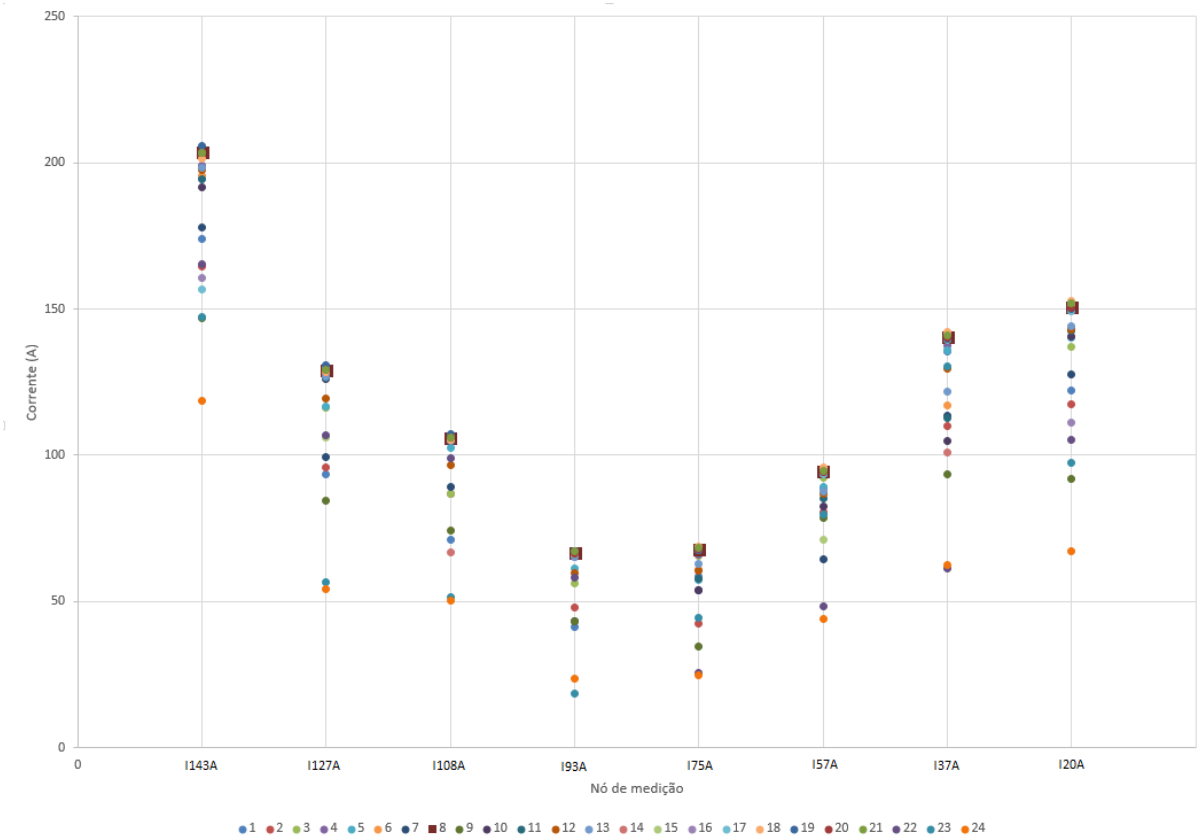
Fonte: Elaborado pelo autor.

Pelo quadro pode-se ver que os aumentos variaram entre 0,40% e 1,83% e eles também ocorrem nos casos onde os GFV's estão injetando potência acima dos 5,39% da carga total e estão inseridos nos pontos da rede de 277V que está fora da malha. As maiores reduções variam entre 37,44% e 61,84%, uma variabilidade de 24,4% entre os resultados. Essa maior variação ocorre, pois, essa faixa de medição encontra-se já dentro da rede secundária, de forma que o posicionamento dos geradores dentro da malha tenha uma maior influência nas correntes de carga. Para esse faixa de medição o caso 24 foi também o caso que apresentou a menor corrente nos alimentadores para a maioria dos nós, com exceção apenas dos pontos P123 e P33, onde as maiores reduções ficaram por conta dos casos 23 e 22, respectivamente, que são casos onde todos os GFV's inseridos nas redes estão em uma metade e na outra. Dessa forma a maior redução para o ponto P123 ocorre quando os GFV's estão na metade em que o ponto se encontra, assim como para o ponto P33 também ocorre quando os GFV's estão na sua metade, o que mostra que o posicionamento dos geradores influência no resultado.

5.3 Terceira faixa de medição

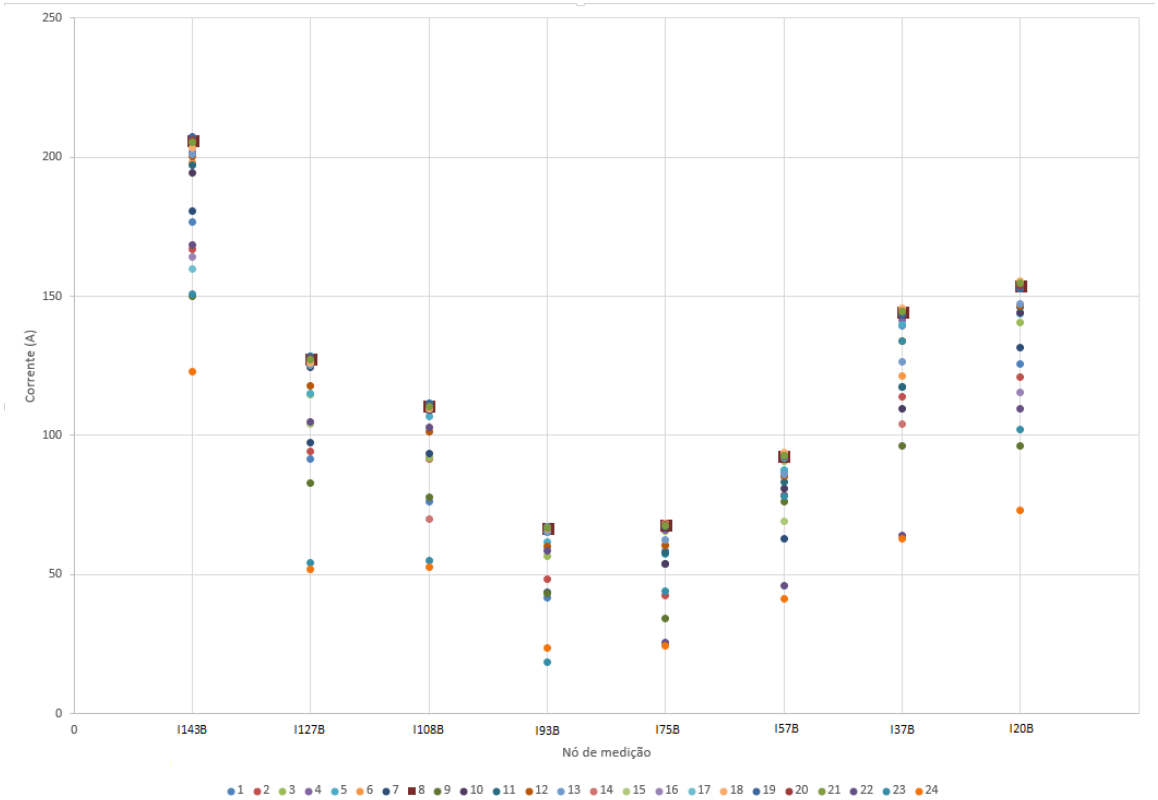
Nos Gráficos 7, 8 e 9 a seguir, temos os resultados das simulações nas fases A, B e C respectivamente, da terceira faixa de medição conforme Figura 43 do tópico 4.3.2, para os 24 casos escolhidos.

Gráfico 7 – Fase A da terceira faixa de medição.



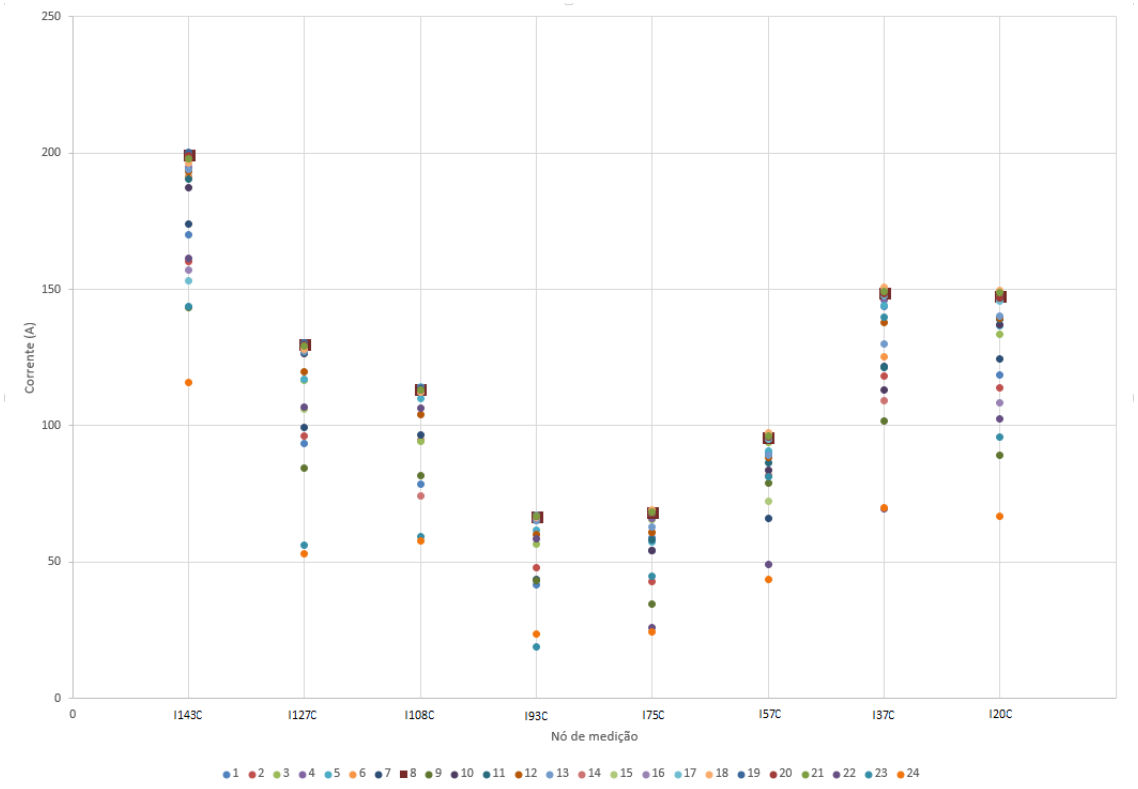
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 8 – Fase B da terceira faixa de medição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 9 – Fase C da terceira faixa de medição.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 8 - Resumo dos resultados da simulação para terceira faixa de medição.

	Nó	FASE	I_BASE	I_MAX	Caso_MAX	Dif. Caso base (%)	I_MIN	Caso_MIN	Dif. Caso base (%)
TERCEIRA FAIXA DE MEDIÇÃO	I143	A	203,47	205,65	19	1,08	118,66	24	-41,68
		B	205,78	207,45	19	0,81	122,83	24	-40,31
		C	199,26	200,19	19	0,47	115,92	24	-41,82
	I127	A	129,20	130,66	19	1,14	54,10	24	-58,12
		B	127,40	128,50	17	0,86	51,97	24	-59,21
		C	129,67	130,47	17	0,61	53,12	24	-59,04
	I108	A	105,98	107,17	19	1,12	50,31	24	-52,53
		B	110,44	111,43	17	0,90	52,59	24	-52,38
		C	113,39	114,18	17	0,70	57,68	24	-49,13
	I93	A	66,73	67,19	19	0,70	18,49	23	-72,28
		B	66,76	67,40	17	0,96	18,54	23	-72,23
		C	66,80	67,28	17	0,71	18,79	23	-71,87
	I75	A	67,99	68,81	18	1,21	24,67	24	-63,72
		B	67,79	68,42	16	0,93	24,30	24	-64,16
		C	68,36	69,12	18	1,10	24,54	24	-64,11
	I57	A	94,47	95,76	18	1,36	43,96	24	-53,47
		B	92,71	93,86	18	1,25	41,19	24	-55,57
		C	95,85	97,39	18	1,60	43,82	24	-54,28
	I37	A	140,40	142,24	18	1,31	61,52	22	-56,18
		B	144,46	145,81	18	0,93	63,07	24	-56,34
		C	148,74	150,68	18	1,31	69,68	22	-53,15
	I20	A	150,75	152,84	18	1,39	67,14	24	-55,46
		B	153,92	155,35	18	0,93	72,96	24	-52,60
		C	147,30	149,80	18	1,69	66,68	24	-54,73

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pelo quadro pode-se ver que os aumentos variaram entre 0,47% e 1,69% e eles mais uma vez ocorrem nos casos onde os GFV's estão injetando potência acima dos 5,39% da carga total e estão inseridos nos pontos da rede de 277V que está fora da malha. As maiores reduções variam entre 40,31% e 72,28%, uma variabilidade de 31,97% entre os resultados. Para essa faixa de medição a variação entre as reduções foi maior ainda, pois, essa faixa de medição encontra-se já no final de linha do alimentador primário, e além do posicionamento dos geradores na malha da rede influenciar nas correntes de carga, a própria carga nos alimentadores nessa faixa já é mais reduzida e mal distribuída. Para esse faixa de medição o caso 24 mais uma vez foi caso que apresentou a menor corrente nos alimentadores para a maioria dos nós, com exceção apenas dos pontos P93 e fases A e C do P37, onde as maiores reduções ficaram novamente por conta dos casos 23 e 22, respectivamente, que são casos onde os GFV's estão alocados nas metades onde se encontram cada ponto.

5.4 Análise dos resultados

Nos Quadros 6, 7 e 8, as maiores reduções de corrente encontradas foram de 54,11% no ponto I118A, 61,84% no ponto I123B e 72,28% no ponto I93A respectivamente, porém todos os outros pontos também apresentaram reduções bem significativas. Já os maiores acréscimos foram de 2,93% no ponto I63C, 1,83% no ponto I15C e 1,69% no ponto I20C respectivamente.

Pelo resultado obtido, não houveram grandes aumentos nas correntes de regime permanente em nenhum dos casos simulados, sendo o maior aumento de 2,93%, o que não impacta no correto funcionamento dos DP's de sobrecorrrente (elemento 51), já que a corrente de *pickup* é ajustada como na equação 3.1 e 3.2, deixando-se uma certa margem de segurança para a corrente de carga, entretanto, caso o ajuste seja feito com uma margem muito pequena, caso ocorra um caso como o que gerou esse aumento de 2,93% pode-se ter a proteção atuando quando não deveria.

As reduções de correntes encontradas são bem significativas, chegando até a uma redução de 72,28% em relação a corrente de carga do sistema sem GDFV. Essa redução pode fazer com que o ajuste que existia nos DP's de sobrecorrente do sistema, possam estar bem defasados na nova realidade, perdendo sensibilidade na proteção.

Outro problema pode surgir caso decida-se ajustar a corrente de *pickup* dos DP's de sobrecorrente para uma corrente menor, considerando a redução da corrente de carga pela influência dos GFV's, pois, como a geração fotovoltaica tem características intermitentes, a corrente de carga pode ter grandes acréscimos fazendo assim a proteção do sistema atuar quando não deveria, tornando assim o sistema não seguro. Uma possível solução para esse problema seria a implantação de um sistema inteligente capaz de detectar quando os GDFV's estão injetando energia na rede, e baseado nessa medida fazer os ajustes dos parâmetros dos relés de proteção de sobrecorrente dinamicamente.

5.4.1 Variação da corrente em função da potência total dos GDFV's

A seguir temos nos gráficos de 10 ao 33 as correntes em cada nó da rede em função da potência total fornecida pelos GDFV's. No Quadro 9 temos as potências em função de cada caso simulado junto com o quanto ele representa percentualmente em relação a carga total do

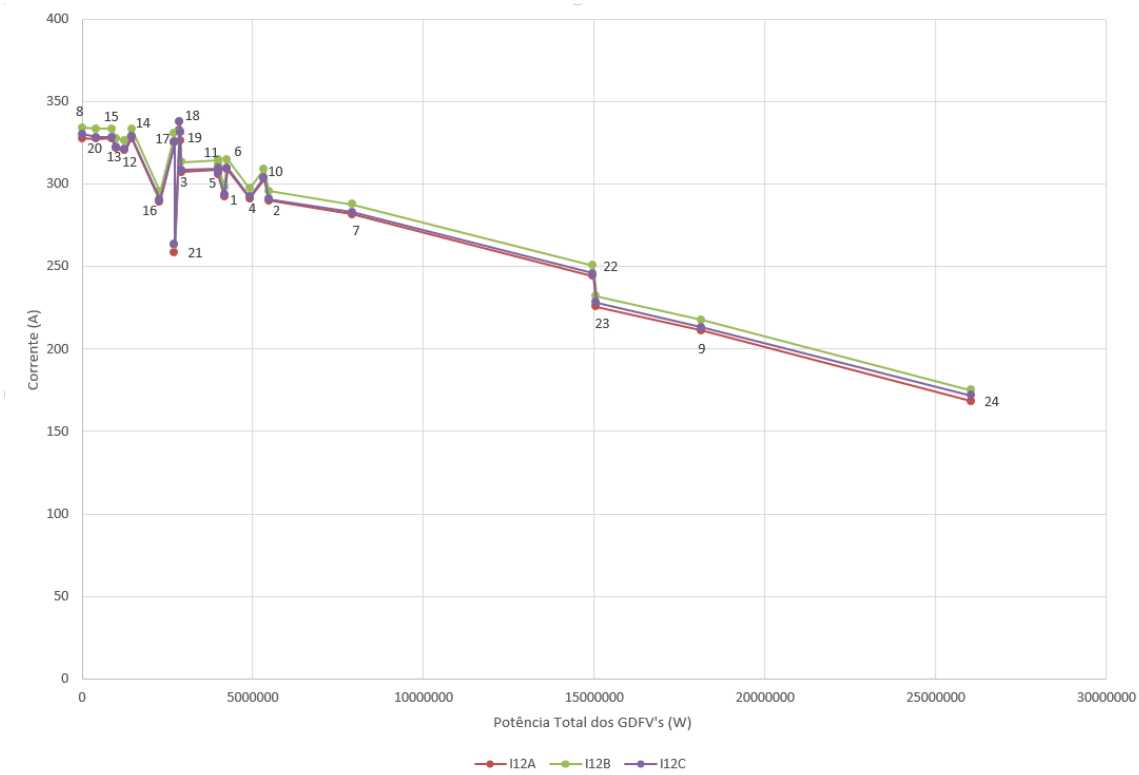
sistema. Os gráficos foram gerados para que se pudesse observar se existe alguma relação entre essas grandezas. Os gráficos incluem as 3 fases de cada ponto e os números ao lado de cada ponto é o número do caso em questão.

Quadro 9 – Potência por caso.

Caso	P_GDFV	Potência total dos GDFV's em relação a potência total das cargas (%)
8	0	0,00
20	426.150	1,01
15	868.150	2,06
13	998.170	2,36
12	1.263.170	2,99
14	1.461.920	3,46
16	2.274.910	5,39
17	2.703.600	6,41
21	2.704.010	6,41
18	2.860.370	6,78
19	2.879.720	6,82
3	2.911.330	6,90
11	3.982.290	9,43
5	3.988.520	9,45
1	4.181.360	9,91
6	4.255.660	10,08
4	4.914.020	11,64
10	5.338.790	12,65
2	5.480.680	12,98
7	7.906.740	18,73
22	14.965.110	35,45
23	15.055.000	35,67
9	18.124.850	42,94
24	26.031.590	61,67

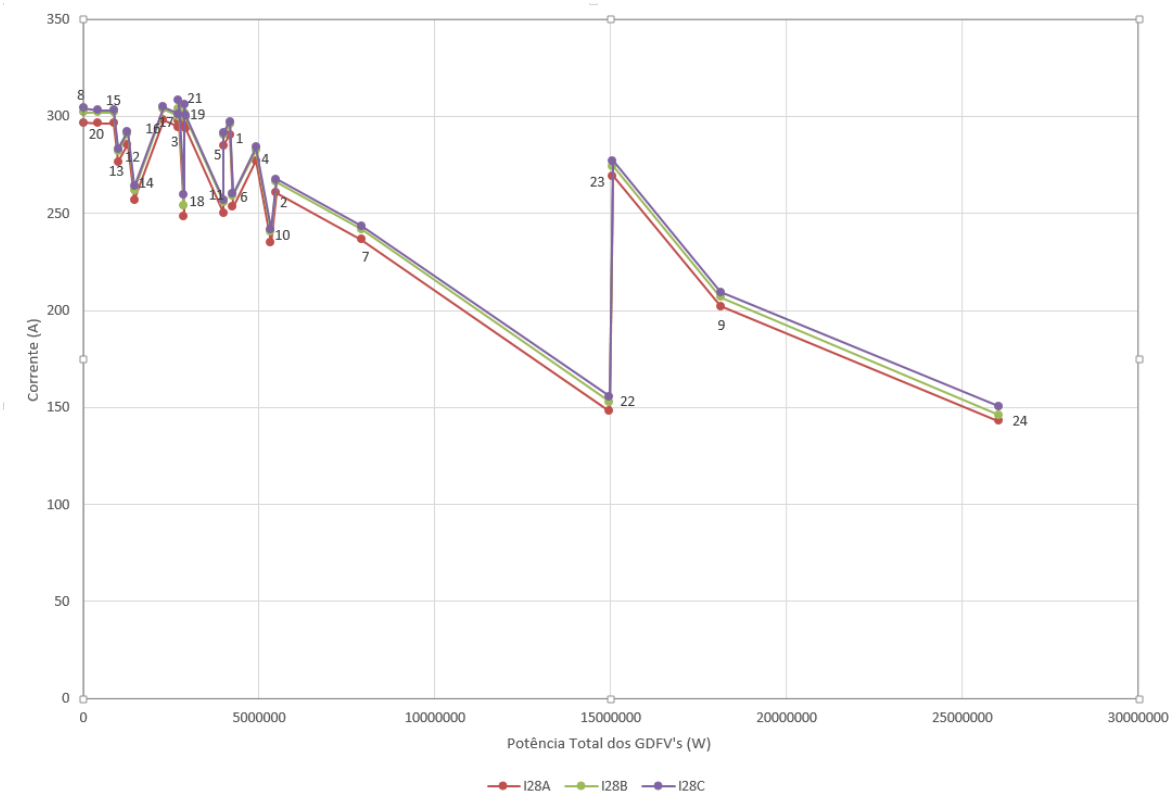
Fonte: Elaborado pelo auto.

Gráfico 10 – Corrente no ponto P12 em função da potência total dos GDFV's.



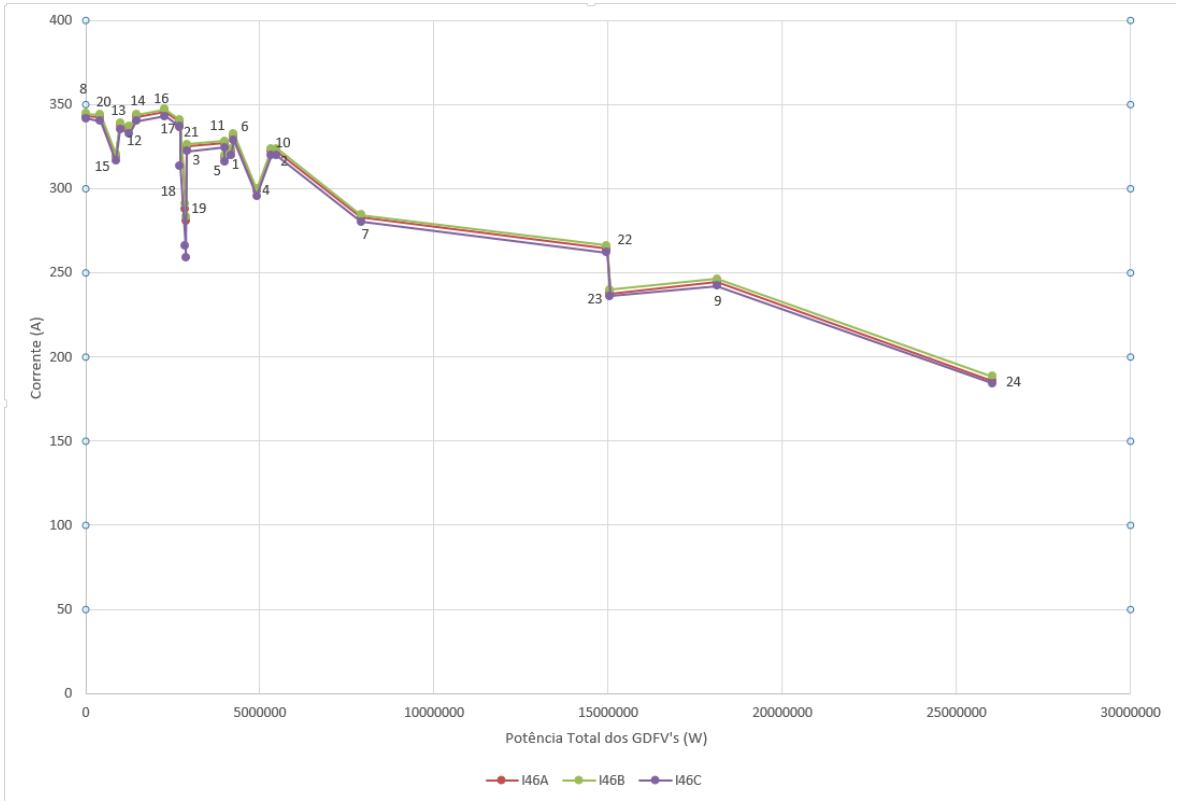
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 11 – Corrente no ponto P28 em função da potência total dos GDFV's.



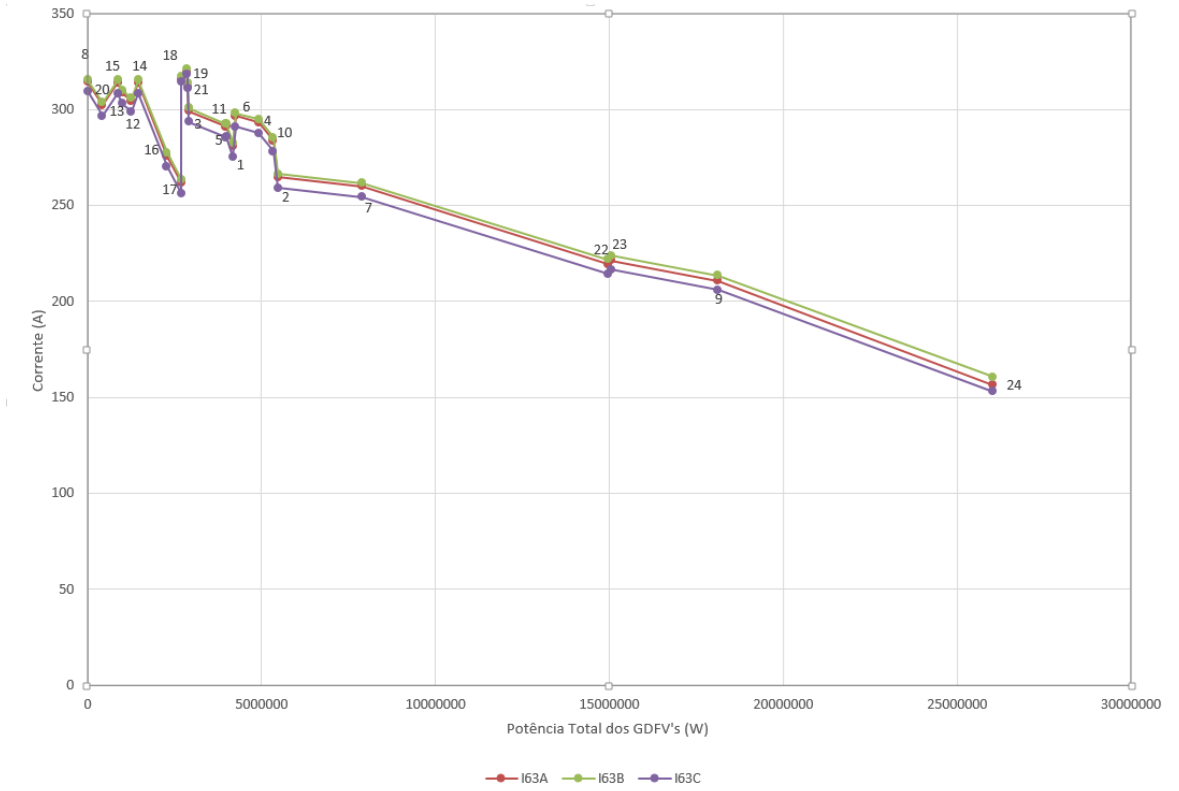
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 12 – Corrente no ponto P46 em função da potência total dos GDFV's.



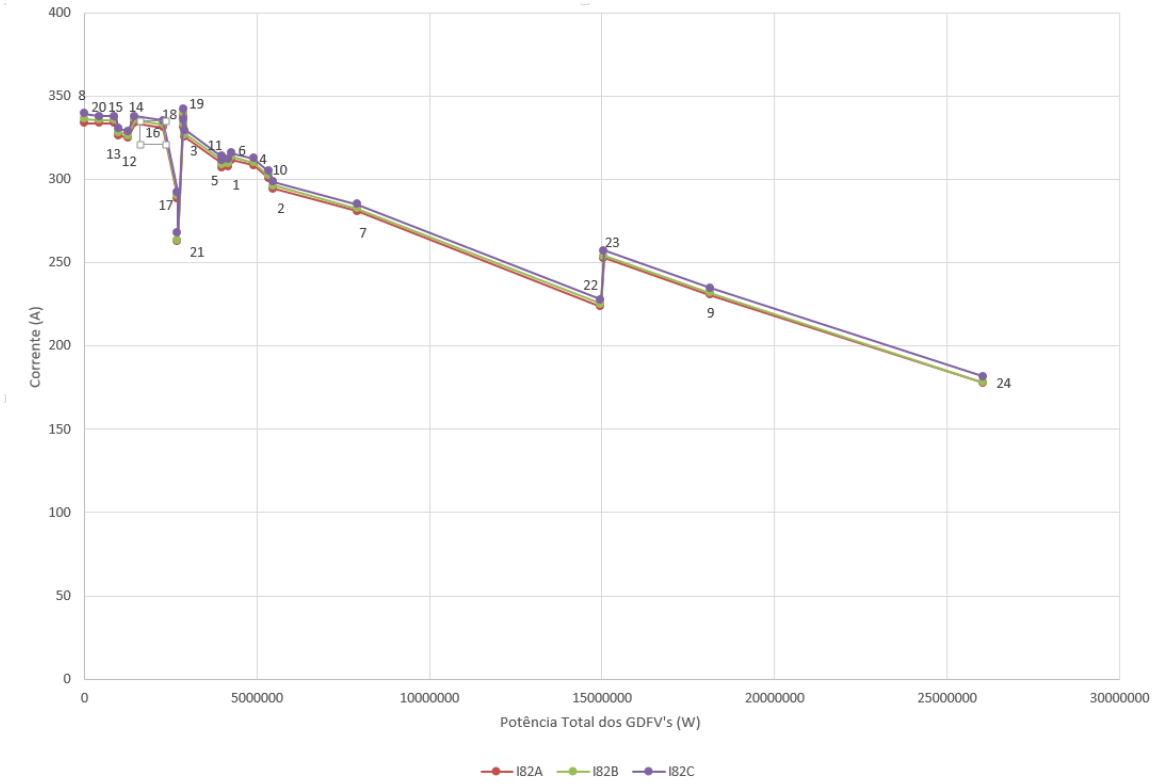
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 13 – Corrente no ponto P63 em função da potência total dos GDFV's.



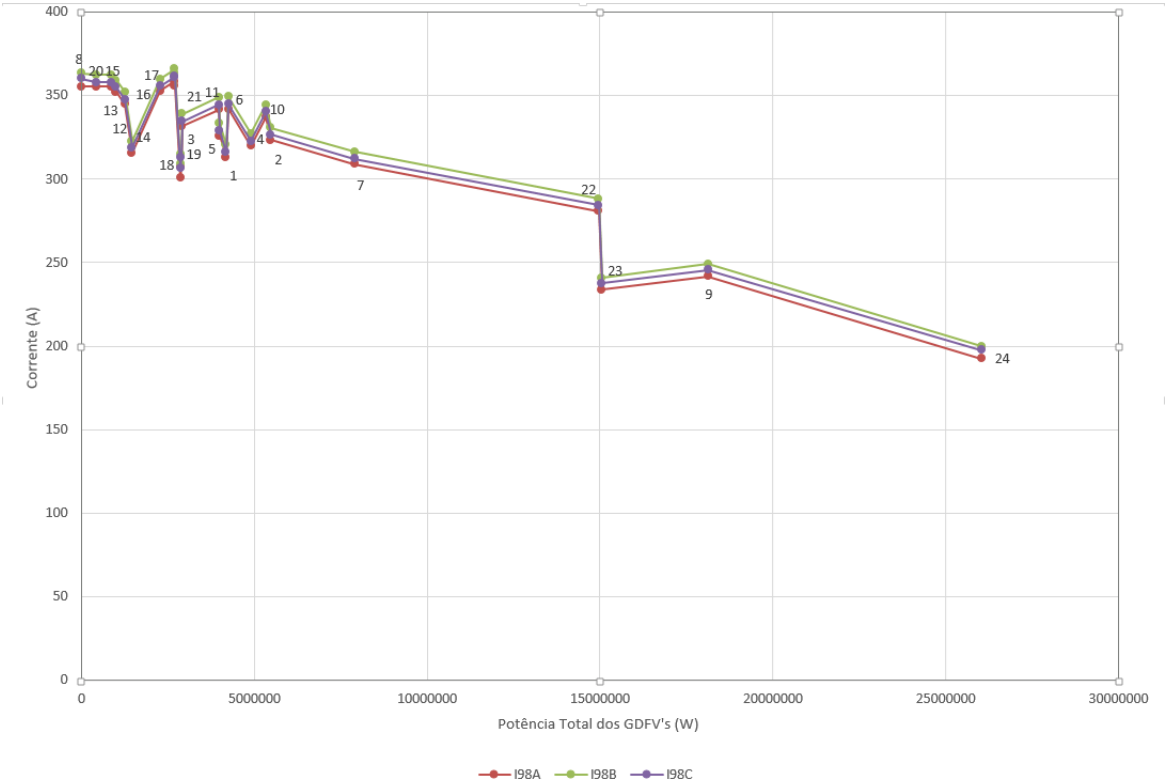
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 14 – Corrente no ponto P82 em função da potência total dos GDFV's.



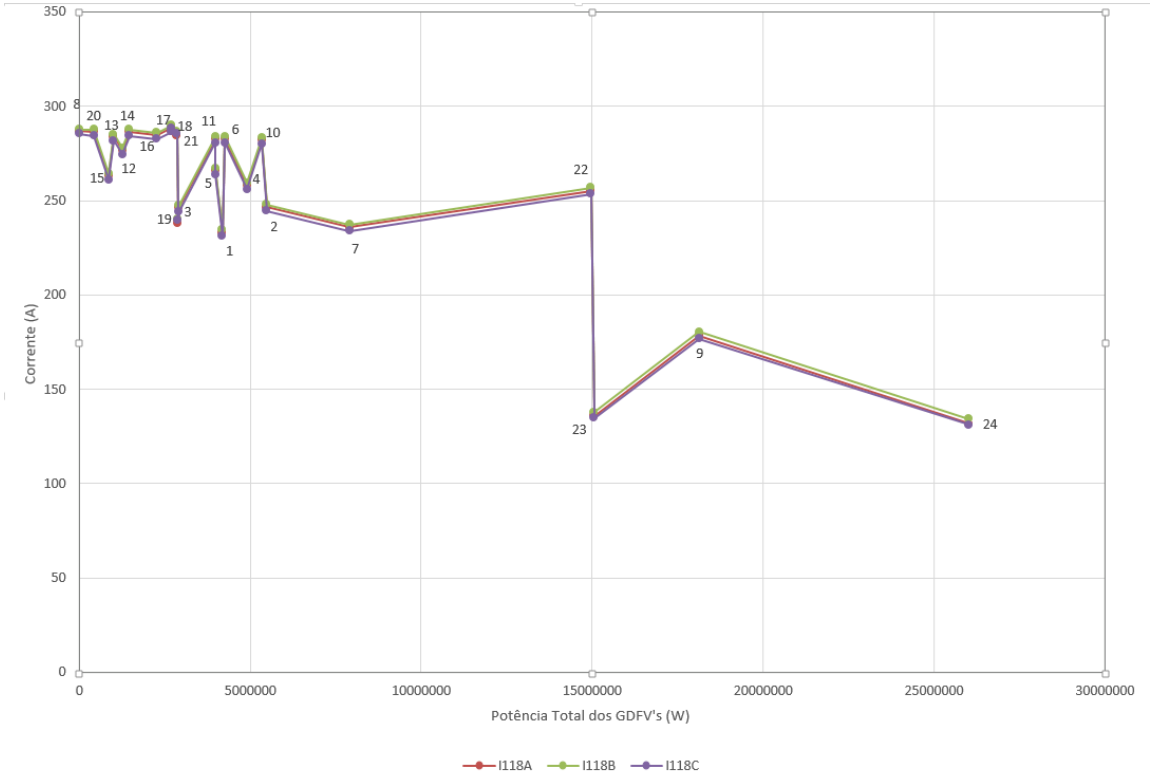
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 15 – Corrente no ponto P98 em função da potência total dos GDFV's.



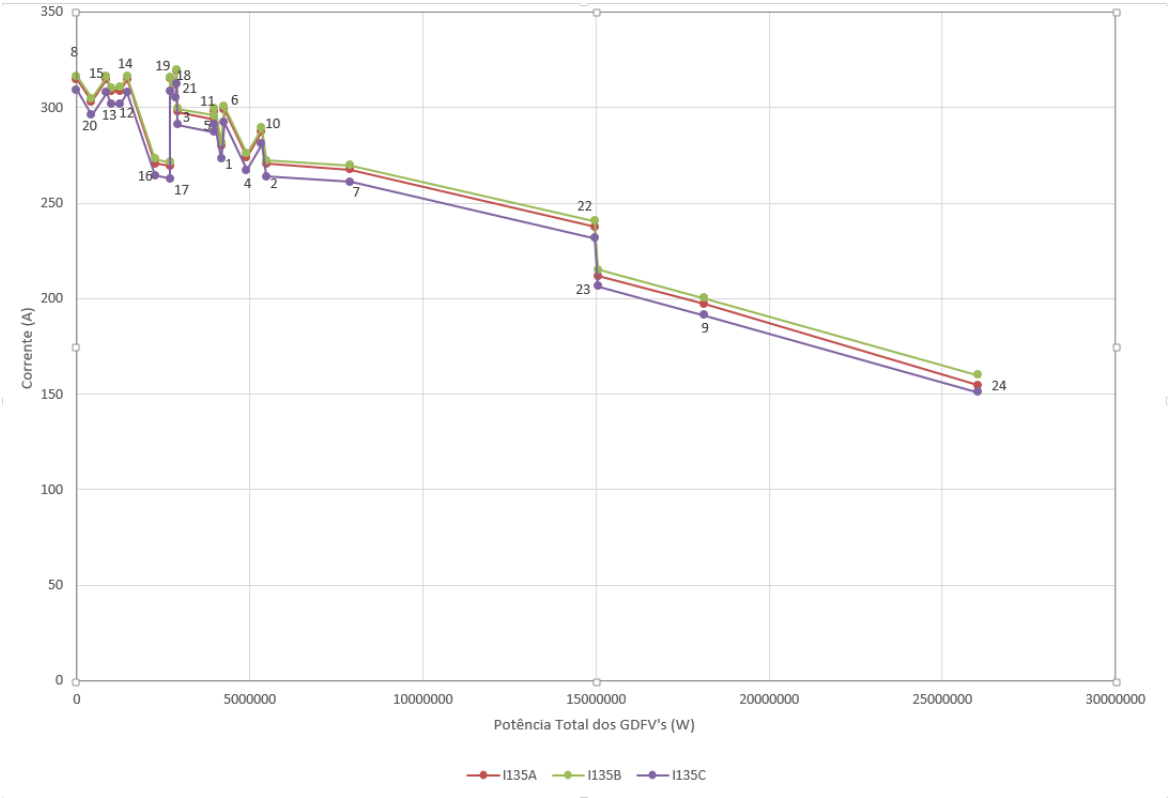
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 16 – Corrente no ponto P118 em função da potência total dos GDFV's.



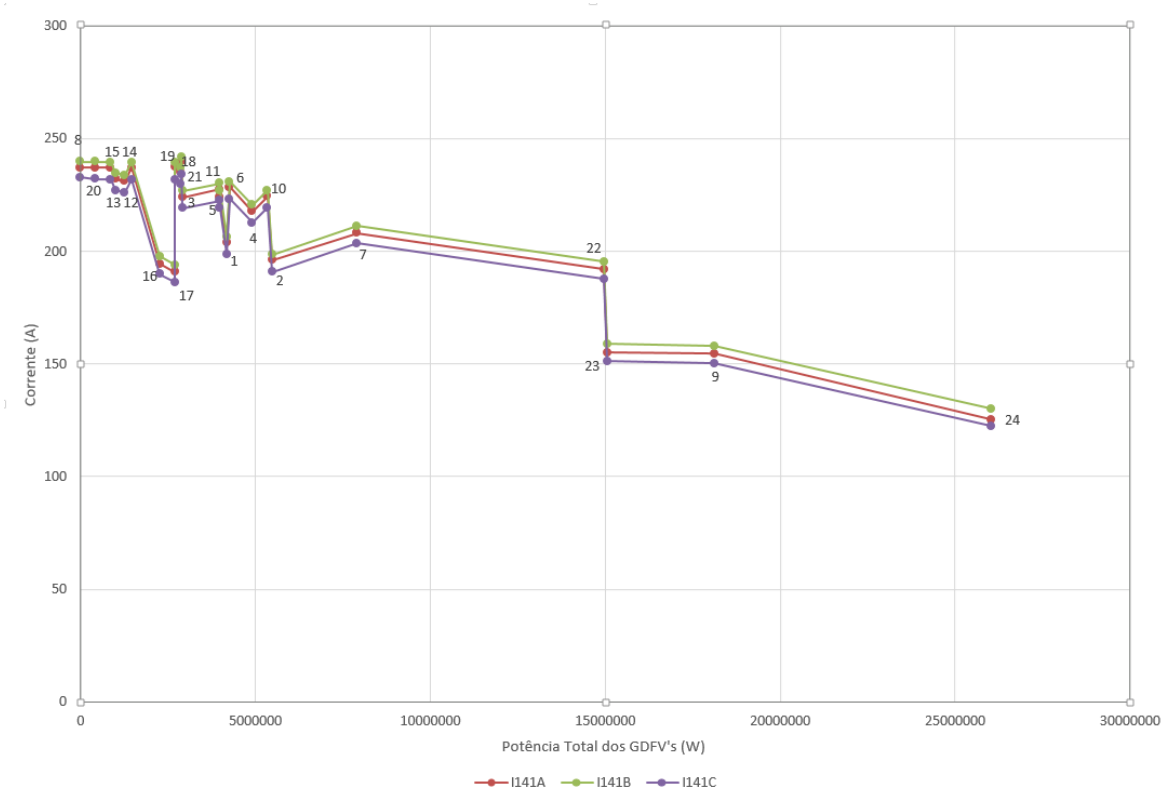
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 17 – Corrente no ponto P135 em função da potência total dos GDFV's.



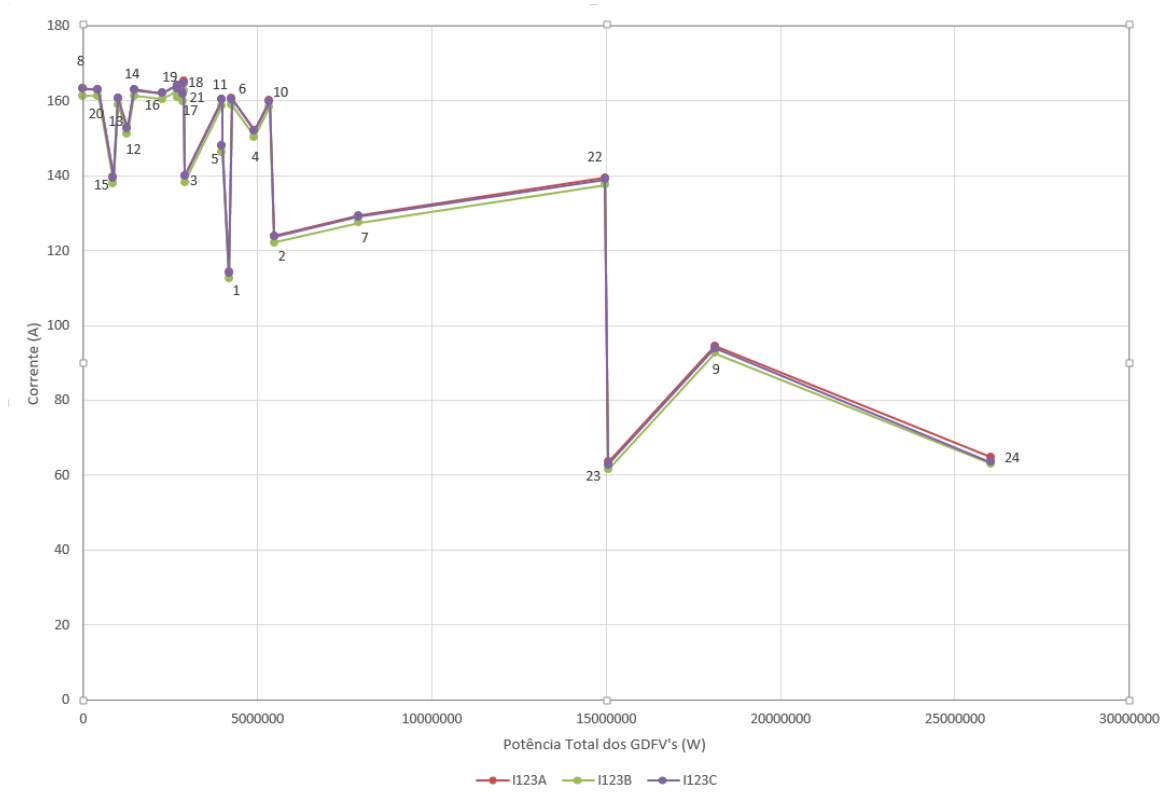
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 18 – Corrente no ponto P141 em função da potência total dos GDFV's.



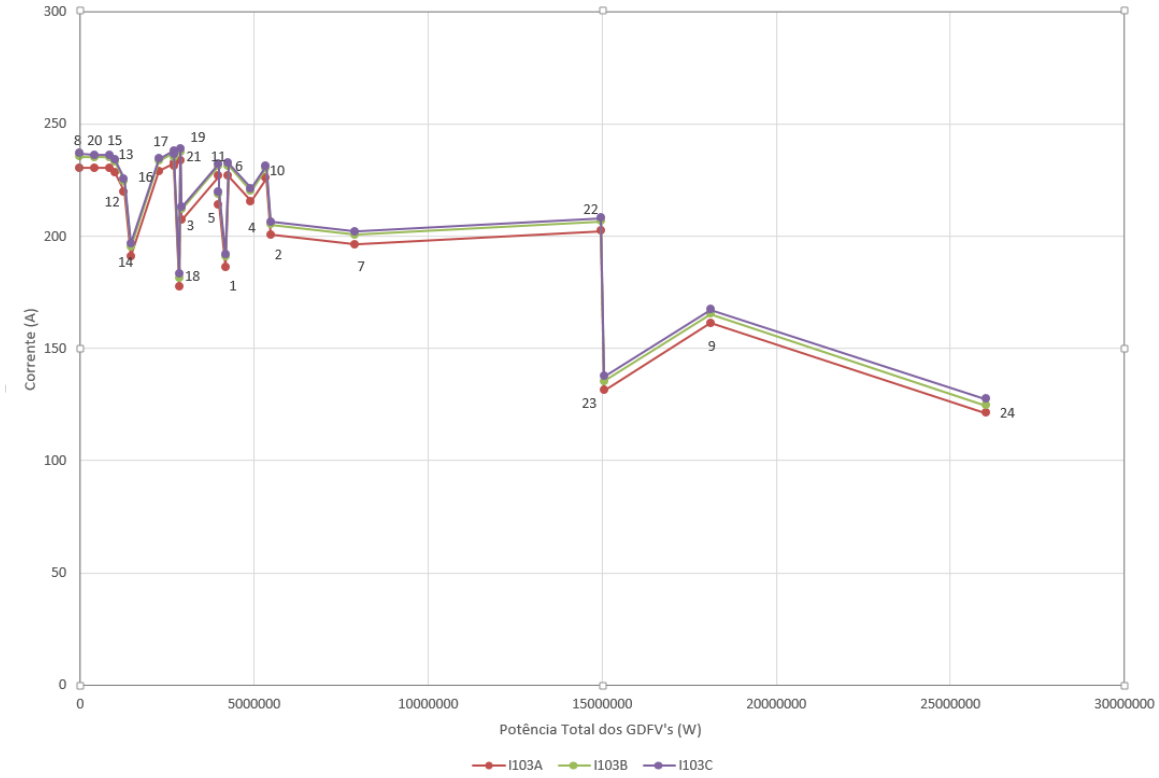
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 19 – Corrente no ponto P123 em função da potência total dos GDFV's.



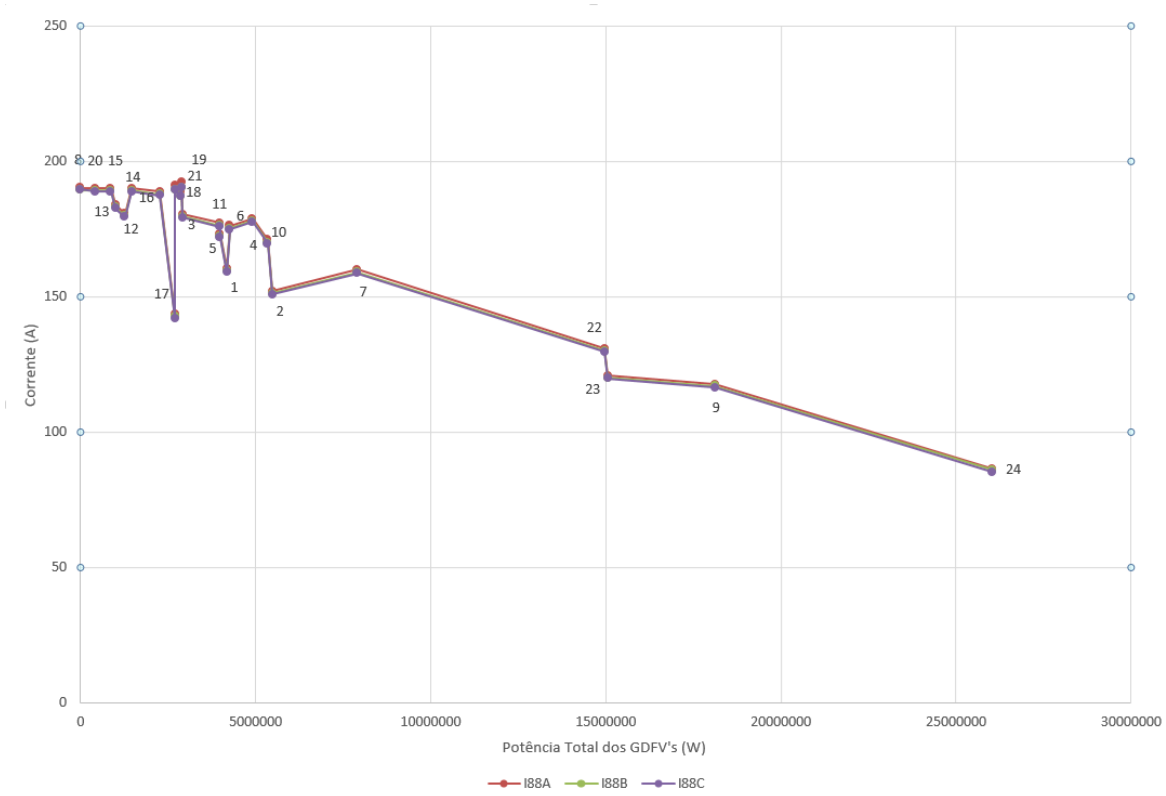
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 20 – Corrente no ponto P103 em função da potência total dos GDFV's.



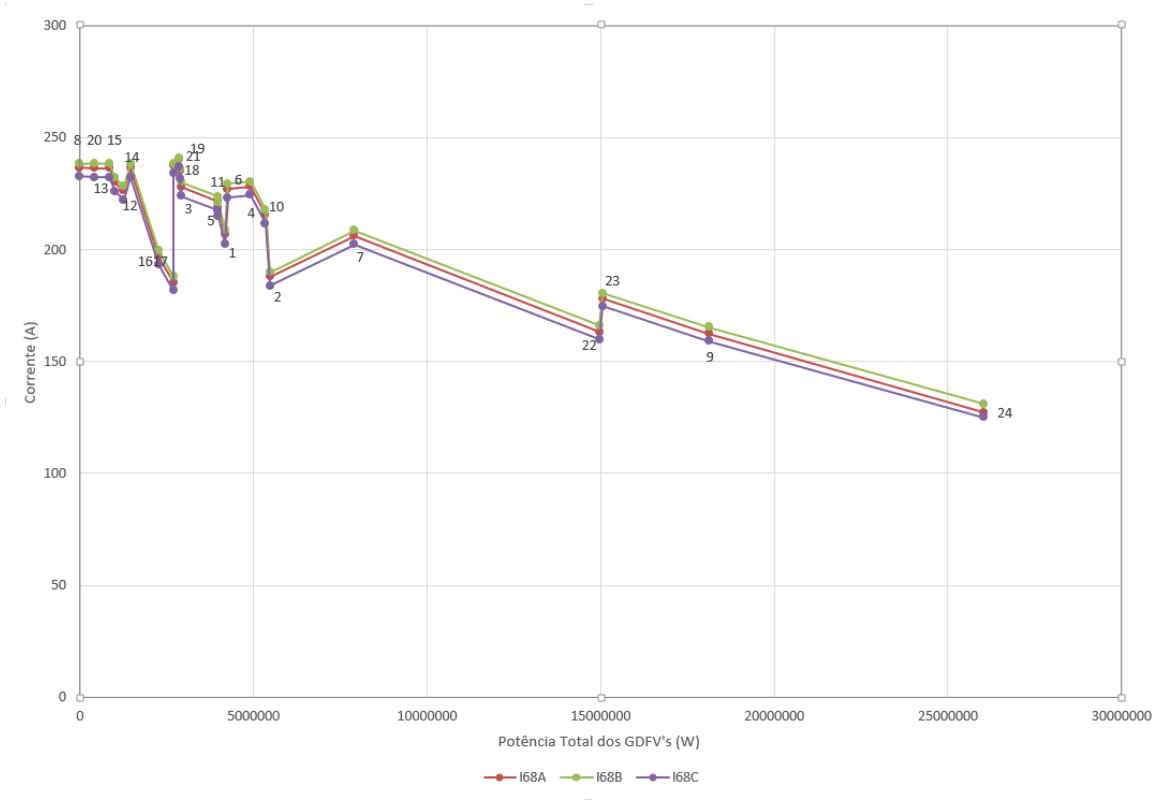
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 21 – Corrente no ponto P88 em função da potência total dos GDFV's.



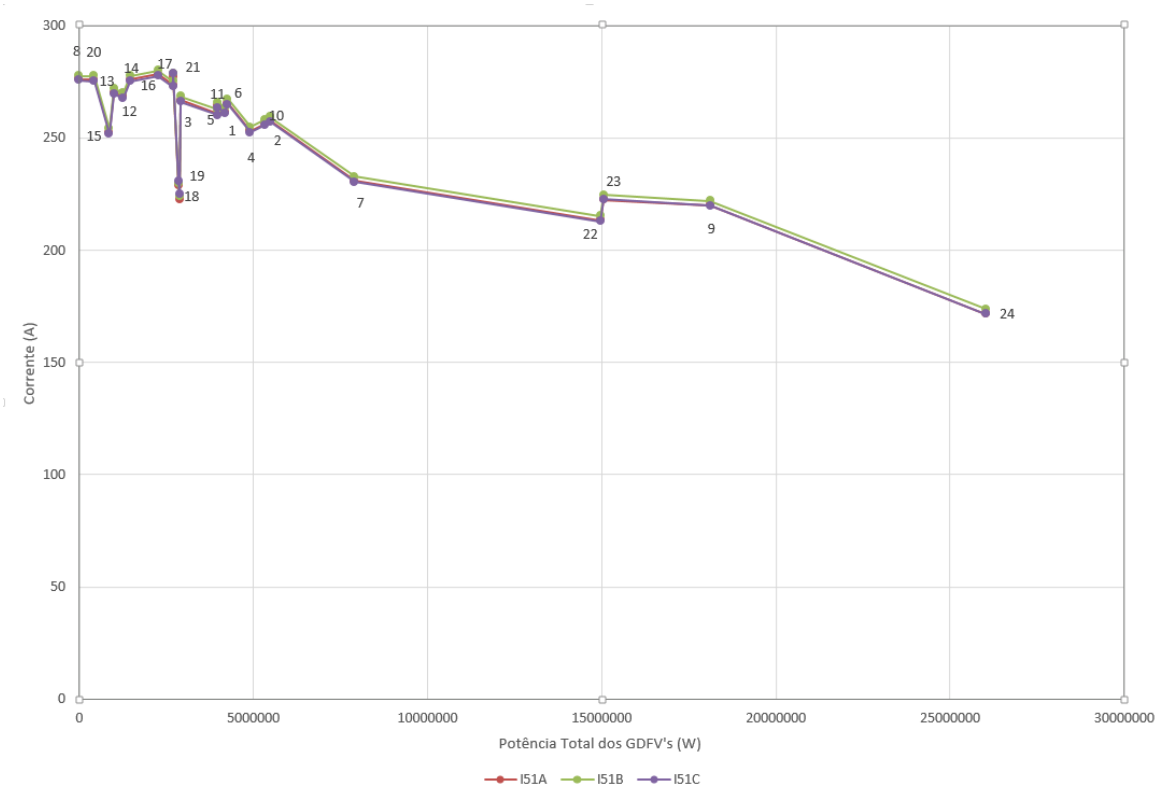
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 22 – Corrente no ponto P68 em função da potência total dos GDFV's.



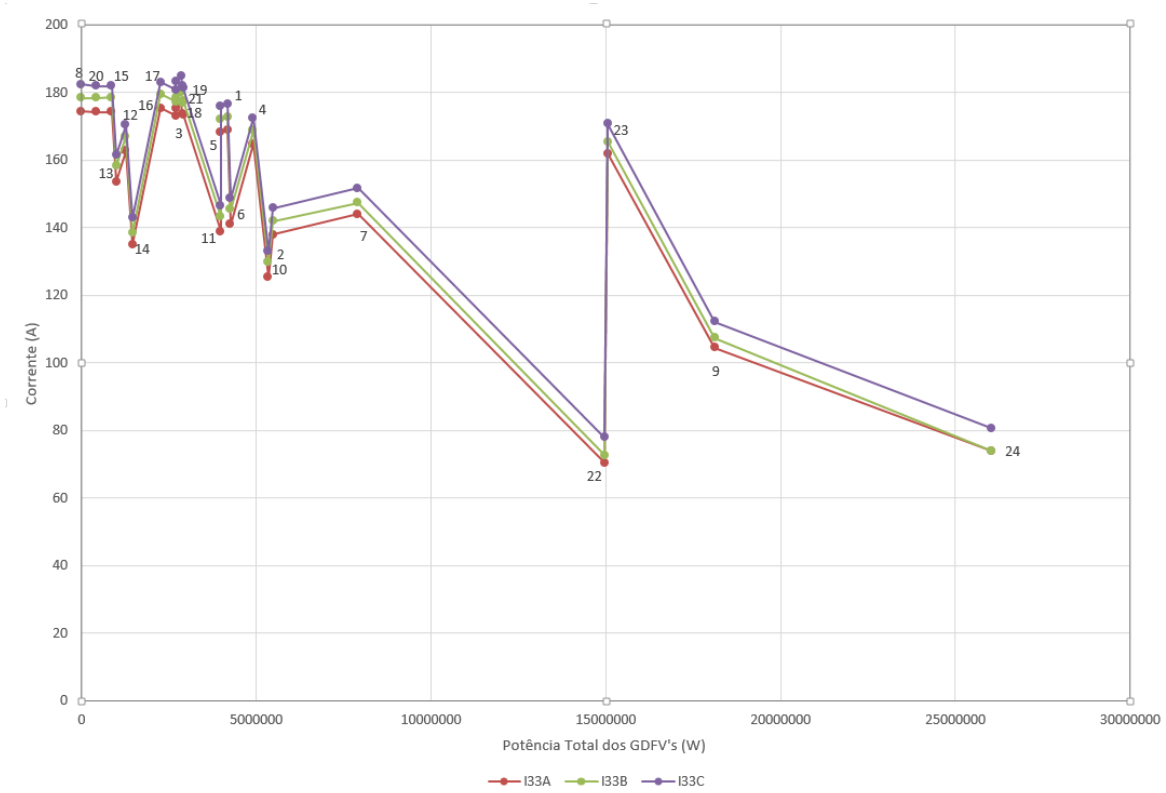
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 23 – Corrente no ponto P51 em função da potência total dos GDFV's.



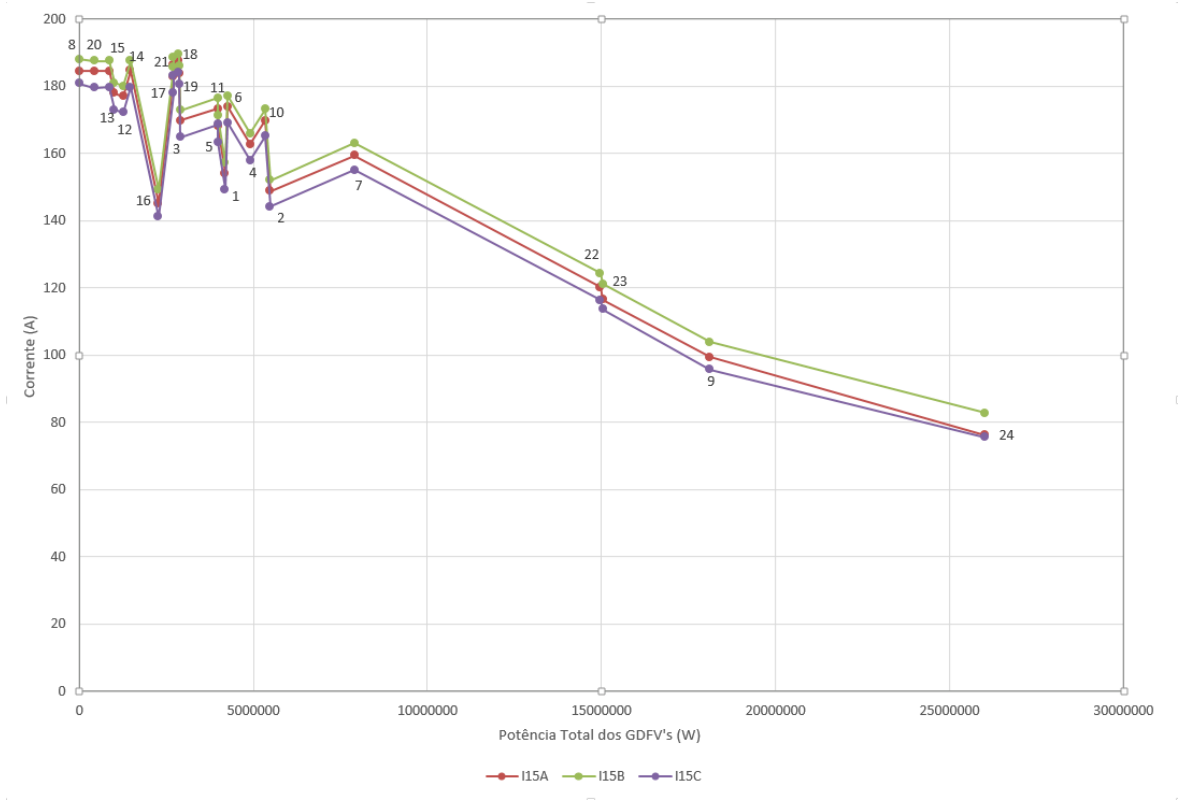
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 24 – Corrente no ponto P33 em função da potência total dos GDFV's.



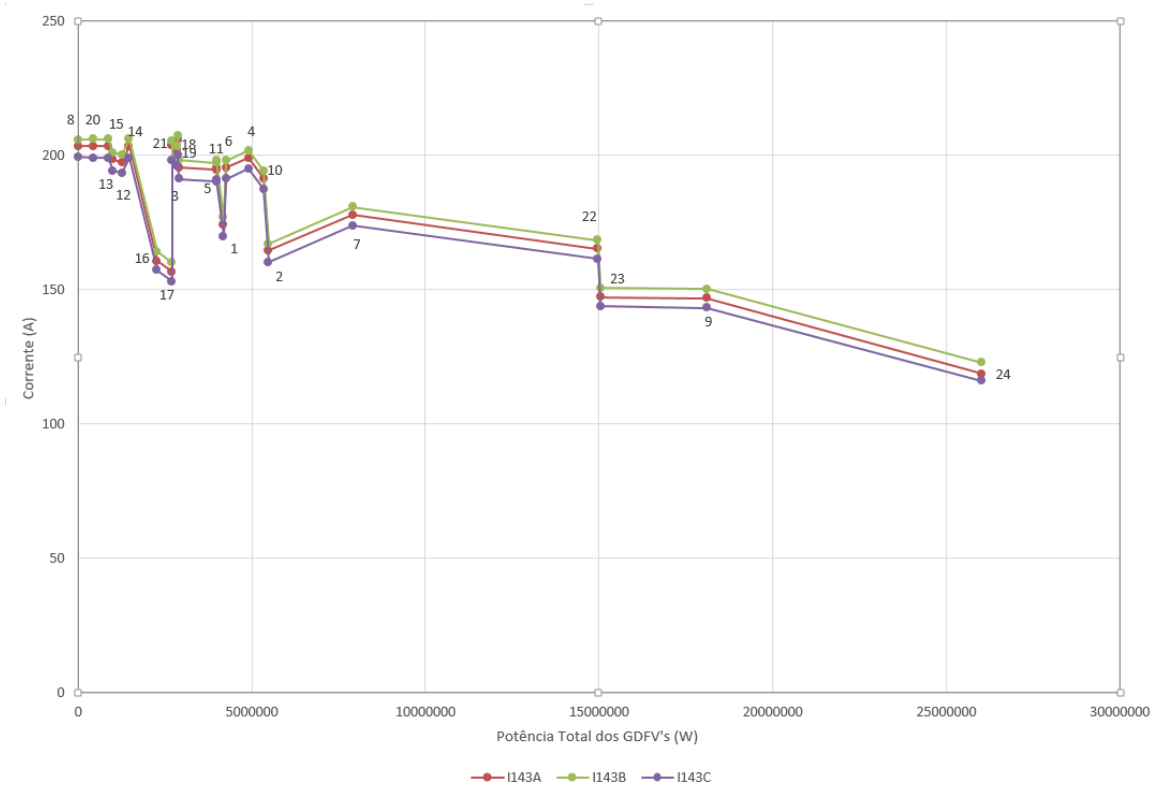
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 25 – Corrente no ponto P15 em função da potência total dos GDFV's.



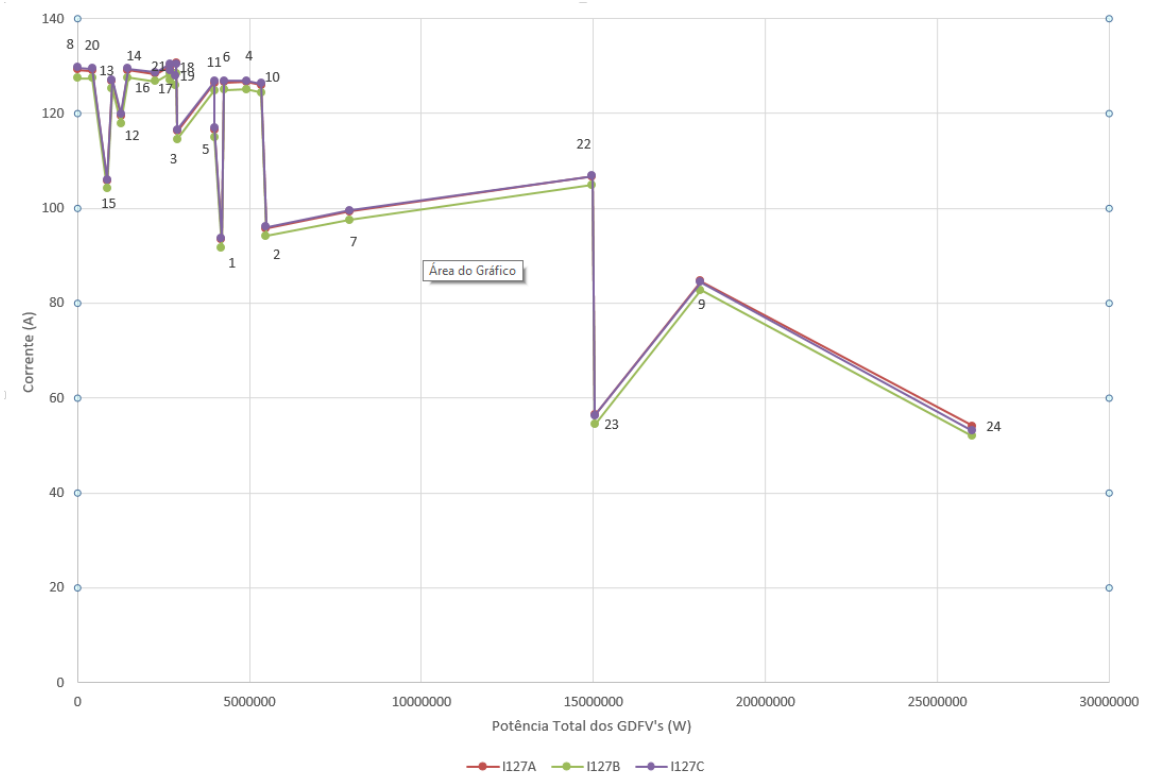
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 26 – Corrente no ponto P143 em função da potência total dos GDFV's.



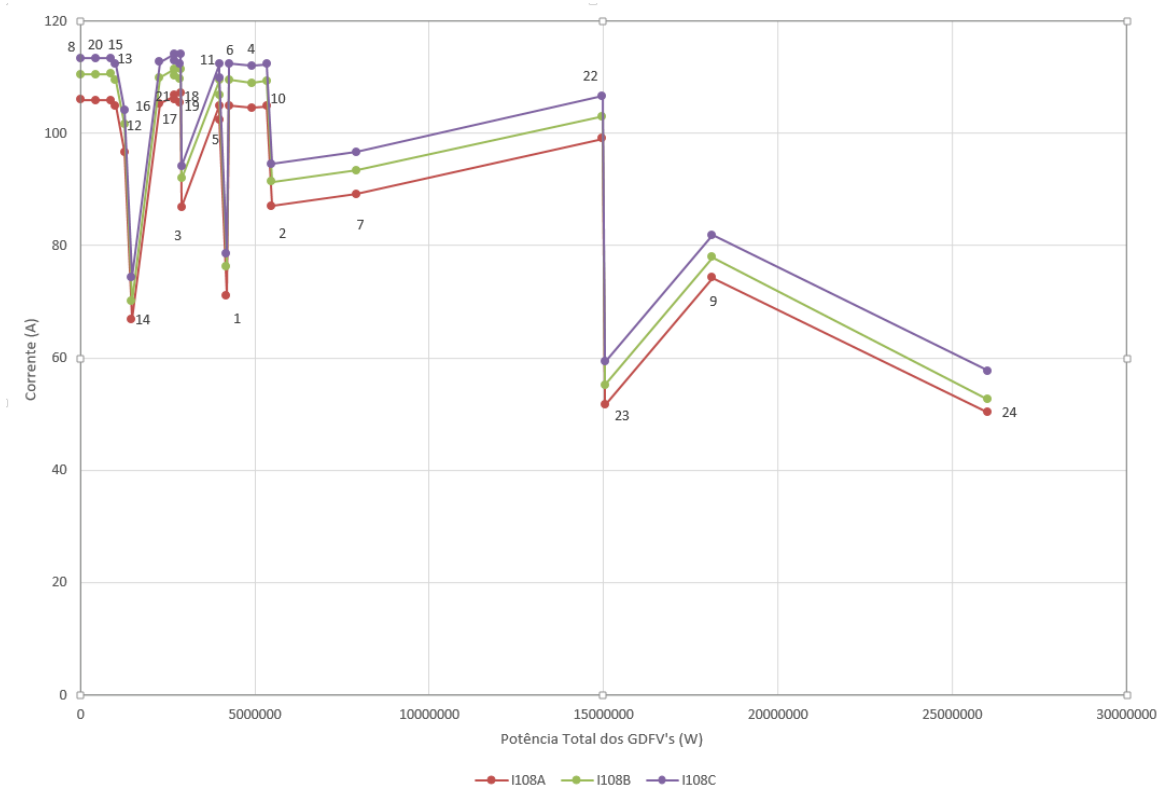
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 27 – Corrente no ponto P127 em função da potência total dos GDFV's.



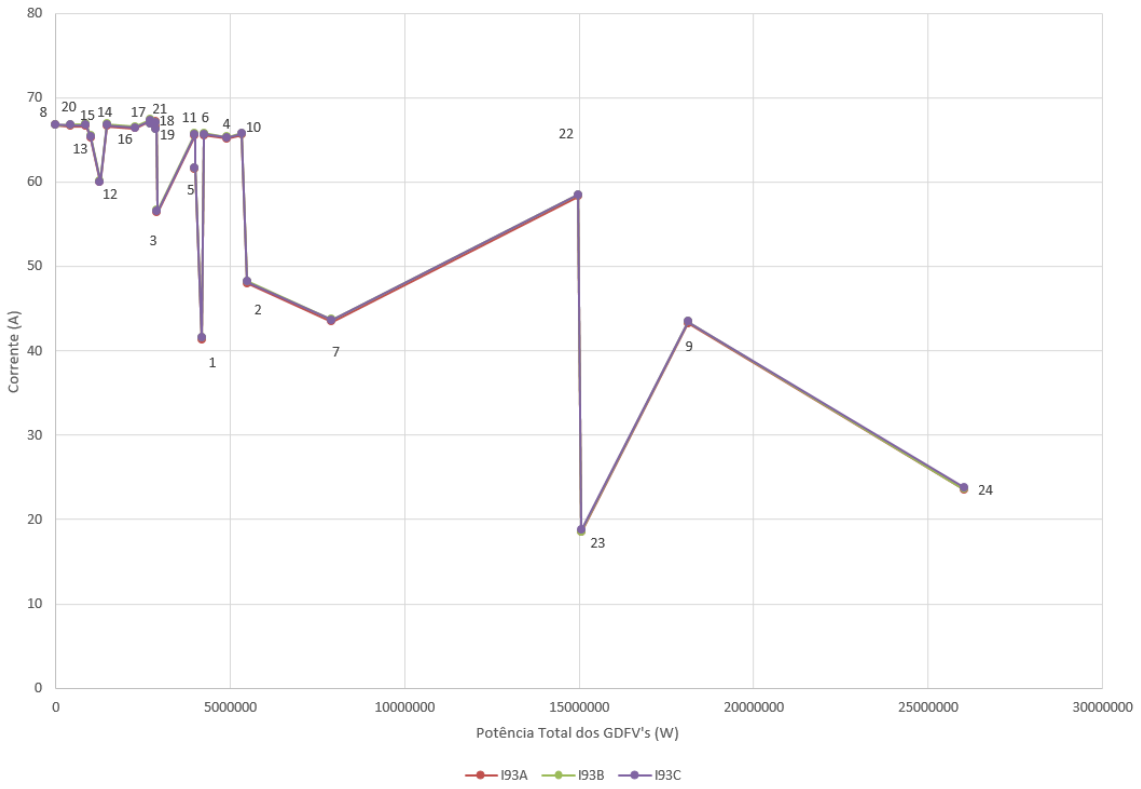
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 28 – Corrente no ponto P108 em função da potência total dos GDFV's.



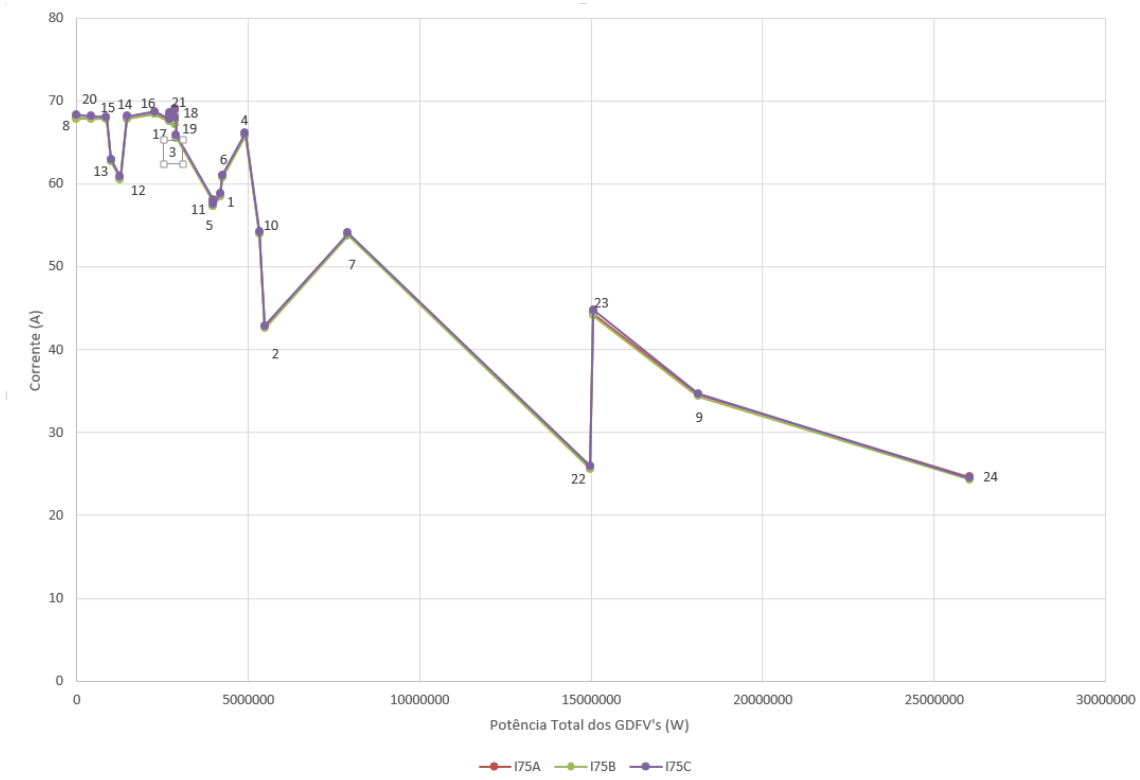
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 29 – Corrente no ponto P93 em função da potência total dos GDFV's.



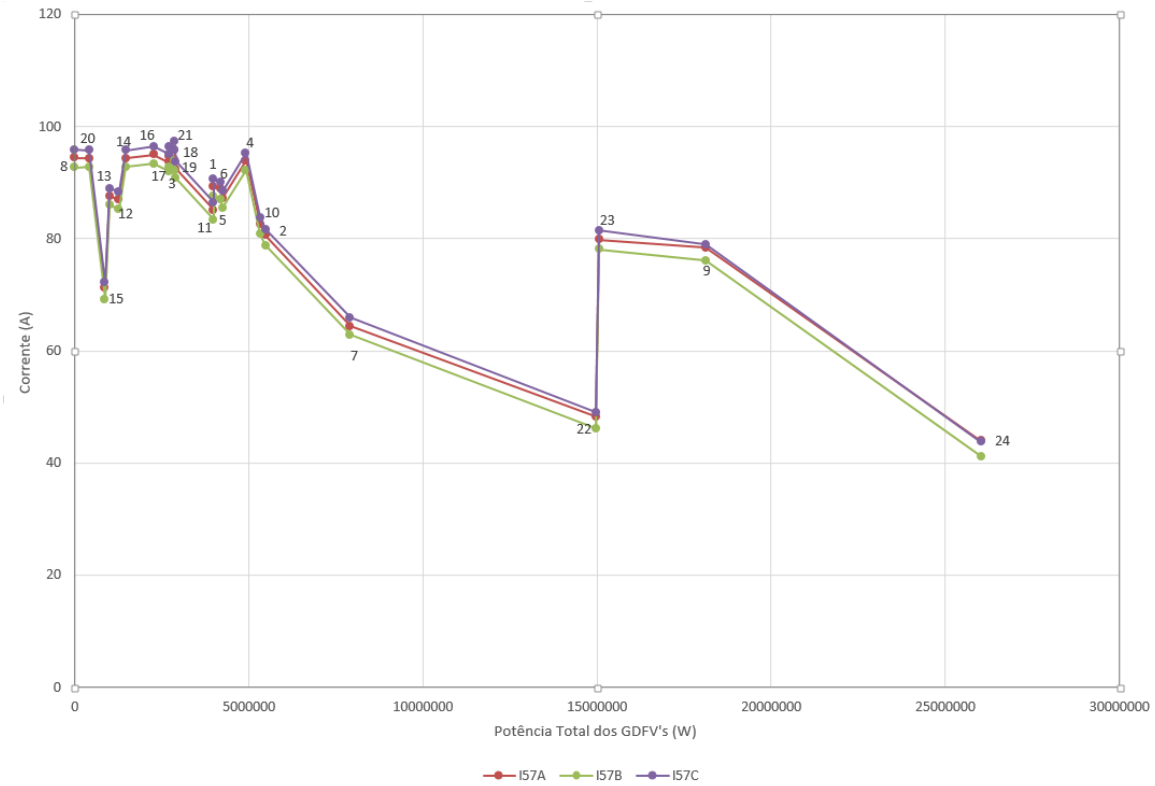
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 30 – Corrente no ponto P75 em função da potência total dos GDFV's.



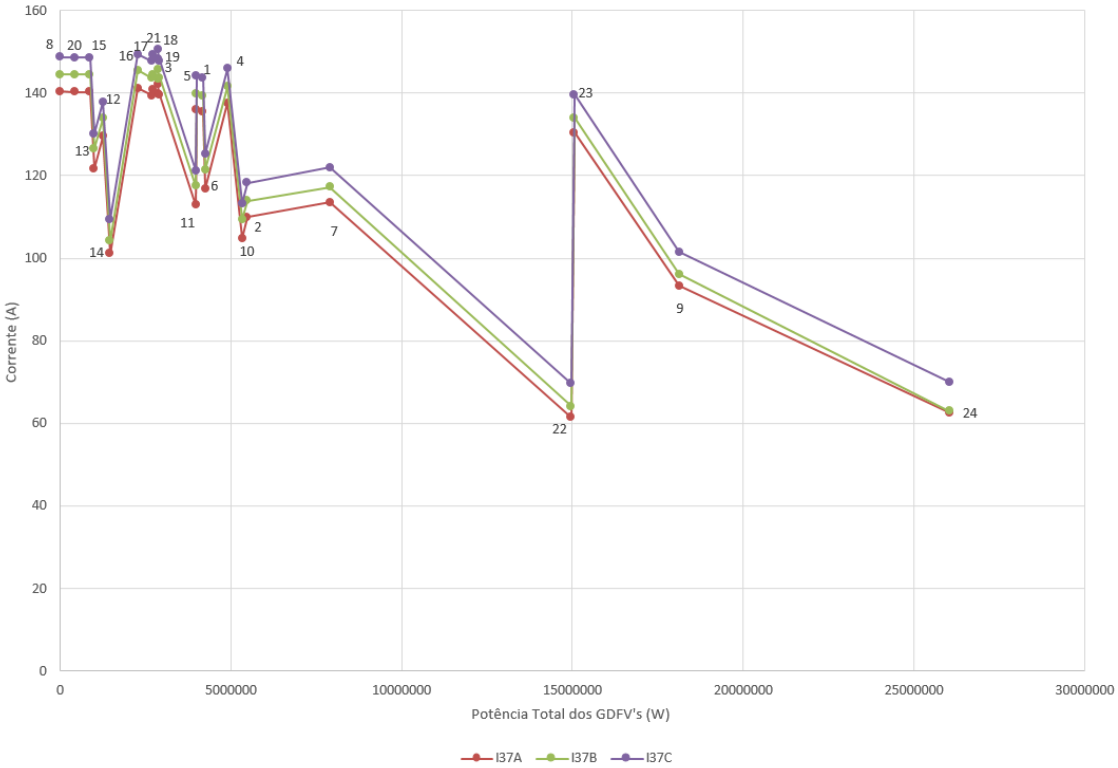
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 31 – Corrente no ponto P57 em função da potência total dos GDFV's.



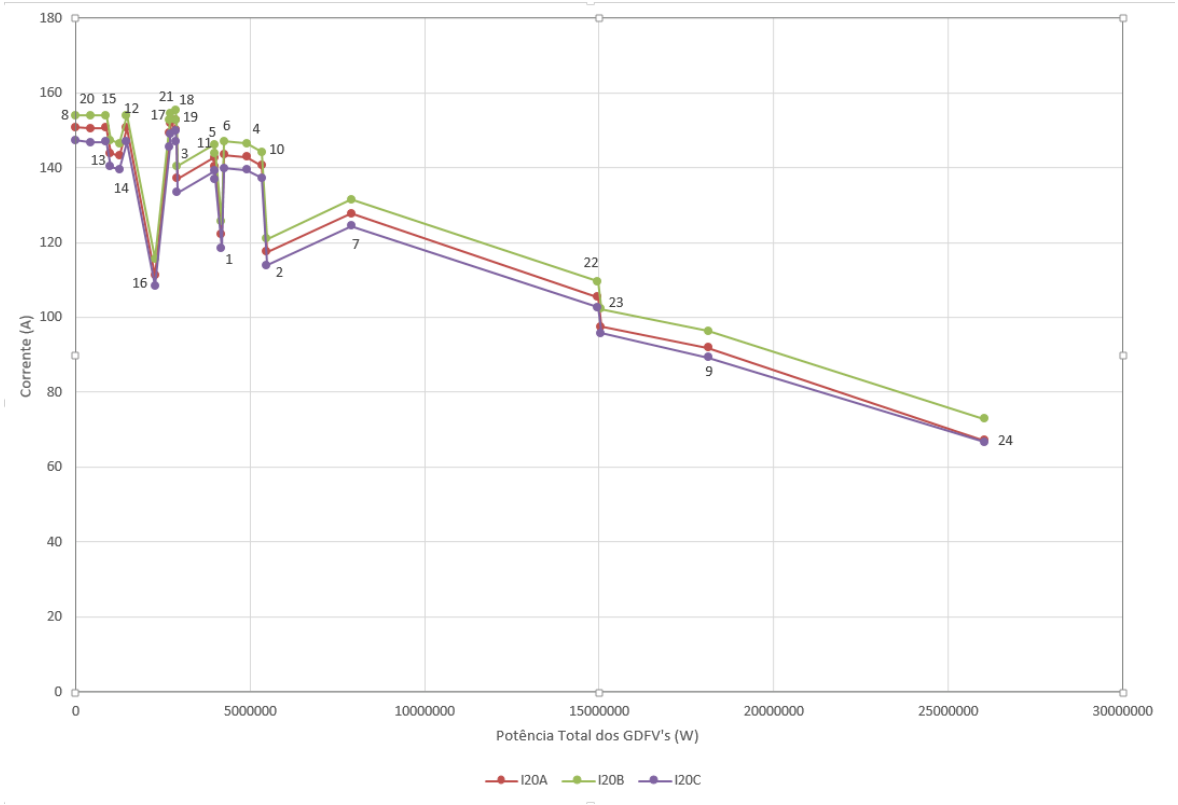
Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 32 – Corrente no ponto P37 em função da potência total dos GDFV's.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 33 – Corrente no ponto P20 em função da potência total dos GDFV's.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pelos resultados apresentados nos gráficos, parece haver um certo nível de relação entre a potência inserida na rede pelos GDFV's e a corrente, pois como se pode ver a corrente tem uma tendência de redução com o aumento da energia gerada que é injetada na rede, porém esse não é o único fator que influencia no valor da corrente, as localizações dos GDFV's ao longo da malha também influenciam no nível de corrente em cada ponto medido, quanto mais distante um conjunto de GDFV's se encontra do ponto medido, menor a influência deles na corrente nesse ponto. Isso pode ser percebido no gráfico 11 por exemplo, no ponto próximo a potência de 15.000.000W onde ocorre uma elevação abrupta de corrente, que o pico se dá no caso 23 onde todos os GDFV's inseridos estão na metade a esquerda da rede secundária de 120V e o ponto de medição é o P28 que se interliga ao lado mais à direita da rede de 120V, e o fundo desse ponto ocorre no caso 22 onde os GDFV's estão na metade da direita da rede de 120V, portanto mais próximo do ponto de medição. Isso ocorre em outros pontos de medição também.

6 CONCLUSÃO

Devido à crescente demanda de instalação de GDFV's nas redes de distribuição existentes hoje, esse estudo foi realizado para que se possa avaliar possíveis cenários futuros para as atuais redes de energia elétrica e observar como essa nova configuração de rede pode se comportar, objetivando a análise da efetividade da proteção da rede nessa nova situação.

Desse modo, foi realizada a simulação de uma rede de distribuição baseada na rede *342-Node Low Voltage Network Test System* fornecida pelo IEEE em regime permanente usando um modelo simplificado de um GFV, que foi concebido nos estudos de [3] e [4].

Ao todo foram simuladas 24 possíveis configurações da rede com GDFV's e o resultado da simulação demonstrou que as correntes de carga nos pontos medidos ao longo do alimentador primário não tiveram grande aumento, chegando a no máximo 2,93% de aumento da corrente de carga, que pode causar problemas para a proteção somente se o ajuste da corrente de *pickup* esteja com muito pouca margem. Porém as correntes de carga podem ter reduções de até 72,28% o que pode fazer com que a proteção do sistema perca sensibilidade e não opere da forma desejada, pois a corrente de *pickup* da proteção estava ajustada a uma realidade diferente. Outro problema é a intermitência da energia gerada pelos GDFV's, já que eles dependem da energia

do sol e da vontade do próprio consumidor em estar gerando ou não energia, o que dificultaria um novo ajuste da corrente de *pickup* para valores menores da atual.

Percebeu-se também que, para a rede simulada, a corrente de carregamento tende a reduzir com o aumento da energia injetada pelos geradores na rede, porém a localização dos geradores também influencia nas correntes de cada ponto dessa rede. Como ela tem um total de 8 alimentadores, quando os GDFV's se encontravam mais distantes de um ponto de um alimentador, a influencia na corrente desse alimentador tende a ser menor.

7 BIBLIOGRAFIA

[1] Goldemberg, J.; Lucon, O. **Energias renováveis: um futuro sustentável**. São Paulo, Revista USP, 2006. Disponível em:< http://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/13564/15382/> Acessado em: 20 de Março de 2019.

[2] Azevedo, J. G. **Geração Distribuida: Uso da energia solar em condomínios de edifícios**. Recife, Revista On-line IPOG especialize, 2015. Disponível em <file:///C:/Users/1513%20X-MXTI/Downloads/jose-genilson-de-azevedo-editoriado-1125176.pdf> Acessado em: 20 de Março de 2019.

[3] Vargas, M. C. **Análise dos impactos das faltas na proteção sobrecorrente em redes de distribuição com elevada penetração de geração distribuída fotovoltaica,** Dissertação de mestrado em engenharia elétrica - Departamento de engenharia elétrica- Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2018.

[4] Mendes, M. A. **Análise dos impactos da alta inserção de geração distribuída fotovoltaica na proteção de sobrecorrente temporizada,** Dissertação de mestrado em engenharia elétrica - Departamento de engenharia elétrica- Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2018.

[5] Schneider, K.; Phanivong, P.; Lacroix, J. S. ***IEEE 342-Node Low Voltage Network Test System***, Disponível em: <http://sites.ieee.org/pes-testfeeders/resources/>. Acessado em: 28 de Novembro de 2018.

[6] Almeida, M. A. D. **Apostila de proteção de sistemas elétricos** – Natal, [s.n.], 2000.

[7] Kindermann, G. **Proteção de sistemas elétricos de potência** – volume 1, 3ª edição, Florianópolis, [s.n], 2012.

[8] Leão, R. **Linhas de Transmissão de Energia Elétrica** – Instituto Federal de Santa Catarine Campus Joinville – Santa Catarina, [20--?]. Disponível em: <http://joinville.ifsc.edu.br

/~edsonh/Repositorio/PIP-Projeto_e_Instalacoes_Eletricas_Prediais/ Material%20de%20Aula /Parte_I_GTD/Complemento/IIITransmissao.pdf> Acesso em: 25 Abril de 2019.

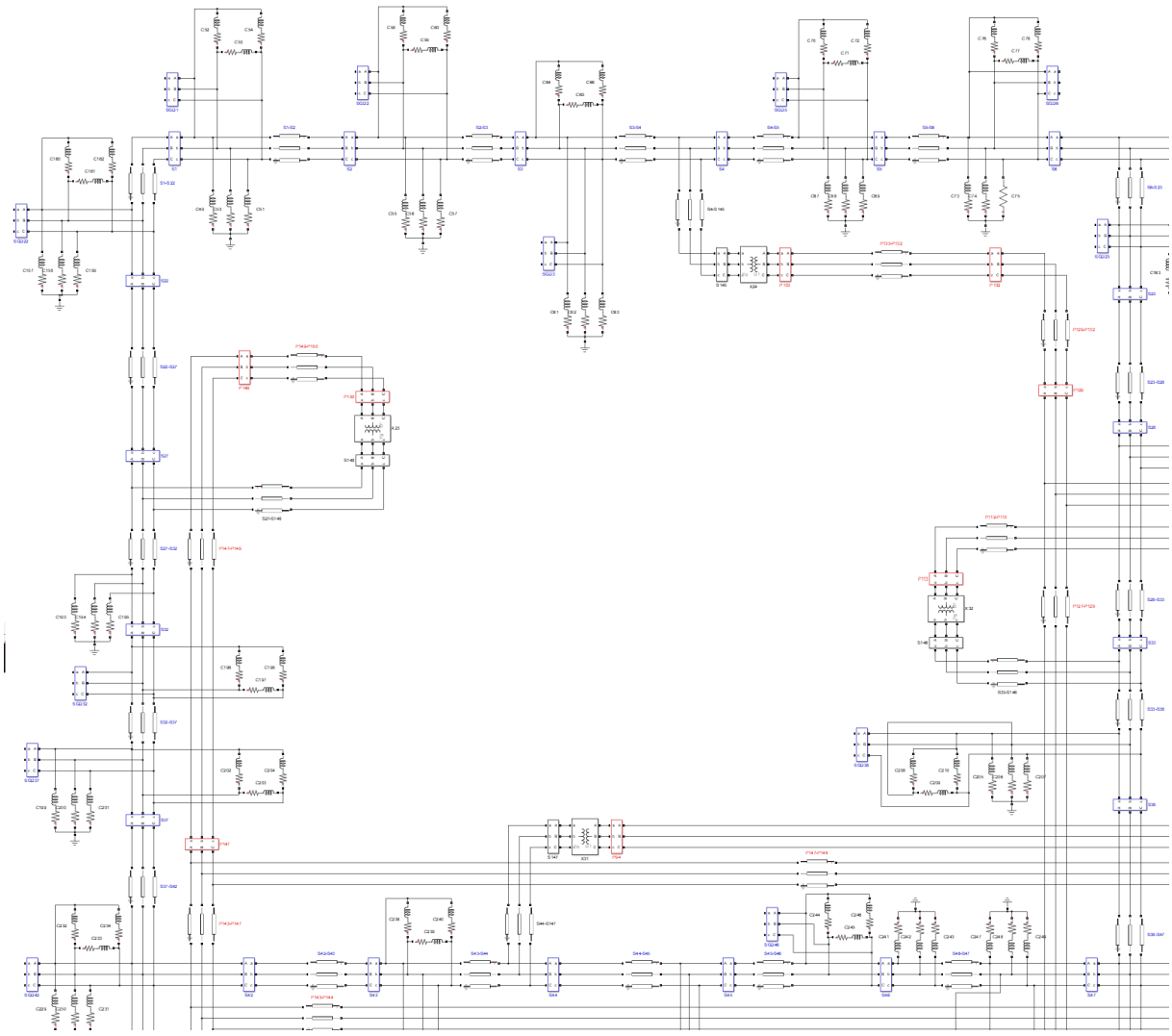
[9] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). *Resolução Normativa No 482*. 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>. Acesso em: 27 Março de 2019.

APÊNDICE A – IMAGENS DO SISTEMA IMPLEMENTADO.

Figura 44 – Trecho da rede estudada com marcações de zona.

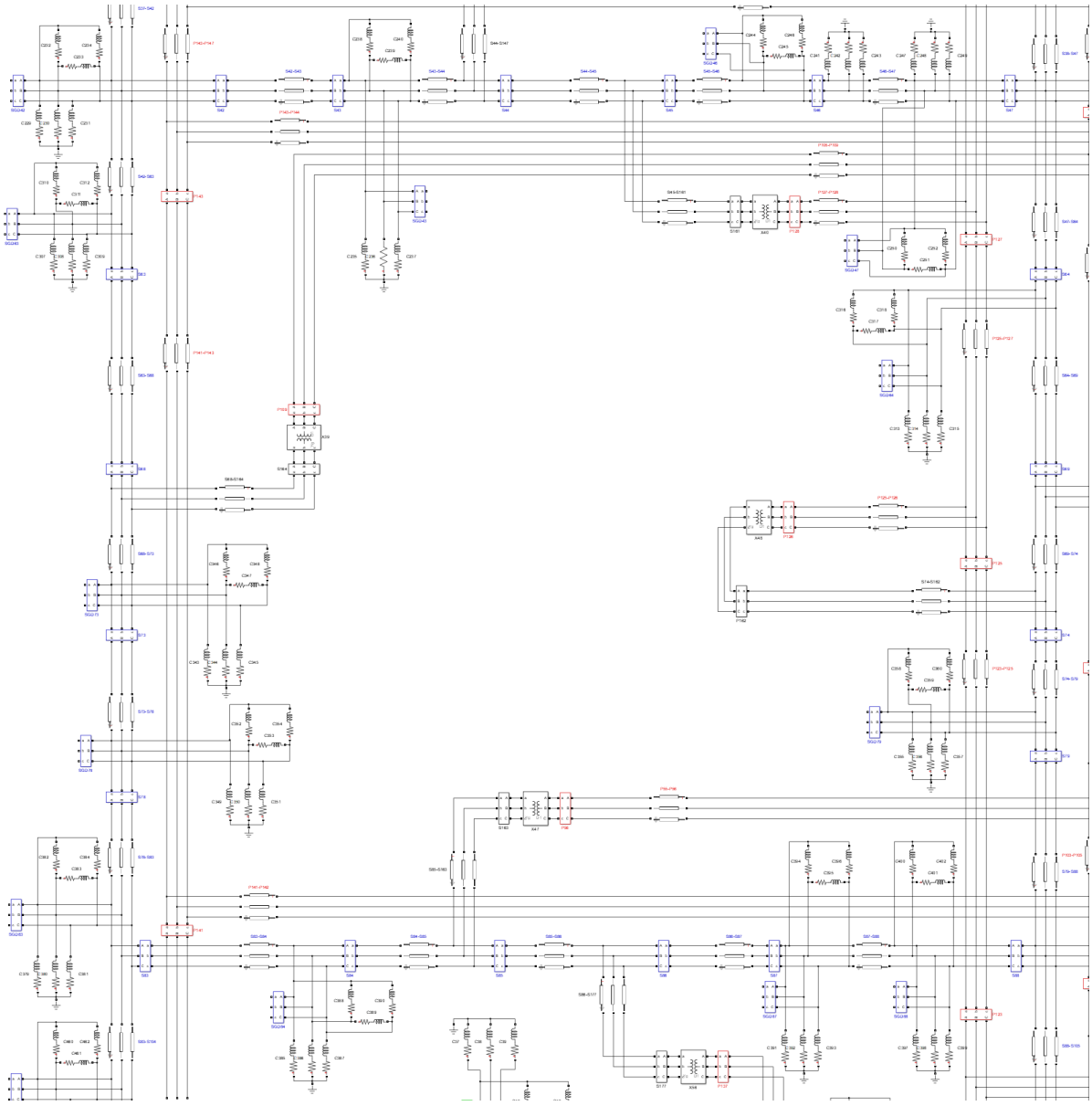
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 45 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 1 da figura 42.



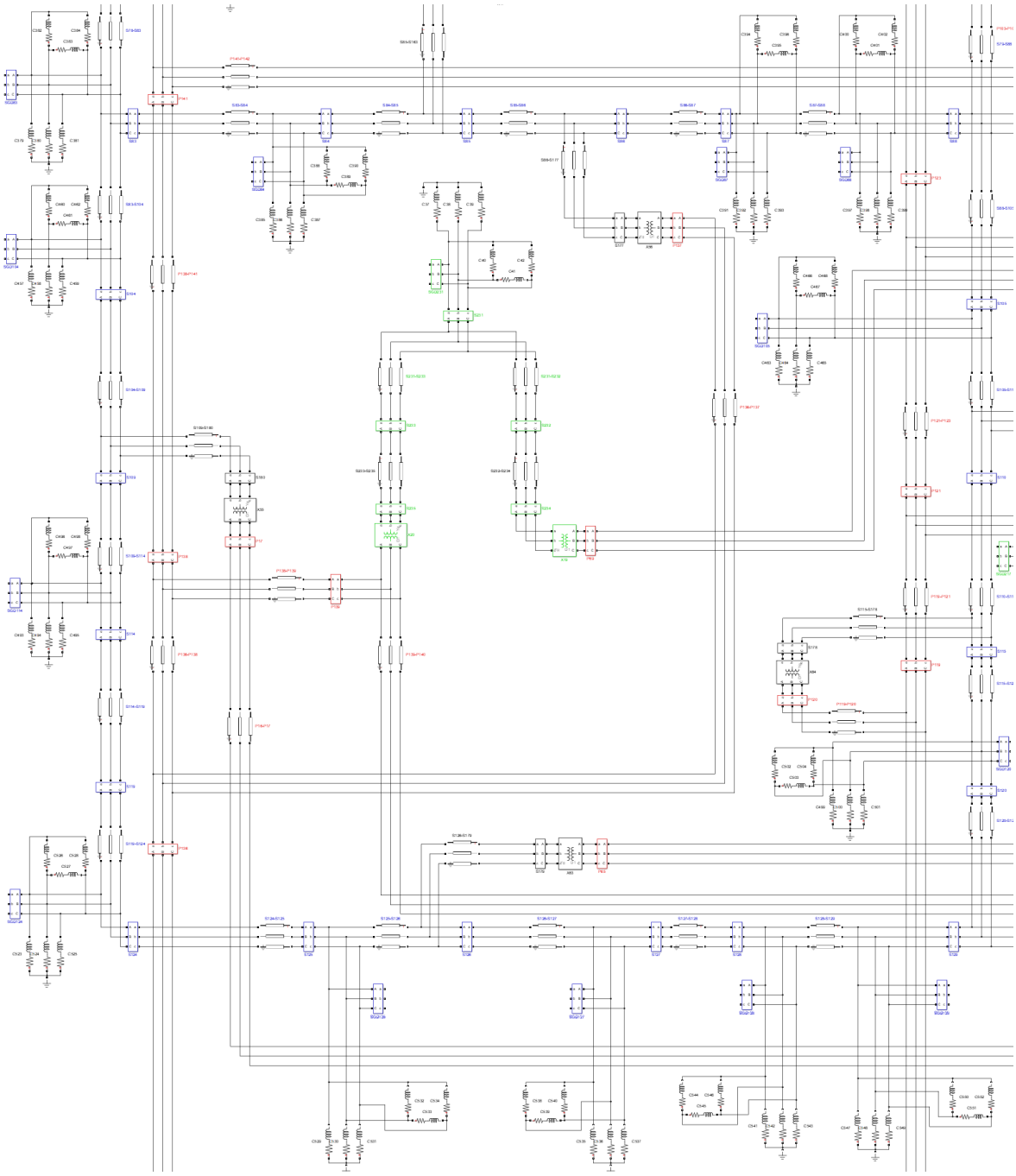
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 46 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 2 da figura 42.



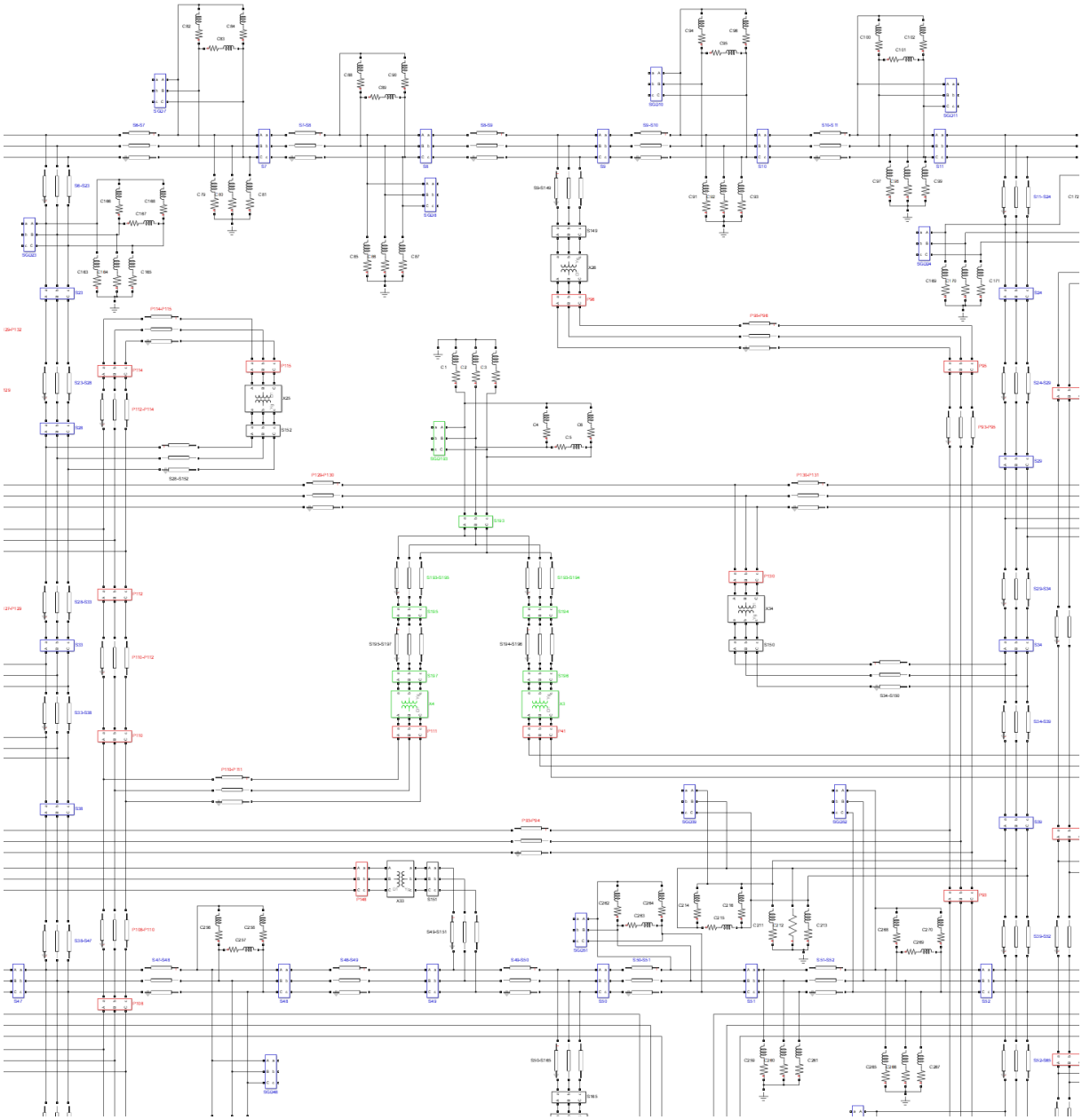
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 47 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 3 da figura 42.



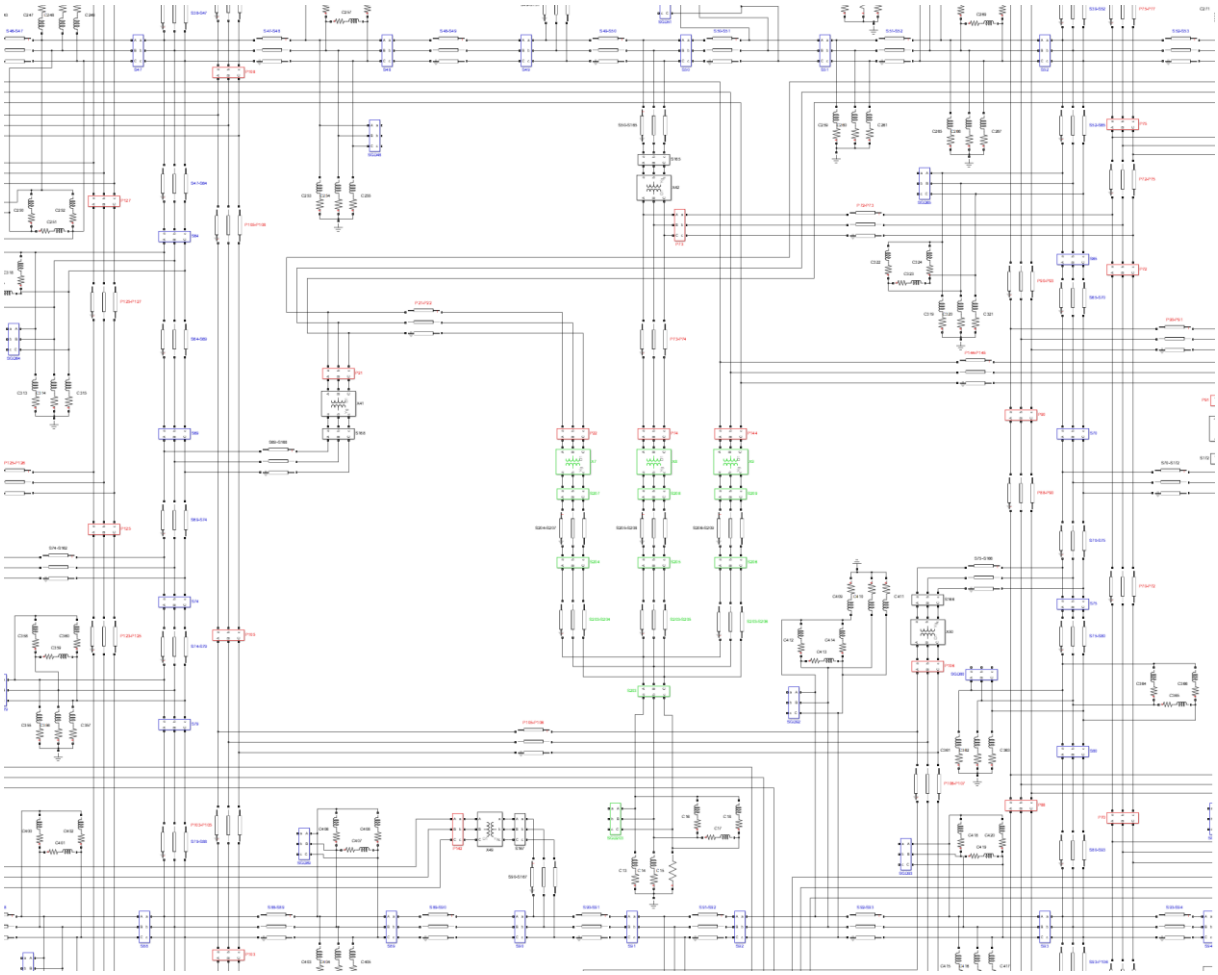
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 48 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 4 da figura 42.



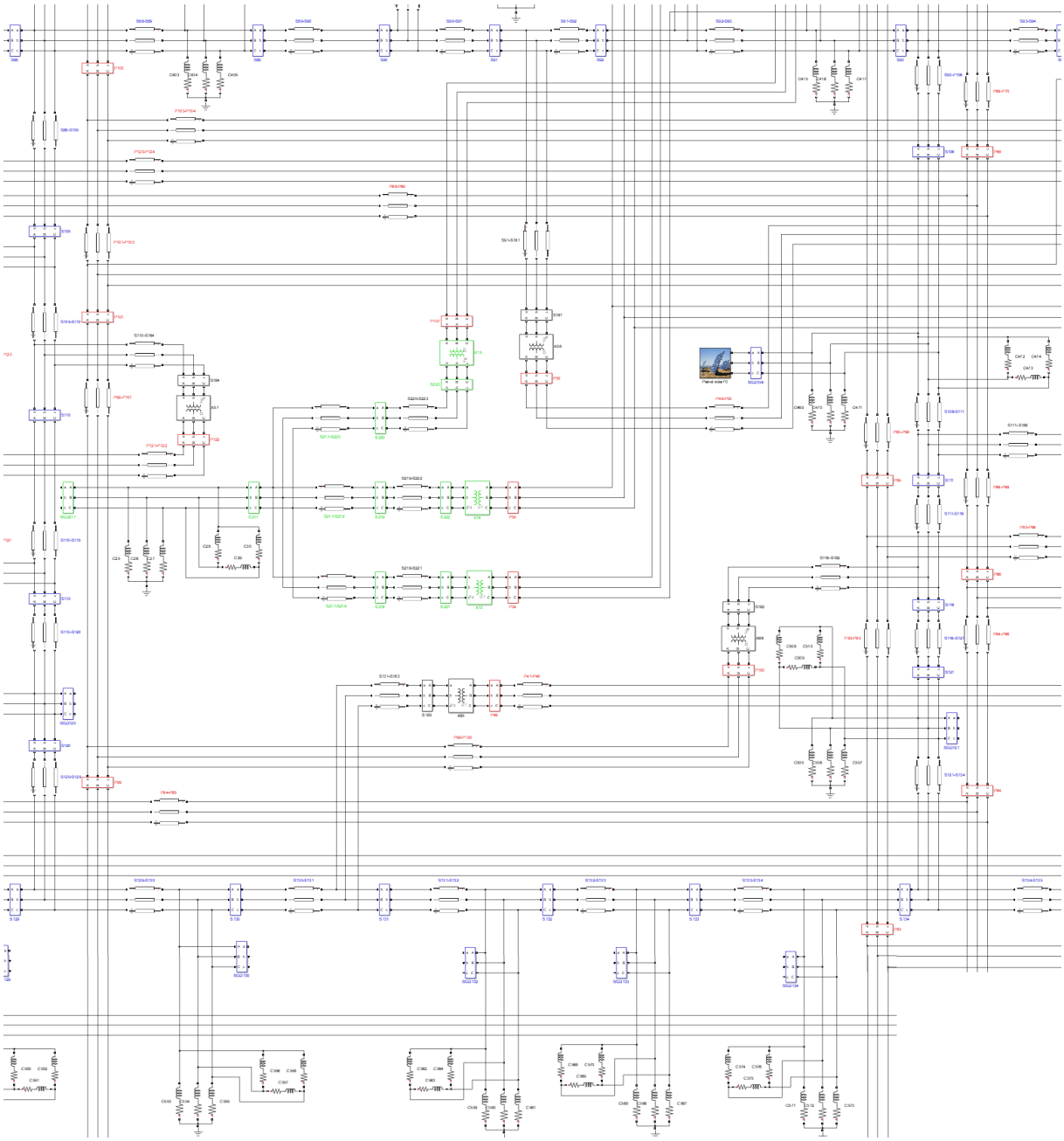
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 49 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 5 da figura 42.



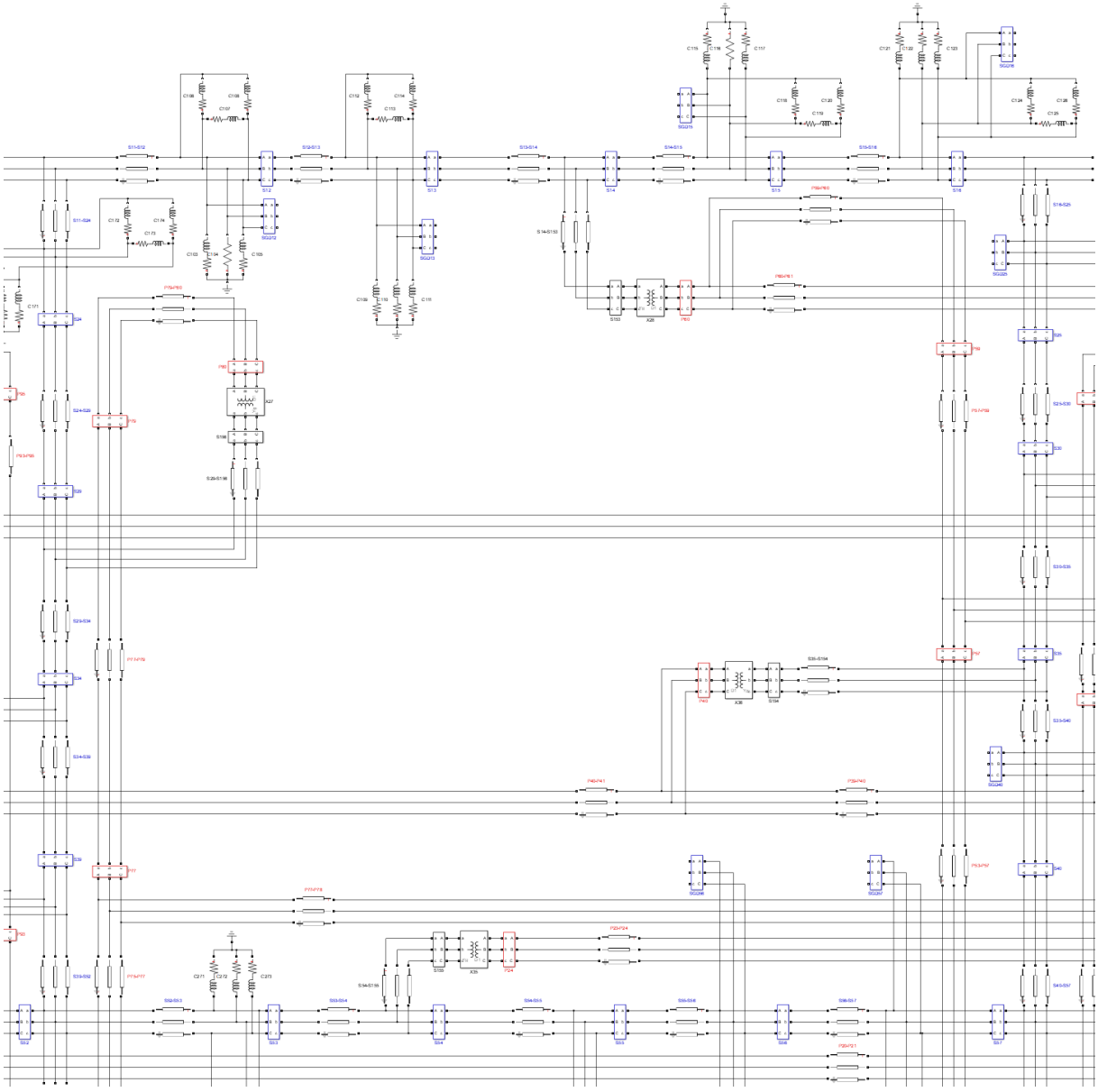
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 50 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 6 da figura 42.



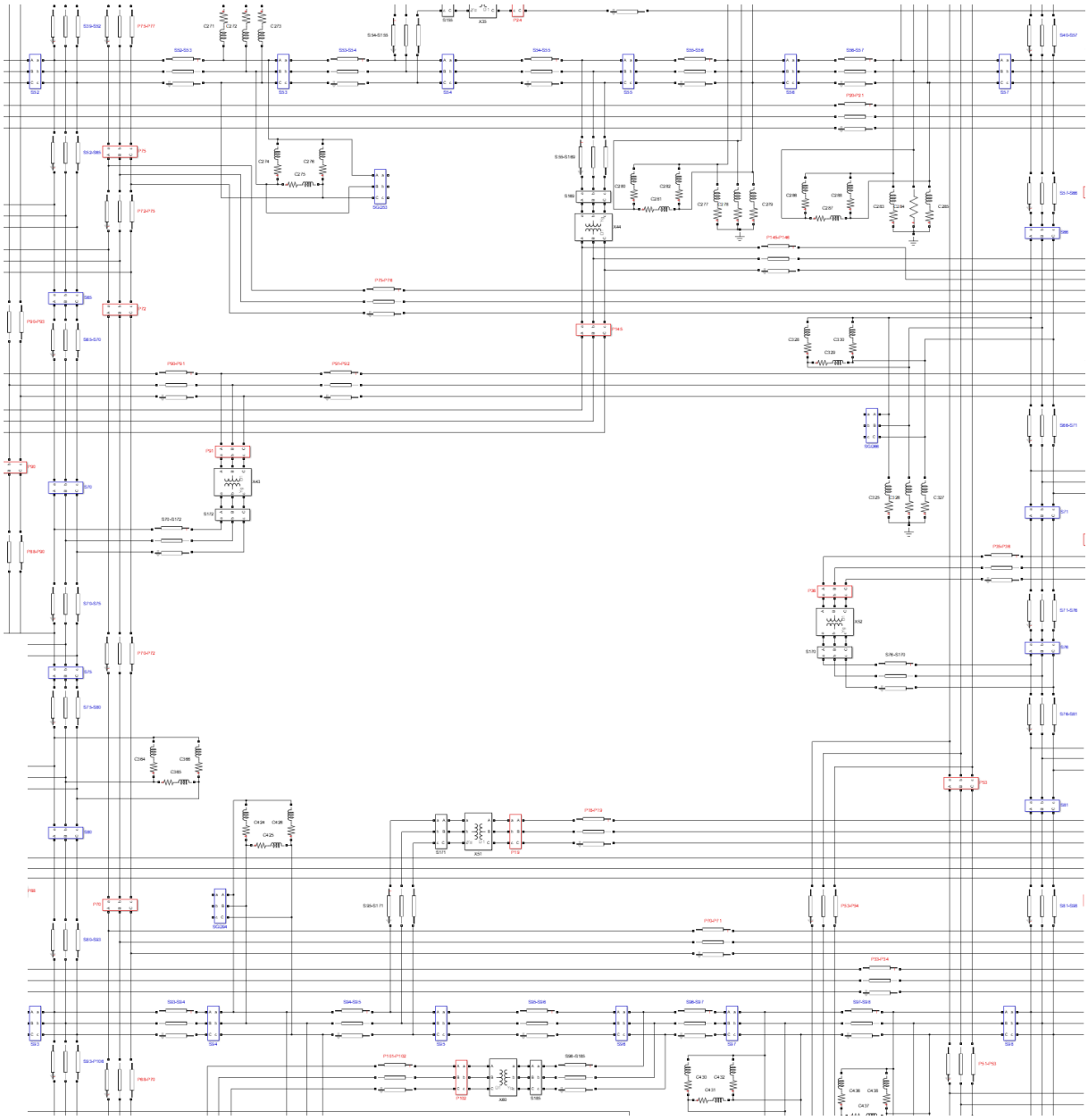
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 51 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 7 da figura 42.



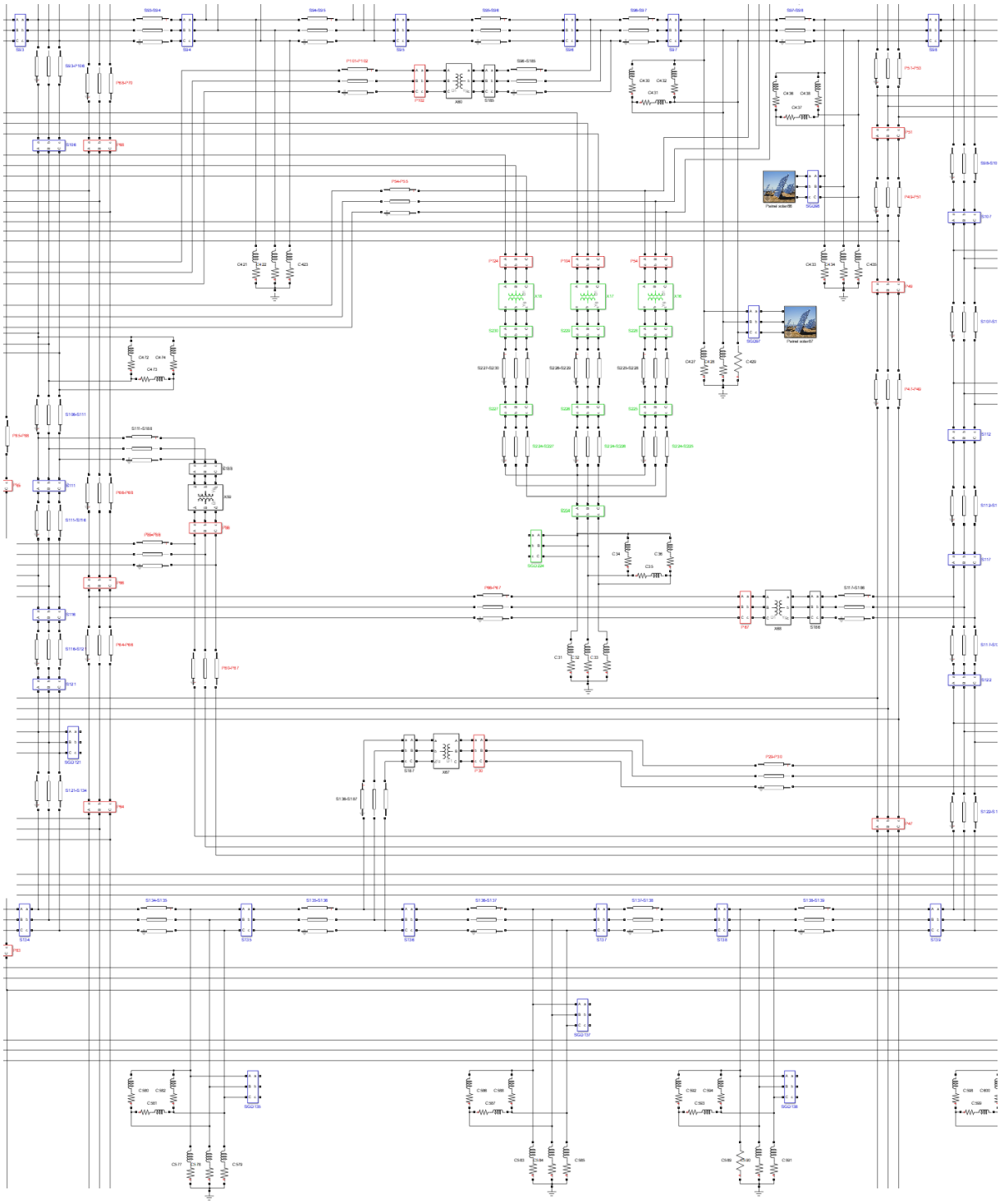
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 52 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 8 da figura 42.



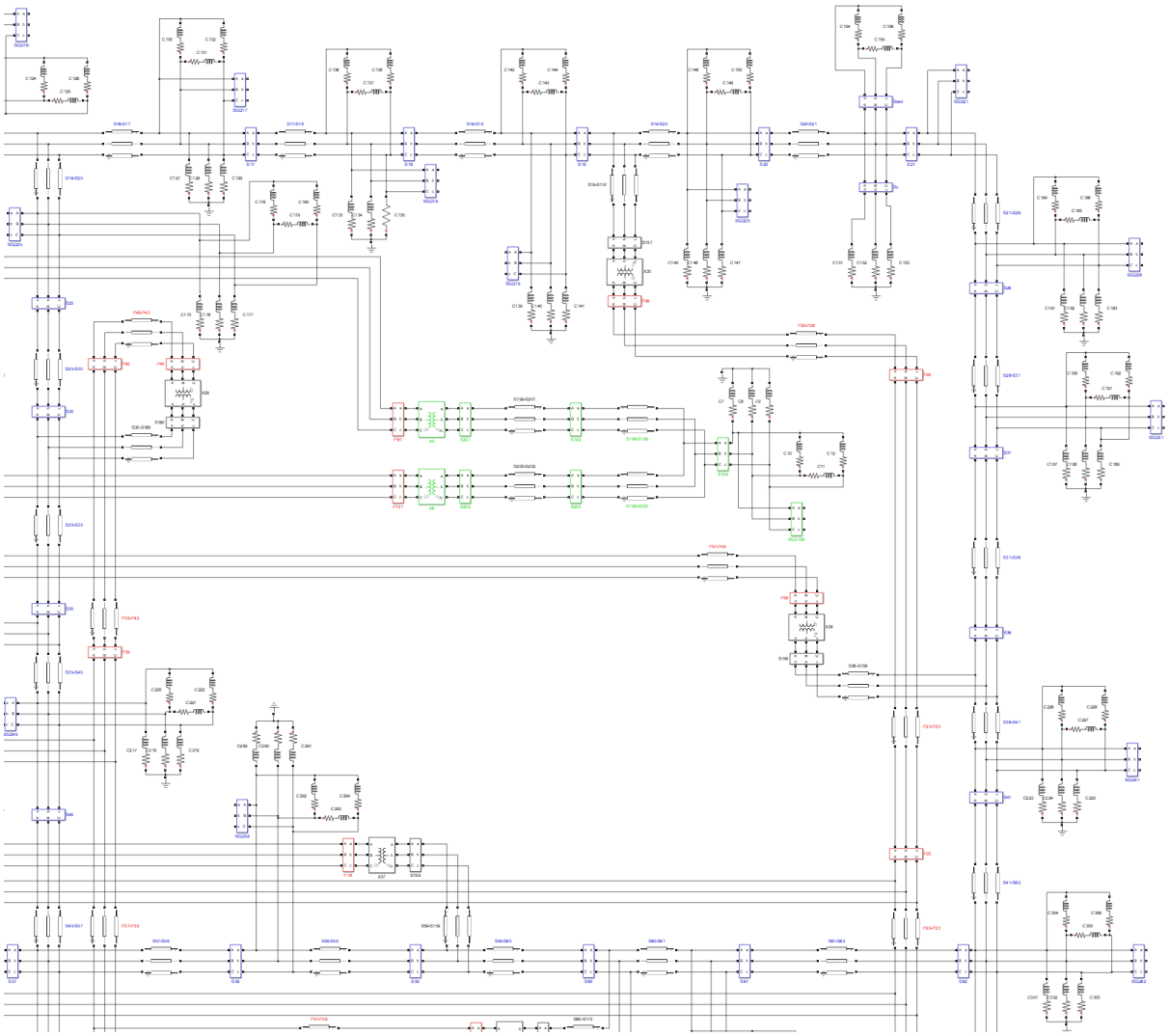
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 53 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 9 da figura 42.



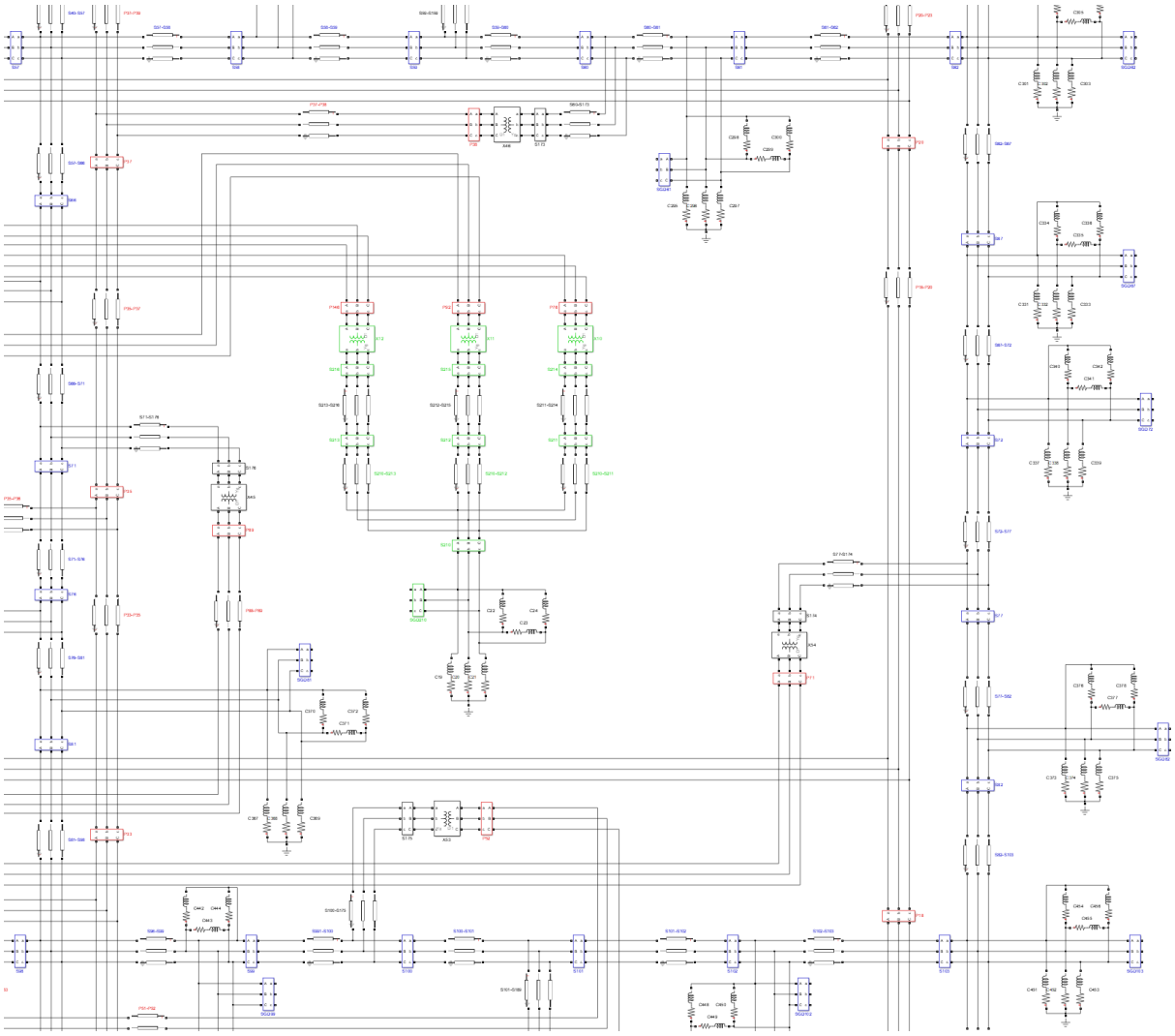
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 54 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 10 da figura 42.



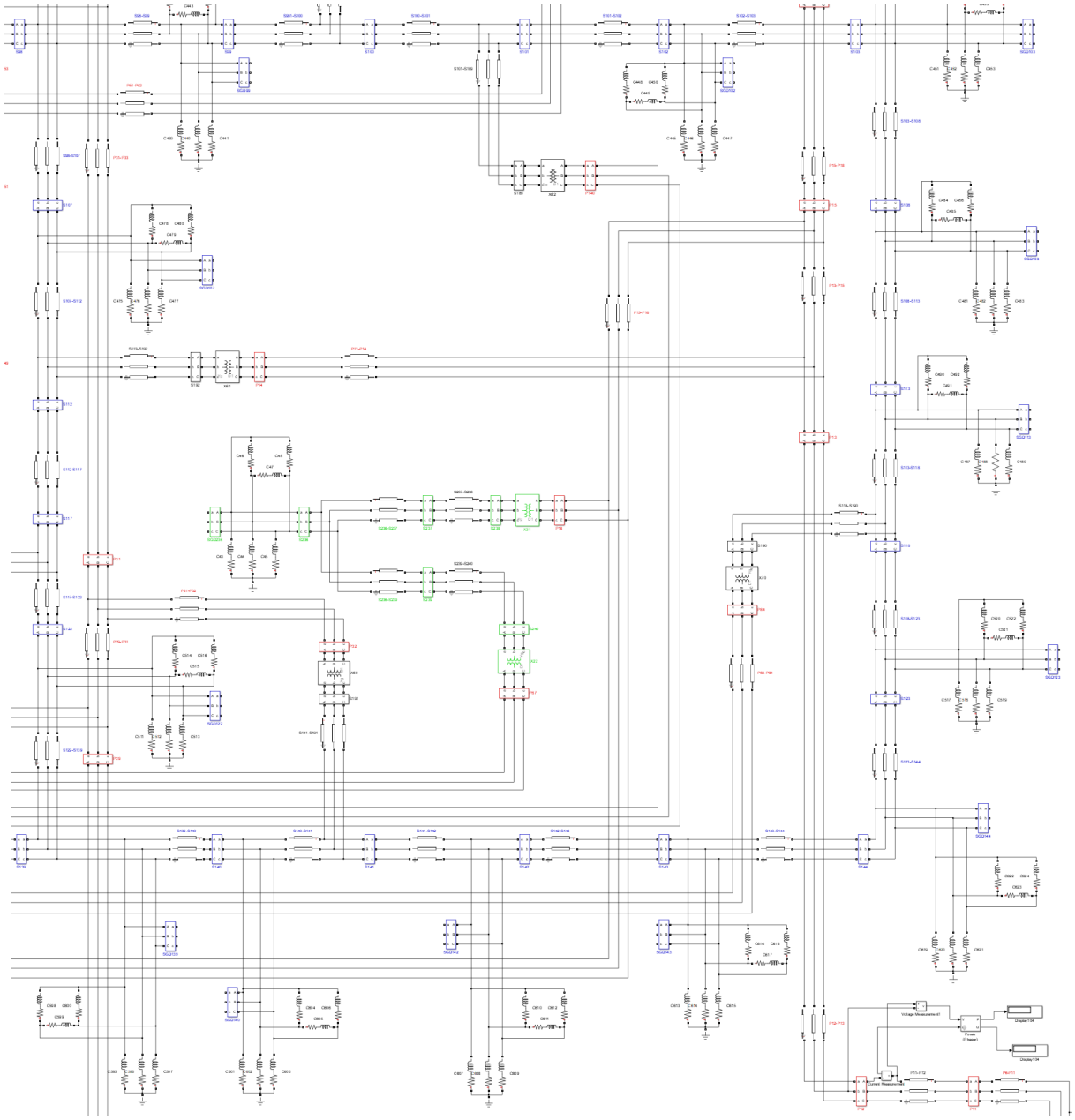
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 55 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 11 da figura 42.



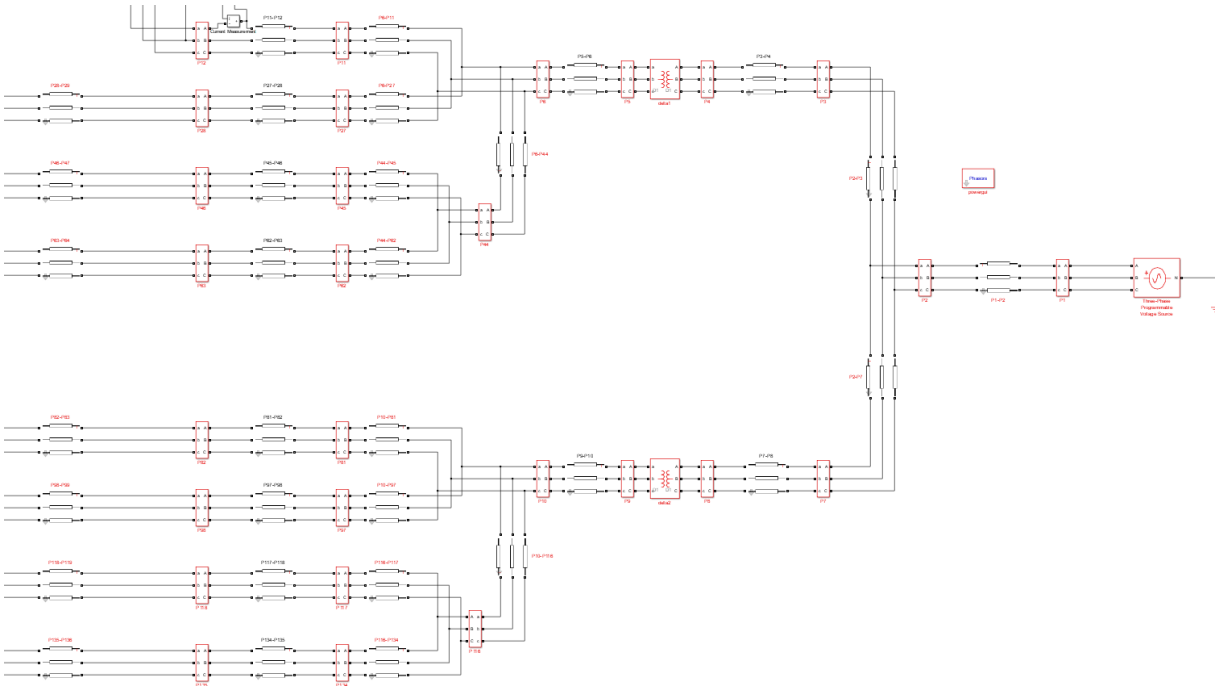
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 56 – Parte da rede simulada no simulink, ZONA 12 da figura 42.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 57 – Parte da rede simulada no simulink, fonte de alimentação e entrada da rede primária.



Fonte: Elaborado pelo autor.

ANEXO A – QUADRO DE DADOS DOS TRANSFORMADORES.

Quadro 10 – Dados dos transformadores da rede simulada.

Nome	Num fases	bus1	bus2	V_pri	V_sec	S (kVA)	Conexão_pri	Conexão_sec	%XHL	%RHL
1	3	P4	P5	132790	7967.4	50000	Delta	Delta	7.5	0.75
2	3	P8	P9	132790	7967.4	50000	Delta	Delta	7.5	0.75
3	3	P41	S196	7967.4	277	2000	Delta	Wye	7	0.7
4	3	P111	S197	7967.4	277	2000	Delta	Wye	7	0.7
5	3	P61	S201	7967.4	277	1500	Delta	Wye	7	0.7
6	3	P131	S202	7967.4	277	1500	Delta	Wye	7	0.7
7	3	P22	S207	7967.4	277	2000	Delta	Wye	7	0.7
8	3	P74	S208	7967.4	277	2000	Delta	Wye	7	0.7
9	3	P144	S209	7967.4	277	2000	Delta	Wye	7	0.7
10	3	P76	S214	7967.4	277	2500	Delta	Wye	7	0.7
11	3	P92	S215	7967.4	277	2500	Delta	Wye	7	0.7
12	3	P146	S216	7967.4	277	2500	Delta	Wye	7	0.7
13	3	P34	S221	7967.4	277	2000	Delta	Wye	7	0.7
14	3	P55	S222	7967.4	277	2000	Delta	Wye	7	0.7
15	3	P107	S223	7967.4	277	2000	Delta	Wye	7	0.7
16	3	P54	S228	7967.4	277	2500	Delta	Wye	7	0.7
17	3	P104	S229	7967.4	277	2500	Delta	Wye	7	0.7
18	3	P124	S230	7967.4	277	2500	Delta	Wye	7	0.7
19	3	P69	S234	7967.4	277	2000	Delta	Wye	7	0.7
20	3	P139	S235	7967.4	277	2000	Delta	Wye	7	0.7
21	3	P16	S238	7967.4	277	2500	Delta	Wye	7	0.7
22	3	P87	S240	7967.4	277	2500	Delta	Wye	7	0.7
23	3	P150	S148	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
24	3	P133	S145	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
25	3	P115	S152	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
26	3	P96	S149	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
27	3	P80	S156	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
28	3	P61	S153	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
29	3	P43	S160	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
30	3	P26	S157	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
31	3	P94	S147	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
32	3	P113	S146	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
33	3	P148	S151	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
34	3	P130	S150	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
35	3	P24	S155	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5

36	3	P40	S154	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
37	3	P78	S159	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
38	3	P58	S158	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
39	3	P109	S164	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
40	3	P128	S161	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
41	3	P21	S168	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
42	3	P73	S165	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
43	3	P91	S172	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
44	3	P145	S169	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
45	3	P89	S176	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
46	3	P38	S173	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
47	3	P56	S163	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
48	3	P126	S162	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
49	3	P142	S167	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
50	3	P106	S166	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
51	3	P19	S171	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
52	3	P36	S170	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
53	3	P52	S175	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
54	3	P71	S174	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
55	3	P17	S180	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
56	3	P137	S177	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
57	3	P122	S184	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
58	3	P50	S181	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
59	3	P86	S188	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
60	3	P102	S185	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
61	3	P14	S192	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
62	3	P140	S189	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
63	3	P65	S179	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
64	3	P120	S178	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
65	3	P48	S183	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
66	3	P100	S182	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
67	3	P30	S187	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
68	3	P67	S186	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
69	3	P32	S191	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5
70	3	P84	S190	7967.4	120	1000	Delta	Wye	5	0.5

Fonte: [5].

ANEXO B – QUADRO DE DADOS DAS LINHAS.

Quadro 11 – Dados dos trechos de linhas da rede simulada.

Nome	Bus1	Fases	Bus2	Fases	Comprimento	Unidade	LineCode	Status	Num Linhas
1	P1	ABC	P2	ABC	150	ft	Trans	-	1
2	P2	ABC	P3	ABC	150	ft	Trans	-	1
3	P2	ABC	P7	ABC	150	ft	Trans	-	1
4	P6	ABC	P11	ABC	50	ft	Pri	-	1
5	P6	ABC	P27	ABC	50	ft	Pri	-	1
6	P6	ABC	P44	ABC	25	ft	Pri	-	1
7	P44	ABC	P45	ABC	25	ft	Pri	-	1
8	P44	ABC	P62	ABC	25	ft	Pri	-	1
9	P10	ABC	P81	ABC	50	ft	Pri	-	1
10	P10	ABC	P97	ABC	50	ft	Pri	-	1
11	P10	ABC	P116	ABC	25	ft	Pri	-	1
12	P116	ABC	P117	ABC	25	ft	Pri	-	1
13	P116	ABC	P134	ABC	25	ft	Pri	-	1
14	P12	ABC	P13	ABC	2500	ft	Pri	-	1
15	P13	ABC	P14	ABC	100	ft	Pri	-	1
16	P13	ABC	P15	ABC	100	ft	Pri	-	1
17	P15	ABC	P16	ABC	100	ft	Pri	-	1
18	P16	ABC	P17	ABC	100	ft	Pri	-	1
19	P15	ABC	P18	ABC	100	ft	Pri	-	1
20	P18	ABC	P19	ABC	100	ft	Pri	-	1
21	P18	ABC	P20	ABC	100	ft	Pri	-	1
22	P20	ABC	P21	ABC	100	ft	Pri	-	1
23	P21	ABC	P22	ABC	100	ft	Pri	-	1
24	P20	ABC	P23	ABC	100	ft	Pri	-	1
25	P23	ABC	P24	ABC	100	ft	Pri	-	1
26	P23	ABC	P25	ABC	100	ft	Pri	-	1
27	P25	ABC	P26	ABC	100	ft	Pri	-	1
28	P28	ABC	P29	ABC	2500	ft	Pri	-	1
29	P29	ABC	P30	ABC	100	ft	Pri	-	1
30	P29	ABC	P31	ABC	100	ft	Pri	-	1
31	P31	ABC	P32	ABC	100	ft	Pri	-	1
32	P31	ABC	P33	ABC	100	ft	Pri	-	1
33	P33	ABC	P34	ABC	100	ft	Pri	-	1
34	P33	ABC	P35	ABC	100	ft	Pri	-	1
35	P35	ABC	P36	ABC	100	ft	Pri	-	1
36	P35	ABC	P37	ABC	100	ft	Pri	-	1
37	P37	ABC	P38	ABC	100	ft	Pri	-	1

38	P37	ABC	P39	ABC	100	ft	Pri	-	1
39	P39	ABC	P40	ABC	100	ft	Pri	-	1
40	P40	ABC	P41	ABC	100	ft	Pri	-	1
41	P39	ABC	P42	ABC	100	ft	Pri	-	1
42	P42	ABC	P43	ABC	100	ft	Pri	-	1
43	P46	ABC	P47	ABC	2500	ft	Pri	-	1
44	P47	ABC	P48	ABC	100	ft	Pri	-	1
45	P47	ABC	P49	ABC	100	ft	Pri	-	1
46	P49	ABC	P50	ABC	100	ft	Pri	-	1
47	P49	ABC	P51	ABC	100	ft	Pri	-	1
48	P51	ABC	P52	ABC	100	ft	Pri	-	1
49	P51	ABC	P53	ABC	100	ft	Pri	-	1
50	P53	ABC	P54	ABC	100	ft	Pri	-	1
51	P54	ABC	P55	ABC	100	ft	Pri	-	1
52	P55	ABC	P56	ABC	100	ft	Pri	-	1
53	P53	ABC	P57	ABC	100	ft	Pri	-	1
54	P57	ABC	P58	ABC	100	ft	Pri	-	1
55	P57	ABC	P59	ABC	100	ft	Pri	-	1
56	P59	ABC	P60	ABC	100	ft	Pri	-	1
57	P60	ABC	P61	ABC	100	ft	Pri	-	1
58	P63	ABC	P64	ABC	2500	ft	Pri	-	1
59	P64	ABC	P65	ABC	100	ft	Pri	-	1
60	P64	ABC	P66	ABC	100	ft	Pri	-	1
61	P66	ABC	P67	ABC	100	ft	Pri	-	1
62	P66	ABC	P68	ABC	100	ft	Pri	-	1
63	P68	ABC	P69	ABC	100	ft	Pri	-	1
64	P68	ABC	P70	ABC	100	ft	Pri	-	1
65	P70	ABC	P71	ABC	100	ft	Pri	-	1
66	P70	ABC	P72	ABC	100	ft	Pri	-	1
67	P72	ABC	P73	ABC	100	ft	Pri	-	1
68	P73	ABC	P74	ABC	100	ft	Pri	-	1
69	P72	ABC	P75	ABC	100	ft	Pri	-	1
70	P75	ABC	P76	ABC	100	ft	Pri	-	1
71	P75	ABC	P77	ABC	100	ft	Pri	-	1
72	P77	ABC	P78	ABC	100	ft	Pri	-	1
73	P77	ABC	P79	ABC	100	ft	Pri	-	1
74	P79	ABC	P80	ABC	100	ft	Pri	-	1

75	P82	ABC	P83	ABC	2500	ft	Pri	-	1
76	P83	ABC	P84	ABC	100	ft	Pri	-	1
77	P83	ABC	P85	ABC	100	ft	Pri	-	1
78	P85	ABC	P86	ABC	100	ft	Pri	-	1
79	P86	ABC	P87	ABC	100	ft	Pri	-	1
80	P85	ABC	P88	ABC	100	ft	Pri	-	1
81	P88	ABC	P89	ABC	100	ft	Pri	-	1
82	P88	ABC	P90	ABC	100	ft	Pri	-	1
83	P90	ABC	P91	ABC	100	ft	Pri	-	1
84	P91	ABC	P92	ABC	100	ft	Pri	-	1
85	P90	ABC	P93	ABC	100	ft	Pri	-	1
86	P93	ABC	P94	ABC	100	ft	Pri	-	1
87	P93	ABC	P95	ABC	100	ft	Pri	-	1
88	P95	ABC	P96	ABC	100	ft	Pri	-	1
89	P98	ABC	P99	ABC	2500	ft	Pri	-	1
90	P99	ABC	P100	ABC	100	ft	Pri	-	1
91	P99	ABC	P101	ABC	100	ft	Pri	-	1
92	P101	ABC	P102	ABC	100	ft	Pri	-	1
93	P101	ABC	P103	ABC	100	ft	Pri	-	1
94	P103	ABC	P104	ABC	100	ft	Pri	-	1
95	P103	ABC	P105	ABC	100	ft	Pri	-	1
96	P105	ABC	P106	ABC	100	ft	Pri	-	1
97	P106	ABC	P107	ABC	100	ft	Pri	-	1
98	P105	ABC	P108	ABC	100	ft	Pri	-	1
99	P108	ABC	P109	ABC	100	ft	Pri	-	1
100	P108	ABC	P110	ABC	100	ft	Pri	-	1
101	P110	ABC	P111	ABC	100	ft	Pri	-	1
102	P110	ABC	P112	ABC	100	ft	Pri	-	1
103	P112	ABC	P113	ABC	100	ft	Pri	-	1
104	P112	ABC	P114	ABC	100	ft	Pri	-	1
105	P114	ABC	P115	ABC	100	ft	Pri	-	1
106	P118	ABC	P119	ABC	2500	ft	Pri	-	1
107	P119	ABC	P120	ABC	100	ft	Pri	-	1
108	P119	ABC	P121	ABC	100	ft	Pri	-	1
109	P121	ABC	P122	ABC	100	ft	Pri	-	1
110	P121	ABC	P123	ABC	100	ft	Pri	-	1
111	P123	ABC	P124	ABC	100	ft	Pri	-	1

112	P123	ABC	P125	ABC	100	ft	Pri	-	1
113	P125	ABC	P126	ABC	100	ft	Pri	-	1
114	P125	ABC	P127	ABC	100	ft	Pri	-	1
115	P127	ABC	P128	ABC	100	ft	Pri	-	1
116	P127	ABC	P129	ABC	100	ft	Pri	-	1
117	P129	ABC	P130	ABC	100	ft	Pri	-	1
118	P130	ABC	P131	ABC	100	ft	Pri	-	1
119	P129	ABC	P132	ABC	100	ft	Pri	-	1
120	P132	ABC	P133	ABC	100	ft	Pri	-	1
121	P135	ABC	P136	ABC	2500	ft	Pri	-	1
122	P136	ABC	P137	ABC	100	ft	Pri	-	1
123	P136	ABC	P138	ABC	100	ft	Pri	-	1
124	P138	ABC	P139	ABC	100	ft	Pri	-	1
125	P139	ABC	P140	ABC	100	ft	Pri	-	1
126	P138	ABC	P141	ABC	100	ft	Pri	-	1
127	P141	ABC	P142	ABC	100	ft	Pri	-	1
128	P141	ABC	P143	ABC	100	ft	Pri	-	1
129	P143	ABC	P144	ABC	100	ft	Pri	-	1
130	P144	ABC	P145	ABC	100	ft	Pri	-	1
131	P145	ABC	P146	ABC	100	ft	Pri	-	1
132	P143	ABC	P147	ABC	100	ft	Pri	-	1
133	P147	ABC	P148	ABC	100	ft	Pri	-	1
134	P147	ABC	P149	ABC	100	ft	Pri	-	1
135	P149	ABC	P150	ABC	100	ft	Pri	-	1
136	S194	ABCN	S193	ABCN	10	ft	Sec	-	5
137	S195	ABCN	S193	ABCN	10	ft	Sec	-	5
138	S199	ABCN	S198	ABCN	10	ft	Sec	-	5
139	S200	ABCN	S198	ABCN	10	ft	Sec	-	5
140	S204	ABCN	S203	ABCN	10	ft	Sec	-	5
141	S205	ABCN	S203	ABCN	10	ft	Sec	-	5
142	S206	ABCN	S203	ABCN	10	ft	Sec	-	5
143	S211	ABCN	S210	ABCN	10	ft	Sec	-	5
144	S212	ABCN	S210	ABCN	10	ft	Sec	-	5
145	S213	ABCN	S210	ABCN	10	ft	Sec	-	5
146	S218	ABCN	S217	ABCN	10	ft	Sec	-	5
147	S219	ABCN	S217	ABCN	10	ft	Sec	-	5
148	S220	ABCN	S217	ABCN	10	ft	Sec	-	5

149	S225	ABCN	S224	ABCN	10	ft	Sec	-	5
150	S226	ABCN	S224	ABCN	10	ft	Sec	-	5
151	S227	ABCN	S224	ABCN	10	ft	Sec	-	5
152	S232	ABCN	S231	ABCN	10	ft	Sec	-	5
153	S233	ABCN	S231	ABCN	10	ft	Sec	-	5
154	S237	ABCN	S236	ABCN	10	ft	Sec	-	5
155	S239	ABCN	S236	ABCN	10	ft	Sec	-	5
156	S1	ABCN	S2	ABCN	100	ft	Sec	-	6
157	S2	ABCN	S3	ABCN	25	ft	Sec	-	6
158	S3	ABCN	S4	ABCN	25	ft	Sec	-	6
159	S4	ABCN	S5	ABCN	100	ft	Sec	-	6
160	S5	ABCN	S6	ABCN	100	ft	Sec	-	6
161	S6	ABCN	S7	ABCN	100	ft	Sec	-	6
162	S7	ABCN	S8	ABCN	25	ft	Sec	-	6
163	S8	ABCN	S9	ABCN	25	ft	Sec	-	6
164	S9	ABCN	S10	ABCN	100	ft	Sec	-	6
165	S10	ABCN	S11	ABCN	100	ft	Sec	-	6
166	S11	ABCN	S12	ABCN	100	ft	Sec	-	6
167	S12	ABCN	S13	ABCN	25	ft	Sec	-	6
168	S13	ABCN	S14	ABCN	25	ft	Sec	-	6
169	S14	ABCN	S15	ABCN	100	ft	Sec	-	6
170	S15	ABCN	S16	ABCN	100	ft	Sec	-	6
171	S16	ABCN	S17	ABCN	100	ft	Sec	-	6
172	S17	ABCN	S18	ABCN	25	ft	Sec	-	6
173	S18	ABCN	S19	ABCN	25	ft	Sec	-	6
174	S19	ABCN	S20	ABCN	100	ft	Sec	-	6
175	S20	ABCN	S21	ABCN	100	ft	Sec	-	6
176	S42	ABCN	S43	ABCN	100	ft	Sec	-	6
177	S43	ABCN	S44	ABCN	25	ft	Sec	-	6
178	S44	ABCN	S45	ABCN	100	ft	Sec	-	6
179	S45	ABCN	S46	ABCN	25	ft	Sec	-	6
180	S46	ABCN	S47	ABCN	100	ft	Sec	-	6
181	S47	ABCN	S48	ABCN	100	ft	Sec	-	6
182	S48	ABCN	S49	ABCN	25	ft	Sec	-	6
183	S49	ABCN	S50	ABCN	100	ft	Sec	-	6
184	S50	ABCN	S51	ABCN	25	ft	Sec	-	6
185	S51	ABCN	S52	ABCN	100	ft	Sec	-	6

186	S52	ABCN	S53	ABCN	100	ft	Sec	-	6
187	S53	ABCN	S54	ABCN	25	ft	Sec	-	6
188	S54	ABCN	S55	ABCN	100	ft	Sec	-	6
189	S55	ABCN	S56	ABCN	25	ft	Sec	-	6
190	S56	ABCN	S57	ABCN	100	ft	Sec	-	6
191	S57	ABCN	S58	ABCN	100	ft	Sec	-	6
192	S58	ABCN	S59	ABCN	25	ft	Sec	-	6
193	S59	ABCN	S60	ABCN	100	ft	Sec	-	6
194	S60	ABCN	S61	ABCN	25	ft	Sec	-	6
195	S61	ABCN	S62	ABCN	100	ft	Sec	-	6
196	S83	ABCN	S84	ABCN	100	ft	Sec	-	6
197	S84	ABCN	S85	ABCN	25	ft	Sec	-	6
198	S85	ABCN	S86	ABCN	100	ft	Sec	-	6
199	S86	ABCN	S87	ABCN	25	ft	Sec	-	6
200	S87	ABCN	S88	ABCN	100	ft	Sec	-	6
201	S88	ABCN	S89	ABCN	100	ft	Sec	-	6
202	S89	ABCN	S90	ABCN	25	ft	Sec	-	6
203	S90	ABCN	S91	ABCN	100	ft	Sec	-	6
204	S91	ABCN	S92	ABCN	25	ft	Sec	-	6
205	S92	ABCN	S93	ABCN	100	ft	Sec	-	6
206	S93	ABCN	S94	ABCN	100	ft	Sec	-	6
207	S94	ABCN	S95	ABCN	25	ft	Sec	-	6
208	S95	ABCN	S96	ABCN	100	ft	Sec	-	6
209	S96	ABCN	S97	ABCN	25	ft	Sec	-	6
210	S97	ABCN	S98	ABCN	100	ft	Sec	-	6
211	S98	ABCN	S99	ABCN	100	ft	Sec	-	6
212	S99	ABCN	S100	ABCN	25	ft	Sec	-	6
213	S100	ABCN	S101	ABCN	100	ft	Sec	-	6
214	S101	ABCN	S102	ABCN	25	ft	Sec	-	6
215	S102	ABCN	S103	ABCN	100	ft	Sec	-	6
216	S124	ABCN	S125	ABCN	100	ft	Sec	-	6
217	S125	ABCN	S126	ABCN	25	ft	Sec	-	6
218	S126	ABCN	S127	ABCN	100	ft	Sec	-	6
219	S127	ABCN	S128	ABCN	25	ft	Sec	-	6
220	S128	ABCN	S129	ABCN	100	ft	Sec	-	6
221	S129	ABCN	S130	ABCN	100	ft	Sec	-	6
222	S130	ABCN	S131	ABCN	100	ft	Sec	-	6

223	S131	ABCN	S132	ABCN	25	ft	Sec	-	6
224	S132	ABCN	S133	ABCN	25	ft	Sec	-	6
225	S133	ABCN	S134	ABCN	100	ft	Sec	-	6
226	S134	ABCN	S135	ABCN	100	ft	Sec	-	6
227	S135	ABCN	S136	ABCN	100	ft	Sec	-	6
228	S136	ABCN	S137	ABCN	25	ft	Sec	-	6
229	S137	ABCN	S138	ABCN	25	ft	Sec	-	6
230	S138	ABCN	S139	ABCN	100	ft	Sec	-	6
231	S139	ABCN	S140	ABCN	100	ft	Sec	-	6
232	S140	ABCN	S141	ABCN	100	ft	Sec	-	6
233	S141	ABCN	S142	ABCN	25	ft	Sec	-	6
234	S142	ABCN	S143	ABCN	25	ft	Sec	-	6
235	S143	ABCN	S144	ABCN	100	ft	Sec	-	6
236	S1	ABCN	S22	ABCN	100	ft	Sec	-	6
237	S22	ABCN	S27	ABCN	100	ft	Sec	-	6
238	S27	ABCN	S32	ABCN	25	ft	Sec	-	6
239	S32	ABCN	S37	ABCN	25	ft	Sec	-	6
240	S37	ABCN	S42	ABCN	100	ft	Sec	-	6
241	S42	ABCN	S63	ABCN	100	ft	Sec	-	6
242	S63	ABCN	S68	ABCN	100	ft	Sec	-	6
243	S68	ABCN	S73	ABCN	25	ft	Sec	-	6
244	S73	ABCN	S78	ABCN	25	ft	Sec	-	6
245	S78	ABCN	S83	ABCN	100	ft	Sec	-	6
246	S83	ABCN	S104	ABCN	100	ft	Sec	-	6
247	S104	ABCN	S109	ABCN	100	ft	Sec	-	6
248	S109	ABCN	S114	ABCN	25	ft	Sec	-	6
249	S114	ABCN	S119	ABCN	25	ft	Sec	-	6
250	S119	ABCN	S124	ABCN	100	ft	Sec	-	6
251	S6	ABCN	S23	ABCN	100	ft	Sec	-	6
252	S23	ABCN	S28	ABCN	25	ft	Sec	-	6
253	S28	ABCN	S33	ABCN	100	ft	Sec	-	6
254	S33	ABCN	S38	ABCN	25	ft	Sec	-	6
255	S38	ABCN	S47	ABCN	100	ft	Sec	-	6
256	S47	ABCN	S64	ABCN	100	ft	Sec	-	6
257	S64	ABCN	S69	ABCN	25	ft	Sec	-	6
258	S69	ABCN	S74	ABCN	100	ft	Sec	-	6
259	S74	ABCN	S79	ABCN	25	ft	Sec	-	6

260	S79	ABCN	S88	ABCN	100	ft	Sec	-	6
261	S88	ABCN	S105	ABCN	100	ft	Sec	-	6
262	S105	ABCN	S110	ABCN	25	ft	Sec	-	6
263	S110	ABCN	S115	ABCN	100	ft	Sec	-	6
264	S115	ABCN	S120	ABCN	25	ft	Sec	-	6
265	S120	ABCN	S129	ABCN	100	ft	Sec	-	6
266	S11	ABCN	S24	ABCN	100	ft	Sec	-	6
267	S24	ABCN	S29	ABCN	25	ft	Sec	-	6
268	S29	ABCN	S34	ABCN	100	ft	Sec	-	6
269	S34	ABCN	S39	ABCN	25	ft	Sec	-	6
270	S39	ABCN	S52	ABCN	100	ft	Sec	-	6
271	S52	ABCN	S65	ABCN	100	ft	Sec	-	6
272	S65	ABCN	S70	ABCN	25	ft	Sec	-	6
273	S70	ABCN	S75	ABCN	100	ft	Sec	-	6
274	S75	ABCN	S80	ABCN	25	ft	Sec	-	6
275	S80	ABCN	S93	ABCN	100	ft	Sec	-	6
276	S93	ABCN	S106	ABCN	100	ft	Sec	-	6
277	S106	ABCN	S111	ABCN	25	ft	Sec	-	6
278	S111	ABCN	S116	ABCN	100	ft	Sec	-	6
279	S116	ABCN	S121	ABCN	25	ft	Sec	-	6
280	S121	ABCN	S134	ABCN	100	ft	Sec	-	6
281	S16	ABCN	S25	ABCN	100	ft	Sec	-	6
282	S25	ABCN	S30	ABCN	25	ft	Sec	-	6
283	S30	ABCN	S35	ABCN	100	ft	Sec	-	6
284	S35	ABCN	S40	ABCN	25	ft	Sec	-	6
285	S40	ABCN	S57	ABCN	100	ft	Sec	-	6
286	S57	ABCN	S66	ABCN	100	ft	Sec	-	6
287	S66	ABCN	S71	ABCN	25	ft	Sec	-	6
288	S71	ABCN	S76	ABCN	100	ft	Sec	-	6
289	S76	ABCN	S81	ABCN	25	ft	Sec	-	6
290	S81	ABCN	S98	ABCN	100	ft	Sec	-	6
291	S98	ABCN	S107	ABCN	100	ft	Sec	-	6
292	S107	ABCN	S112	ABCN	25	ft	Sec	-	6
293	S112	ABCN	S117	ABCN	100	ft	Sec	-	6
294	S117	ABCN	S122	ABCN	25	ft	Sec	-	6
295	S122	ABCN	S139	ABCN	100	ft	Sec	-	6
296	S21	ABCN	S26	ABCN	100	ft	Sec	-	6

297	S26	ABCN	S31	ABCN	25	ft	Sec	-	6
298	S31	ABCN	S36	ABCN	25	ft	Sec	-	6
299	S36	ABCN	S41	ABCN	100	ft	Sec	-	6
300	S41	ABCN	S62	ABCN	100	ft	Sec	-	6
301	S62	ABCN	S67	ABCN	100	ft	Sec	-	6
302	S67	ABCN	S72	ABCN	25	ft	Sec	-	6
303	S72	ABCN	S77	ABCN	25	ft	Sec	-	6
304	S77	ABCN	S82	ABCN	100	ft	Sec	-	6
305	S82	ABCN	S103	ABCN	100	ft	Sec	-	6
306	S103	ABCN	S108	ABCN	100	ft	Sec	-	6
307	S108	ABCN	S113	ABCN	25	ft	Sec	-	6
308	S113	ABCN	S118	ABCN	25	ft	Sec	-	6
309	S118	ABCN	S123	ABCN	100	ft	Sec	-	6
310	S123	ABCN	S144	ABCN	100	ft	Sec	-	6
311	P3	ABC	P4	ABC	100	ft	Switch	close	1
312	P5	ABC	P6	ABC	100	ft	Switch	close	1
313	P7	ABC	P8	ABC	100	ft	Switch	close	1
314	P9	ABC	P10	ABC	100	ft	Switch	close	1
315	P11	ABC	P12	ABC	100	ft	Switch	close	1
316	P27	ABC	P28	ABC	100	ft	Switch	close	1
317	P45	ABC	P46	ABC	100	ft	Switch	close	1
318	P62	ABC	P63	ABC	100	ft	Switch	close	1
319	P81	ABC	P82	ABC	100	ft	Switch	close	1
320	P97	ABC	P98	ABC	100	ft	Switch	close	1
321	P117	ABC	P118	ABC	100	ft	Switch	close	1
322	P134	ABC	P135	ABC	100	ft	Switch	close	1
323	S148	ABCN	S27	ABCN	100	ft	Switch	close	1
324	S145	ABCN	S4	ABCN	100	ft	Switch	close	1
325	S152	ABCN	S28	ABCN	100	ft	Switch	close	1
326	S149	ABCN	S9	ABCN	100	ft	Switch	close	1
327	S156	ABCN	S29	ABCN	100	ft	Switch	close	1
328	S153	ABCN	S14	ABCN	100	ft	Switch	close	1
329	S160	ABCN	S30	ABCN	100	ft	Switch	close	1
330	S157	ABCN	S19	ABCN	100	ft	Switch	close	1
331	S147	ABCN	S44	ABCN	100	ft	Switch	close	1
332	S146	ABCN	S33	ABCN	100	ft	Switch	close	1
333	S151	ABCN	S49	ABCN	100	ft	Switch	close	1

334	S150	ABCN	S34	ABCN	100	ft	Switch	close	1
335	S155	ABCN	S54	ABCN	100	ft	Switch	close	1
336	S154	ABCN	S35	ABCN	100	ft	Switch	close	1
337	S159	ABCN	S59	ABCN	100	ft	Switch	close	1
338	S158	ABCN	S36	ABCN	100	ft	Switch	close	1
339	S164	ABCN	S68	ABCN	100	ft	Switch	close	1
340	S161	ABCN	S45	ABCN	100	ft	Switch	close	1
341	S168	ABCN	S69	ABCN	100	ft	Switch	close	1
342	S165	ABCN	S50	ABCN	100	ft	Switch	close	1
343	S172	ABCN	S70	ABCN	100	ft	Switch	close	1
344	S169	ABCN	S55	ABCN	100	ft	Switch	close	1
345	S176	ABCN	S71	ABCN	100	ft	Switch	close	1
346	S173	ABCN	S60	ABCN	100	ft	Switch	close	1
347	S163	ABCN	S85	ABCN	100	ft	Switch	close	1
348	S162	ABCN	S74	ABCN	100	ft	Switch	close	1
349	S167	ABCN	S90	ABCN	100	ft	Switch	close	1
350	S166	ABCN	S75	ABCN	100	ft	Switch	close	1
351	S171	ABCN	S95	ABCN	100	ft	Switch	close	1
352	S170	ABCN	S76	ABCN	100	ft	Switch	close	1
353	S175	ABCN	S100	ABCN	100	ft	Switch	close	1
354	S174	ABCN	S77	ABCN	100	ft	Switch	close	1
355	S180	ABCN	S109	ABCN	100	ft	Switch	close	1
356	S177	ABCN	S86	ABCN	100	ft	Switch	close	1
357	S184	ABCN	S110	ABCN	100	ft	Switch	close	1
358	S181	ABCN	S91	ABCN	100	ft	Switch	close	1
359	S188	ABCN	S111	ABCN	100	ft	Switch	close	1
360	S185	ABCN	S96	ABCN	100	ft	Switch	close	1
361	S192	ABCN	S112	ABCN	100	ft	Switch	close	1
362	S189	ABCN	S101	ABCN	100	ft	Switch	close	1
363	S179	ABCN	S126	ABCN	100	ft	Switch	close	1
364	S178	ABCN	S115	ABCN	100	ft	Switch	close	1
365	S183	ABCN	S131	ABCN	100	ft	Switch	close	1
366	S182	ABCN	S116	ABCN	100	ft	Switch	close	1
367	S187	ABCN	S136	ABCN	100	ft	Switch	close	1
368	S186	ABCN	S117	ABCN	100	ft	Switch	close	1
369	S191	ABCN	S141	ABCN	100	ft	Switch	close	1
370	S190	ABCN	S118	ABCN	100	ft	Switch	close	1

371	S196	ABCN	S194	ABCN	100	ft	Switch	close	1
372	S197	ABCN	S195	ABCN	100	ft	Switch	close	1
373	S201	ABCN	S199	ABCN	100	ft	Switch	close	1
374	S202	ABCN	S200	ABCN	100	ft	Switch	close	1
375	S207	ABCN	S204	ABCN	100	ft	Switch	close	1
376	S208	ABCN	S205	ABCN	100	ft	Switch	close	1
377	S209	ABCN	S206	ABCN	100	ft	Switch	close	1
378	S214	ABCN	S211	ABCN	100	ft	Switch	close	1
379	S215	ABCN	S212	ABCN	100	ft	Switch	close	1
380	S216	ABCN	S213	ABCN	100	ft	Switch	close	1
381	S221	ABCN	S218	ABCN	100	ft	Switch	close	1
382	S222	ABCN	S219	ABCN	100	ft	Switch	close	1
383	S223	ABCN	S220	ABCN	100	ft	Switch	close	1
384	S228	ABCN	S225	ABCN	100	ft	Switch	close	1
385	S229	ABCN	S226	ABCN	100	ft	Switch	close	1
386	S230	ABCN	S227	ABCN	100	ft	Switch	close	1
387	S234	ABCN	S232	ABCN	100	ft	Switch	close	1
388	S235	ABCN	S233	ABCN	100	ft	Switch	close	1
389	S238	ABCN	S237	ABCN	100	ft	Switch	close	1
390	S240	ABCN	S239	ABCN	100	ft	Switch	close	1

Fonte: [5].

ANEXO C – QUADRO DE DADOS DAS CARGAS.

Quadro 12 – Dados das cargas da rede simulada.

Nome	Num Fases	Bus	Fases	Voltagem	Status	Model	Conexão	kW	FP
1	1	S193	A	277	fixed	P	wye	364,07	0,97
2	1	S193	B	277	fixed	P	wye	413,73	0,94
3	1	S193	C	277	fixed	P	wye	360,05	0,91
4	1	S193	AB	277	fixed	P	delta	96,8	0,82
5	1	S193	BC	277	fixed	P	delta	132,06	0,8
6	1	S193	CA	277	fixed	P	delta	95,21	0,78
7	1	S198	A	277	fixed	P	wye	90,83	0,97
8	1	S198	B	277	fixed	P	wye	97,25	0,98
9	1	S198	C	277	fixed	P	wye	100,79	0,93
10	1	S198	AB	277	fixed	P	delta	188,32	0,81
11	1	S198	BC	277	fixed	P	delta	187,95	0,77
12	1	S198	CA	277	fixed	P	delta	203,01	0,76
13	1	S203	A	277	fixed	P	wye	238,82	0,98
14	1	S203	B	277	fixed	P	wye	232,47	0,92
15	1	S203	C	277	fixed	P	wye	228,58	1
16	1	S203	AB	277	fixed	P	delta	565,8	0,78
17	1	S203	BC	277	fixed	P	delta	475,55	0,78
18	1	S203	CA	277	fixed	P	delta	533,69	0,82
19	1	S210	A	277	fixed	P	wye	321,65	0,94
20	1	S210	B	277	fixed	P	wye	303,75	0,97
21	1	S210	C	277	fixed	P	wye	303,87	0,96
22	1	S210	AB	277	fixed	P	delta	571,83	0,84
23	1	S210	BC	277	fixed	P	delta	586,56	0,81
24	1	S210	CA	277	fixed	P	delta	615,94	0,84
25	1	S217	A	277	fixed	P	wye	373,14	0,92
26	1	S217	B	277	fixed	P	wye	320,71	0,92
27	1	S217	C	277	fixed	P	wye	345,84	0,93
28	1	S217	AB	277	fixed	P	delta	621,67	0,8
29	1	S217	BC	277	fixed	P	delta	618,18	0,8
30	1	S217	CA	277	fixed	P	delta	580,83	0,8
31	1	S224	A	277	fixed	P	wye	386,89	0,91
32	1	S224	B	277	fixed	P	wye	317,26	0,95
33	1	S224	C	277	fixed	P	wye	282,42	0,97
34	1	S224	AB	277	fixed	P	delta	652,02	0,8
35	1	S224	BC	277	fixed	P	delta	652,91	0,78
36	1	S224	CA	277	fixed	P	delta	588,22	0,79
37	1	S231	A	277	fixed	P	wye	55,67	0,93

38	1	S231	B	277	fixed	P	wye	39,9	0,92
39	1	S231	C	277	fixed	P	wye	52,71	0,92
40	1	S231	AB	277	fixed	P	delta	81,26	0,81
41	1	S231	BC	277	fixed	P	delta	92,16	0,78
42	1	S231	CA	277	fixed	P	delta	104,45	0,84
43	1	S236	A	277	fixed	P	wye	276,92	0,96
44	1	S236	B	277	fixed	P	wye	310,85	0,99
45	1	S236	C	277	fixed	P	wye	312,34	0,92
46	1	S236	AB	277	fixed	P	delta	616,16	0,78
47	1	S236	BC	277	fixed	P	delta	624,23	0,76
48	1	S236	CA	277	fixed	P	delta	563,51	0,79
49	1	S1	A	120	fixed	P	wye	16,11	0,95
50	1	S1	B	120	fixed	P	wye	11,28	0,94
51	1	S1	C	120	fixed	P	wye	15,3	0,92
52	1	S1	AB	120	fixed	P	delta	32,44	0,81
53	1	S1	BC	120	fixed	P	delta	34,69	0,76
54	1	S1	CA	120	fixed	P	delta	35,71	0,79
55	1	S2	A	120	fixed	P	wye	12,12	0,93
56	1	S2	B	120	fixed	P	wye	12,59	0,93
57	1	S2	C	120	fixed	P	wye	11,45	0,98
58	1	S2	AB	120	fixed	P	delta	29,83	0,78
59	1	S2	BC	120	fixed	P	delta	34,51	0,83
60	1	S2	CA	120	fixed	P	delta	35,7	0,78
61	1	S3	A	120	fixed	P	wye	15,59	0,91
62	1	S3	B	120	fixed	P	wye	12	0,97
63	1	S3	C	120	fixed	P	wye	11,9	0,99
64	1	S3	AB	120	fixed	P	delta	35,18	0,83
65	1	S3	BC	120	fixed	P	delta	30,71	0,8
66	1	S3	CA	120	fixed	P	delta	32,33	0,81
67	1	S5	A	120	fixed	P	wye	16,1	0,93
68	1	S5	B	120	fixed	P	wye	15,52	0,95
69	1	S5	C	120	fixed	P	wye	13,3	0,94
70	1	S5	AB	120	fixed	P	delta	27,99	0,83
71	1	S5	BC	120	fixed	P	delta	34,21	0,78
72	1	S5	CA	120	fixed	P	delta	28,45	0,77
73	1	S6	A	120	fixed	P	wye	15,48	0,98
74	1	S6	B	120	fixed	P	wye	12,08	0,96

75	1	S6	C	120	fixed	P	wye	13,38	1
76	1	S6	AB	120	fixed	P	delta	28,93	0,8
77	1	S6	BC	120	fixed	P	delta	31,92	0,77
78	1	S6	CA	120	fixed	P	delta	33,13	0,78
79	1	S7	A	120	fixed	P	wye	12,66	0,91
80	1	S7	B	120	fixed	P	wye	13,14	0,95
81	1	S7	C	120	fixed	P	wye	13,76	0,99
82	1	S7	AB	120	fixed	P	delta	30,27	0,77
83	1	S7	BC	120	fixed	P	delta	34,89	0,79
84	1	S7	CA	120	fixed	P	delta	31,74	0,78
85	1	S8	A	120	fixed	P	wye	13,93	0,93
86	1	S8	B	120	fixed	P	wye	13,06	0,99
87	1	S8	C	120	fixed	P	wye	14,97	0,91
88	1	S8	AB	120	fixed	P	delta	27,75	0,78
89	1	S8	BC	120	fixed	P	delta	31,78	0,83
90	1	S8	CA	120	fixed	P	delta	35,14	0,83
91	1	S10	A	120	fixed	P	wye	12,64	0,96
92	1	S10	B	120	fixed	P	wye	13,59	0,96
93	1	S10	C	120	fixed	P	wye	12,04	0,91
94	1	S10	AB	120	fixed	P	delta	35,54	0,76
95	1	S10	BC	120	fixed	P	delta	34,64	0,82
96	1	S10	CA	120	fixed	P	delta	26,3	0,77
97	1	S11	A	120	fixed	P	wye	11,72	0,98
98	1	S11	B	120	fixed	P	wye	14,34	0,91
99	1	S11	C	120	fixed	P	wye	12,57	0,96
100	1	S11	AB	120	fixed	P	delta	28,59	0,82
101	1	S11	BC	120	fixed	P	delta	35,81	0,8
102	1	S11	CA	120	fixed	P	delta	29,03	0,81
103	1	S12	A	120	fixed	P	wye	15,65	0,91
104	1	S12	B	120	fixed	P	wye	14,77	1
105	1	S12	C	120	fixed	P	wye	11,73	0,97
106	1	S12	AB	120	fixed	P	delta	30,47	0,83
107	1	S12	BC	120	fixed	P	delta	34,06	0,83
108	1	S12	CA	120	fixed	P	delta	28,34	0,8
109	1	S13	A	120	fixed	P	wye	15,74	0,94
110	1	S13	B	120	fixed	P	wye	13,47	0,95
111	1	S13	C	120	fixed	P	wye	15,21	0,94

112	1	S13	AB	120	fixed	P	delta	30,6	0,78
113	1	S13	BC	120	fixed	P	delta	33,97	0,84
114	1	S13	CA	120	fixed	P	delta	33,37	0,82
115	1	S15	A	120	fixed	P	wye	16,13	0,97
116	1	S15	B	120	fixed	P	wye	12,66	1
117	1	S15	C	120	fixed	P	wye	14,31	0,99
118	1	S15	AB	120	fixed	P	delta	28,37	0,83
119	1	S15	BC	120	fixed	P	delta	33,63	0,83
120	1	S15	CA	120	fixed	P	delta	30,78	0,79
121	1	S16	A	120	fixed	P	wye	13,54	0,97
122	1	S16	B	120	fixed	P	wye	13,05	0,95
123	1	S16	C	120	fixed	P	wye	13,72	0,94
124	1	S16	AB	120	fixed	P	delta	35,73	0,81
125	1	S16	BC	120	fixed	P	delta	30,73	0,83
126	1	S16	CA	120	fixed	P	delta	33,05	0,81
127	1	S17	A	120	fixed	P	wye	13,45	0,97
128	1	S17	B	120	fixed	P	wye	11,68	0,97
129	1	S17	C	120	fixed	P	wye	12,86	0,9
130	1	S17	AB	120	fixed	P	delta	33,05	0,77
131	1	S17	BC	120	fixed	P	delta	34,36	0,77
132	1	S17	CA	120	fixed	P	delta	27,45	0,81
133	1	S18	A	120	fixed	P	wye	16,05	0,96
134	1	S18	B	120	fixed	P	wye	14,81	0,97
135	1	S18	C	120	fixed	P	wye	15,43	1
136	1	S18	AB	120	fixed	P	delta	32,33	0,8
137	1	S18	BC	120	fixed	P	delta	32,97	0,82
138	1	S18	CA	120	fixed	P	delta	29,7	0,77
139	1	S19	A	120	fixed	P	wye	11,35	0,93
140	1	S19	B	120	fixed	P	wye	14,02	0,97
141	1	S19	C	120	fixed	P	wye	15,38	0,93
142	1	S19	AB	120	fixed	P	delta	33,61	0,78
143	1	S19	BC	120	fixed	P	delta	36,04	0,79
144	1	S19	CA	120	fixed	P	delta	27,9	0,82
145	1	S20	A	120	fixed	P	wye	15,8	0,99
146	1	S20	B	120	fixed	P	wye	13,98	0,91
147	1	S20	C	120	fixed	P	wye	12,9	0,93
148	1	S20	AB	120	fixed	P	delta	28,11	0,76

149	1	S20	BC	120	fixed	P	delta	31,4	0,78
150	1	S20	CA	120	fixed	P	delta	34,79	0,82
151	1	S21	A	120	fixed	P	wye	16,29	0,95
152	1	S21	B	120	fixed	P	wye	13,81	0,91
153	1	S21	C	120	fixed	P	wye	13,05	0,97
154	1	S21	AB	120	fixed	P	delta	30,12	0,83
155	1	S21	BC	120	fixed	P	delta	31,94	0,8
156	1	S21	CA	120	fixed	P	delta	36,38	0,78
157	1	S22	A	120	fixed	P	wye	14,73	0,91
158	1	S22	B	120	fixed	P	wye	12,07	0,93
159	1	S22	C	120	fixed	P	wye	13,3	0,98
160	1	S22	AB	120	fixed	P	delta	36,12	0,82
161	1	S22	BC	120	fixed	P	delta	33,91	0,79
162	1	S22	CA	120	fixed	P	delta	34,94	0,81
163	1	S23	A	120	fixed	P	wye	41,67	0,97
164	1	S23	B	120	fixed	P	wye	44,08	0,93
165	1	S23	C	120	fixed	P	wye	34,47	0,98
166	1	S23	AB	120	fixed	P	delta	101,57	0,81
167	1	S23	BC	120	fixed	P	delta	113,38	0,82
168	1	S23	CA	120	fixed	P	delta	97,23	0,77
169	1	S24	A	120	fixed	P	wye	34,33	0,94
170	1	S24	B	120	fixed	P	wye	42,83	0,95
171	1	S24	C	120	fixed	P	wye	46,08	0,92
172	1	S24	AB	120	fixed	P	delta	84,09	0,76
173	1	S24	BC	120	fixed	P	delta	98,49	0,8
174	1	S24	CA	120	fixed	P	delta	85,75	0,79
175	1	S25	A	120	fixed	P	wye	36,48	0,9
176	1	S25	B	120	fixed	P	wye	47,23	0,98
177	1	S25	C	120	fixed	P	wye	46,74	0,99
178	1	S25	AB	120	fixed	P	delta	101,51	0,82
179	1	S25	BC	120	fixed	P	delta	109,37	0,78
180	1	S25	CA	120	fixed	P	delta	97,87	0,77
181	1	S26	A	120	fixed	P	wye	16,41	0,92
182	1	S26	B	120	fixed	P	wye	12,29	0,92
183	1	S26	C	120	fixed	P	wye	14,77	0,95
184	1	S26	AB	120	fixed	P	delta	26,87	0,79
185	1	S26	BC	120	fixed	P	delta	31,65	0,78

186	1	S26	CA	120	fixed	P	delta	37,4	0,8
187	1	S31	A	120	fixed	P	wye	13,35	0,98
188	1	S31	B	120	fixed	P	wye	14,57	0,92
189	1	S31	C	120	fixed	P	wye	13,73	0,92
190	1	S31	AB	120	fixed	P	delta	37,07	0,8
191	1	S31	BC	120	fixed	P	delta	33,43	0,84
192	1	S31	CA	120	fixed	P	delta	32,15	0,77
193	1	S32	A	120	fixed	P	wye	11,65	0,94
194	1	S32	B	120	fixed	P	wye	12,16	0,92
195	1	S32	C	120	fixed	P	wye	13,06	0,92
196	1	S32	AB	120	fixed	P	delta	30,79	0,82
197	1	S32	BC	120	fixed	P	delta	30,4	0,79
198	1	S32	CA	120	fixed	P	delta	28,33	0,8
199	1	S37	A	120	fixed	P	wye	14,79	0,92
200	1	S37	B	120	fixed	P	wye	12,71	0,97
201	1	S37	C	120	fixed	P	wye	14,39	0,99
202	1	S37	AB	120	fixed	P	delta	37,32	0,81
203	1	S37	BC	120	fixed	P	delta	36,93	0,83
204	1	S37	CA	120	fixed	P	delta	34,43	0,77
205	1	S38	A	120	fixed	P	wye	50,33	0,92
206	1	S38	B	120	fixed	P	wye	55,55	0,93
207	1	S38	C	120	fixed	P	wye	51,74	0,98
208	1	S38	AB	120	fixed	P	delta	111,43	0,79
209	1	S38	BC	120	fixed	P	delta	126,13	0,81
210	1	S38	CA	120	fixed	P	delta	108,74	0,82
211	1	S39	A	120	fixed	P	wye	55,53	0,94
212	1	S39	B	120	fixed	P	wye	41,97	1
213	1	S39	C	120	fixed	P	wye	54,85	0,95
214	1	S39	AB	120	fixed	P	delta	131,7	0,77
215	1	S39	BC	120	fixed	P	delta	102,86	0,77
216	1	S39	CA	120	fixed	P	delta	100,92	0,82
217	1	S40	A	120	fixed	P	wye	50,67	0,94
218	1	S40	B	120	fixed	P	wye	51,21	0,97
219	1	S40	C	120	fixed	P	wye	46,99	0,91
220	1	S40	AB	120	fixed	P	delta	133,47	0,82
221	1	S40	BC	120	fixed	P	delta	137,92	0,83
222	1	S40	CA	120	fixed	P	delta	138,71	0,82

223	1	S41	A	120	fixed	P	wye	14,48	0,91
224	1	S41	B	120	fixed	P	wye	15,58	0,93
225	1	S41	C	120	fixed	P	wye	12,83	0,98
226	1	S41	AB	120	fixed	P	delta	33,87	0,82
227	1	S41	BC	120	fixed	P	delta	32,61	0,84
228	1	S41	CA	120	fixed	P	delta	30,7	0,83
229	1	S42	A	120	fixed	P	wye	28,95	0,94
230	1	S42	B	120	fixed	P	wye	23,63	0,97
231	1	S42	C	120	fixed	P	wye	28,13	0,99
232	1	S42	AB	120	fixed	P	delta	72,32	0,81
233	1	S42	BC	120	fixed	P	delta	60,67	0,77
234	1	S42	CA	120	fixed	P	delta	69,8	0,83
235	1	S43	A	120	fixed	P	wye	24,59	0,97
236	1	S43	B	120	fixed	P	wye	25,81	1
237	1	S43	C	120	fixed	P	wye	26,97	0,95
238	1	S43	AB	120	fixed	P	delta	64,92	0,83
239	1	S43	BC	120	fixed	P	delta	65,39	0,77
240	1	S43	CA	120	fixed	P	delta	63,61	0,83
241	1	S46	A	120	fixed	P	wye	46,34	0,96
242	1	S46	B	120	fixed	P	wye	47,65	0,96
243	1	S46	C	120	fixed	P	wye	45,08	0,95
244	1	S46	AB	120	fixed	P	delta	119,88	0,79
245	1	S46	BC	120	fixed	P	delta	117,6	0,81
246	1	S46	CA	120	fixed	P	delta	112,17	0,82
247	1	S47	A	120	fixed	P	wye	54,56	0,91
248	1	S47	B	120	fixed	P	wye	48,85	0,98
249	1	S47	C	120	fixed	P	wye	49,34	0,95
250	1	S47	AB	120	fixed	P	delta	119,48	0,79
251	1	S47	BC	120	fixed	P	delta	136,41	0,79
252	1	S47	CA	120	fixed	P	delta	126,02	0,82
253	1	S48	A	120	fixed	P	wye	60,61	0,91
254	1	S48	B	120	fixed	P	wye	51,62	0,97
255	1	S48	C	120	fixed	P	wye	53,05	0,97
256	1	S48	AB	120	fixed	P	delta	115,73	0,81
257	1	S48	BC	120	fixed	P	delta	123,57	0,83
258	1	S48	CA	120	fixed	P	delta	131,51	0,8
259	1	S51	A	120	fixed	P	wye	46,64	0,93

260	1	S51	B	120	fixed	P	wye	44,82	0,93
261	1	S51	C	120	fixed	P	wye	54,85	0,93
262	1	S51	AB	120	fixed	P	delta	109,39	0,8
263	1	S51	BC	120	fixed	P	delta	135,19	0,76
264	1	S51	CA	120	fixed	P	delta	117,66	0,83
265	1	S52	A	120	fixed	P	wye	45,06	0,92
266	1	S52	B	120	fixed	P	wye	44,96	0,95
267	1	S52	C	120	fixed	P	wye	43,75	0,94
268	1	S52	AB	120	fixed	P	delta	118,95	0,82
269	1	S52	BC	120	fixed	P	delta	115,35	0,79
270	1	S52	CA	120	fixed	P	delta	118,19	0,81
271	1	S53	A	120	fixed	P	wye	49,15	0,99
272	1	S53	B	120	fixed	P	wye	51,84	0,92
273	1	S53	C	120	fixed	P	wye	46,56	0,99
274	1	S53	AB	120	fixed	P	delta	107,23	0,83
275	1	S53	BC	120	fixed	P	delta	98,13	0,82
276	1	S53	CA	120	fixed	P	delta	108,48	0,79
277	1	S56	A	120	fixed	P	wye	41,45	0,94
278	1	S56	B	120	fixed	P	wye	52,45	0,92
279	1	S56	C	120	fixed	P	wye	42,66	0,92
280	1	S56	AB	120	fixed	P	delta	111,58	0,78
281	1	S56	BC	120	fixed	P	delta	125,95	0,83
282	1	S56	CA	120	fixed	P	delta	114,43	0,84
283	1	S57	A	120	fixed	P	wye	51,44	0,97
284	1	S57	B	120	fixed	P	wye	51,9	1
285	1	S57	C	120	fixed	P	wye	52,65	0,95
286	1	S57	AB	120	fixed	P	delta	136,78	0,8
287	1	S57	BC	120	fixed	P	delta	130,06	0,78
288	1	S57	CA	120	fixed	P	delta	132,48	0,8
289	1	S58	A	120	fixed	P	wye	58,4	0,92
290	1	S58	B	120	fixed	P	wye	45,12	0,97
291	1	S58	C	120	fixed	P	wye	49,06	0,96
292	1	S58	AB	120	fixed	P	delta	104,87	0,83
293	1	S58	BC	120	fixed	P	delta	109,53	0,81
294	1	S58	CA	120	fixed	P	delta	106,22	0,77
295	1	S61	A	120	fixed	P	wye	24,39	0,94
296	1	S61	B	120	fixed	P	wye	22,95	0,96

297	1	S61	C	120	fixed	P	wye	21,86	0,96
298	1	S61	AB	120	fixed	P	delta	59,21	0,83
299	1	S61	BC	120	fixed	P	delta	59,66	0,78
300	1	S61	CA	120	fixed	P	delta	70,38	0,82
301	1	S62	A	120	fixed	P	wye	12,68	0,94
302	1	S62	B	120	fixed	P	wye	13,22	0,94
303	1	S62	C	120	fixed	P	wye	11,86	0,91
304	1	S62	AB	120	fixed	P	delta	32,28	0,82
305	1	S62	BC	120	fixed	P	delta	34,95	0,83
306	1	S62	CA	120	fixed	P	delta	29,75	0,79
307	1	S63	A	120	fixed	P	wye	13,06	0,94
308	1	S63	B	120	fixed	P	wye	11,52	0,92
309	1	S63	C	120	fixed	P	wye	15,28	0,91
310	1	S63	AB	120	fixed	P	delta	35,06	0,77
311	1	S63	BC	120	fixed	P	delta	31,53	0,84
312	1	S63	CA	120	fixed	P	delta	32,36	0,82
313	1	S64	A	120	fixed	P	wye	54,28	0,92
314	1	S64	B	120	fixed	P	wye	48,22	0,98
315	1	S64	C	120	fixed	P	wye	43,59	0,98
316	1	S64	AB	120	fixed	P	delta	125,89	0,81
317	1	S64	BC	120	fixed	P	delta	120,31	0,79
318	1	S64	CA	120	fixed	P	delta	122,47	0,82
319	1	S65	A	120	fixed	P	wye	45,34	0,95
320	1	S65	B	120	fixed	P	wye	48,49	0,99
321	1	S65	C	120	fixed	P	wye	54,02	0,99
322	1	S65	AB	120	fixed	P	delta	105,36	0,76
323	1	S65	BC	120	fixed	P	delta	122	0,8
324	1	S65	CA	120	fixed	P	delta	124,94	0,81
325	1	S66	A	120	fixed	P	wye	42,67	0,96
326	1	S66	B	120	fixed	P	wye	44,75	0,98
327	1	S66	C	120	fixed	P	wye	53,42	0,96
328	1	S66	AB	120	fixed	P	delta	125,46	0,77
329	1	S66	BC	120	fixed	P	delta	126,26	0,79
330	1	S66	CA	120	fixed	P	delta	115,65	0,83
331	1	S67	A	120	fixed	P	wye	15,89	0,94
332	1	S67	B	120	fixed	P	wye	12,32	0,92
333	1	S67	C	120	fixed	P	wye	13,71	0,93

334	1	S67	AB	120	fixed	P	delta	34,86	0,81
335	1	S67	BC	120	fixed	P	delta	31,69	0,83
336	1	S67	CA	120	fixed	P	delta	35,29	0,81
337	1	S72	A	120	fixed	P	wye	11,81	0,97
338	1	S72	B	120	fixed	P	wye	13,58	0,91
339	1	S72	C	120	fixed	P	wye	15,46	0,99
340	1	S72	AB	120	fixed	P	delta	26,98	0,77
341	1	S72	BC	120	fixed	P	delta	30,49	0,8
342	1	S72	CA	120	fixed	P	delta	30,71	0,79
343	1	S73	A	120	fixed	P	wye	12,07	0,99
344	1	S73	B	120	fixed	P	wye	12,47	0,95
345	1	S73	C	120	fixed	P	wye	12,48	0,98
346	1	S73	AB	120	fixed	P	delta	34,72	0,76
347	1	S73	BC	120	fixed	P	delta	31,96	0,77
348	1	S73	CA	120	fixed	P	delta	31,4	0,79
349	1	S78	A	120	fixed	P	wye	15,29	0,99
350	1	S78	B	120	fixed	P	wye	14,96	0,91
351	1	S78	C	120	fixed	P	wye	12,6	0,91
352	1	S78	AB	120	fixed	P	delta	33,5	0,82
353	1	S78	BC	120	fixed	P	delta	31,46	0,8
354	1	S78	CA	120	fixed	P	delta	34,09	0,79
355	1	S79	A	120	fixed	P	wye	39,08	0,95
356	1	S79	B	120	fixed	P	wye	35,84	0,93
357	1	S79	C	120	fixed	P	wye	35,53	0,95
358	1	S79	AB	120	fixed	P	delta	98,6	0,83
359	1	S79	BC	120	fixed	P	delta	87,85	0,84
360	1	S79	CA	120	fixed	P	delta	94,07	0,76
361	1	S80	A	120	fixed	P	wye	54,97	0,91
362	1	S80	B	120	fixed	P	wye	45,98	0,91
363	1	S80	C	120	fixed	P	wye	44,05	0,98
364	1	S80	AB	120	fixed	P	delta	104,06	0,81
365	1	S80	BC	120	fixed	P	delta	121,4	0,8
366	1	S80	CA	120	fixed	P	delta	111,2	0,77
367	1	S81	A	120	fixed	P	wye	68,1	0,97
368	1	S81	B	120	fixed	P	wye	64,43	0,96
369	1	S81	C	120	fixed	P	wye	52,55	0,99
370	1	S81	AB	120	fixed	P	delta	138,66	0,8

371	1	S81	BC	120	fixed	P	delta	132,13	0,77
372	1	S81	CA	120	fixed	P	delta	133,97	0,81
373	1	S82	A	120	fixed	P	wye	17,3	0,95
374	1	S82	B	120	fixed	P	wye	14,44	0,92
375	1	S82	C	120	fixed	P	wye	12,52	0,92
376	1	S82	AB	120	fixed	P	delta	30,27	0,77
377	1	S82	BC	120	fixed	P	delta	33,29	0,8
378	1	S82	CA	120	fixed	P	delta	33,37	0,81
379	1	S83	A	120	fixed	P	wye	14,76	0,99
380	1	S83	B	120	fixed	P	wye	13,06	0,96
381	1	S83	C	120	fixed	P	wye	12,02	0,98
382	1	S83	AB	120	fixed	P	delta	35,75	0,8
383	1	S83	BC	120	fixed	P	delta	36,62	0,8
384	1	S83	CA	120	fixed	P	delta	29,58	0,8
385	1	S84	A	120	fixed	P	wye	32,9	0,95
386	1	S84	B	120	fixed	P	wye	46,57	0,96
387	1	S84	C	120	fixed	P	wye	46,65	0,96
388	1	S84	AB	120	fixed	P	delta	91,64	0,77
389	1	S84	BC	120	fixed	P	delta	94,9	0,8
390	1	S84	CA	120	fixed	P	delta	109,53	0,78
391	1	S87	A	120	fixed	P	wye	45,8	0,92
392	1	S87	B	120	fixed	P	wye	35,41	0,96
393	1	S87	C	120	fixed	P	wye	36,86	0,9
394	1	S87	AB	120	fixed	P	delta	92,24	0,83
395	1	S87	BC	120	fixed	P	delta	83,06	0,77
396	1	S87	CA	120	fixed	P	delta	86,45	0,81
397	1	S88	A	120	fixed	P	wye	49,03	0,97
398	1	S88	B	120	fixed	P	wye	48,29	0,93
399	1	S88	C	120	fixed	P	wye	49,64	0,93
400	1	S88	AB	120	fixed	P	delta	130,13	0,78
401	1	S88	BC	120	fixed	P	delta	144,17	0,82
402	1	S88	CA	120	fixed	P	delta	140,75	0,82
403	1	S89	A	120	fixed	P	wye	38	0,97
404	1	S89	B	120	fixed	P	wye	49,55	0,99
405	1	S89	C	120	fixed	P	wye	48,75	0,95
406	1	S89	AB	120	fixed	P	delta	121,25	0,83
407	1	S89	BC	120	fixed	P	delta	107,77	0,76

408	1	S89	CA	120	fixed	P	delta	125,35	0,83
409	1	S92	A	120	fixed	P	wye	53,37	0,95
410	1	S92	B	120	fixed	P	wye	49,15	0,97
411	1	S92	C	120	fixed	P	wye	46,06	0,93
412	1	S92	AB	120	fixed	P	delta	114,19	0,77
413	1	S92	BC	120	fixed	P	delta	116,18	0,81
414	1	S92	CA	120	fixed	P	delta	111,2	0,82
415	1	S93	A	120	fixed	P	wye	46,31	0,96
416	1	S93	B	120	fixed	P	wye	54,3	0,99
417	1	S93	C	120	fixed	P	wye	47,13	0,98
418	1	S93	AB	120	fixed	P	delta	108,93	0,82
419	1	S93	BC	120	fixed	P	delta	107,46	0,83
420	1	S93	CA	120	fixed	P	delta	105,16	0,82
421	1	S94	A	120	fixed	P	wye	46,85	0,99
422	1	S94	B	120	fixed	P	wye	47,53	0,96
423	1	S94	C	120	fixed	P	wye	40,73	0,93
424	1	S94	AB	120	fixed	P	delta	116	0,78
425	1	S94	BC	120	fixed	P	delta	112,35	0,83
426	1	S94	CA	120	fixed	P	delta	105,06	0,77
427	1	S97	A	120	fixed	P	wye	29,94	0,93
428	1	S97	B	120	fixed	P	wye	34,54	0,98
429	1	S97	C	120	fixed	P	wye	27,65	1
430	1	S97	AB	120	fixed	P	delta	88,65	0,8
431	1	S97	BC	120	fixed	P	delta	78,56	0,76
432	1	S97	CA	120	fixed	P	delta	76,2	0,77
433	1	S98	A	120	fixed	P	wye	40,47	0,95
434	1	S98	B	120	fixed	P	wye	36,75	0,95
435	1	S98	C	120	fixed	P	wye	38,09	0,98
436	1	S98	AB	120	fixed	P	delta	87,21	0,79
437	1	S98	BC	120	fixed	P	delta	85,78	0,78
438	1	S98	CA	120	fixed	P	delta	91,1	0,79
439	1	S99	A	120	fixed	P	wye	39,98	0,98
440	1	S99	B	120	fixed	P	wye	35,85	0,97
441	1	S99	C	120	fixed	P	wye	29,33	0,92
442	1	S99	AB	120	fixed	P	delta	76,51	0,76
443	1	S99	BC	120	fixed	P	delta	80,54	0,83
444	1	S99	CA	120	fixed	P	delta	91,37	0,84

445	1	S102	A	120	fixed	P	wye	25,62	0,93
446	1	S102	B	120	fixed	P	wye	30,27	0,92
447	1	S102	C	120	fixed	P	wye	28,27	0,97
448	1	S102	AB	120	fixed	P	delta	70,13	0,76
449	1	S102	BC	120	fixed	P	delta	65,97	0,82
450	1	S102	CA	120	fixed	P	delta	63,65	0,81
451	1	S103	A	120	fixed	P	wye	11,71	0,92
452	1	S103	B	120	fixed	P	wye	13,03	0,93
453	1	S103	C	120	fixed	P	wye	13,55	0,95
454	1	S103	AB	120	fixed	P	delta	31,97	0,83
455	1	S103	BC	120	fixed	P	delta	33,81	0,81
456	1	S103	CA	120	fixed	P	delta	33,08	0,77
457	1	S104	A	120	fixed	P	wye	13,87	0,92
458	1	S104	B	120	fixed	P	wye	12,71	0,97
459	1	S104	C	120	fixed	P	wye	13,16	0,91
460	1	S104	AB	120	fixed	P	delta	30,44	0,78
461	1	S104	BC	120	fixed	P	delta	30,33	0,76
462	1	S104	CA	120	fixed	P	delta	31,12	0,8
463	1	S105	A	120	fixed	P	wye	41,4	0,92
464	1	S105	B	120	fixed	P	wye	43,96	0,92
465	1	S105	C	120	fixed	P	wye	33,7	0,91
466	1	S105	AB	120	fixed	P	delta	99,23	0,78
467	1	S105	BC	120	fixed	P	delta	82,35	0,8
468	1	S105	CA	120	fixed	P	delta	96,23	0,82
469	1	S106	A	120	fixed	P	wye	40,29	0,98
470	1	S106	B	120	fixed	P	wye	54,79	0,98
471	1	S106	C	120	fixed	P	wye	46,93	0,91
472	1	S106	AB	120	fixed	P	delta	119,14	0,77
473	1	S106	BC	120	fixed	P	delta	118,63	0,82
474	1	S106	CA	120	fixed	P	delta	108,7	0,84
475	1	S107	A	120	fixed	P	wye	53,32	0,97
476	1	S107	B	120	fixed	P	wye	45,65	0,92
477	1	S107	C	120	fixed	P	wye	48,96	0,92
478	1	S107	AB	120	fixed	P	delta	105,77	0,84
479	1	S107	BC	120	fixed	P	delta	126,81	0,8
480	1	S107	CA	120	fixed	P	delta	113,86	0,84
481	1	S108	A	120	fixed	P	wye	14,94	0,99

482	1	S108	B	120	fixed	P	wye	12,38	0,95
483	1	S108	C	120	fixed	P	wye	12,12	0,94
484	1	S108	AB	120	fixed	P	delta	32,7	0,78
485	1	S108	BC	120	fixed	P	delta	33,05	0,78
486	1	S108	CA	120	fixed	P	delta	31,33	0,8
487	1	S113	A	120	fixed	P	wye	14,06	0,91
488	1	S113	B	120	fixed	P	wye	12,1	1
489	1	S113	C	120	fixed	P	wye	14,02	0,91
490	1	S113	AB	120	fixed	P	delta	31,51	0,81
491	1	S113	BC	120	fixed	P	delta	32,22	0,77
492	1	S113	CA	120	fixed	P	delta	30,09	0,77
493	1	S114	A	120	fixed	P	wye	12,17	0,94
494	1	S114	B	120	fixed	P	wye	15,6	0,98
495	1	S114	C	120	fixed	P	wye	14,22	0,97
496	1	S114	AB	120	fixed	P	delta	29,89	0,79
497	1	S114	BC	120	fixed	P	delta	36,29	0,84
498	1	S114	CA	120	fixed	P	delta	31,53	0,8
499	1	S120	A	120	fixed	P	wye	47,36	0,93
500	1	S120	B	120	fixed	P	wye	36,76	0,91
501	1	S120	C	120	fixed	P	wye	38,02	0,91
502	1	S120	AB	120	fixed	P	delta	92,72	0,81
503	1	S120	BC	120	fixed	P	delta	93,46	0,79
504	1	S120	CA	120	fixed	P	delta	93,33	0,81
505	1	S121	A	120	fixed	P	wye	35,99	0,99
506	1	S121	B	120	fixed	P	wye	33,87	0,92
507	1	S121	C	120	fixed	P	wye	38,45	0,94
508	1	S121	AB	120	fixed	P	delta	108	0,81
509	1	S121	BC	120	fixed	P	delta	87,53	0,79
510	1	S121	CA	120	fixed	P	delta	98,29	0,84
511	1	S122	A	120	fixed	P	wye	45,21	0,91
512	1	S122	B	120	fixed	P	wye	44,47	0,98
513	1	S122	C	120	fixed	P	wye	43,61	0,97
514	1	S122	AB	120	fixed	P	delta	113,68	0,84
515	1	S122	BC	120	fixed	P	delta	92,63	0,8
516	1	S122	CA	120	fixed	P	delta	104,75	0,76
517	1	S123	A	120	fixed	P	wye	13,31	0,95
518	1	S123	B	120	fixed	P	wye	13,05	0,93

519	1	S123	C	120	fixed	P	wye	13,71	0,96
520	1	S123	AB	120	fixed	P	delta	33,85	0,82
521	1	S123	BC	120	fixed	P	delta	37,88	0,81
522	1	S123	CA	120	fixed	P	delta	37,59	0,77
523	1	S124	A	120	fixed	P	wye	16,69	0,96
524	1	S124	B	120	fixed	P	wye	12,23	0,99
525	1	S124	C	120	fixed	P	wye	16,19	0,98
526	1	S124	AB	120	fixed	P	delta	34,55	0,79
527	1	S124	BC	120	fixed	P	delta	29,38	0,77
528	1	S124	CA	120	fixed	P	delta	29,05	0,8
529	1	S125	A	120	fixed	P	wye	12,4	0,91
530	1	S125	B	120	fixed	P	wye	12,87	0,91
531	1	S125	C	120	fixed	P	wye	14,35	0,99
532	1	S125	AB	120	fixed	P	delta	31,18	0,77
533	1	S125	BC	120	fixed	P	delta	29,22	0,81
534	1	S125	CA	120	fixed	P	delta	29,42	0,78
535	1	S127	A	120	fixed	P	wye	17,74	0,92
536	1	S127	B	120	fixed	P	wye	12,2	0,92
537	1	S127	C	120	fixed	P	wye	14,88	0,91
538	1	S127	AB	120	fixed	P	delta	33,06	0,76
539	1	S127	BC	120	fixed	P	delta	35,59	0,77
540	1	S127	CA	120	fixed	P	delta	28,84	0,82
541	1	S128	A	120	fixed	P	wye	13,53	0,95
542	1	S128	B	120	fixed	P	wye	13,65	0,96
543	1	S128	C	120	fixed	P	wye	15,18	0,97
544	1	S128	AB	120	fixed	P	delta	32,54	0,82
545	1	S128	BC	120	fixed	P	delta	27,98	0,81
546	1	S128	CA	120	fixed	P	delta	34,21	0,78
547	1	S129	A	120	fixed	P	wye	12,06	0,93
548	1	S129	B	120	fixed	P	wye	14,89	0,99
549	1	S129	C	120	fixed	P	wye	14,96	0,95
550	1	S129	AB	120	fixed	P	delta	28,74	0,8
551	1	S129	BC	120	fixed	P	delta	36,8	0,8
552	1	S129	CA	120	fixed	P	delta	28,39	0,77
553	1	S130	A	120	fixed	P	wye	15,36	0,93
554	1	S130	B	120	fixed	P	wye	14,86	0,99
555	1	S130	C	120	fixed	P	wye	11,96	0,96

556	1	S130	AB	120	fixed	P	delta	33,06	0,76
557	1	S130	BC	120	fixed	P	delta	36,16	0,79
558	1	S130	CA	120	fixed	P	delta	37,31	0,82
559	1	S132	A	120	fixed	P	wye	17,54	0,99
560	1	S132	B	120	fixed	P	wye	11,78	0,98
561	1	S132	C	120	fixed	P	wye	11,77	0,93
562	1	S132	AB	120	fixed	P	delta	31,17	0,77
563	1	S132	BC	120	fixed	P	delta	31,46	0,82
564	1	S132	CA	120	fixed	P	delta	38,32	0,83
565	1	S133	A	120	fixed	P	wye	13,14	0,94
566	1	S133	B	120	fixed	P	wye	13,4	0,96
567	1	S133	C	120	fixed	P	wye	14,45	0,93
568	1	S133	AB	120	fixed	P	delta	36,68	0,77
569	1	S133	BC	120	fixed	P	delta	30,05	0,81
570	1	S133	CA	120	fixed	P	delta	28,29	0,8
571	1	S134	A	120	fixed	P	wye	12,34	0,99
572	1	S134	B	120	fixed	P	wye	15,77	0,95
573	1	S134	C	120	fixed	P	wye	15,82	0,96
574	1	S134	AB	120	fixed	P	delta	36,87	0,83
575	1	S134	BC	120	fixed	P	delta	32,5	0,79
576	1	S134	CA	120	fixed	P	delta	35,79	0,77
577	1	S135	A	120	fixed	P	wye	13,53	0,98
578	1	S135	B	120	fixed	P	wye	14,58	0,97
579	1	S135	C	120	fixed	P	wye	14,48	0,98
580	1	S135	AB	120	fixed	P	delta	35,71	0,78
581	1	S135	BC	120	fixed	P	delta	31,5	0,77
582	1	S135	CA	120	fixed	P	delta	33,86	0,77
583	1	S137	A	120	fixed	P	wye	11,96	0,97
584	1	S137	B	120	fixed	P	wye	11,98	0,99
585	1	S137	C	120	fixed	P	wye	12,32	0,91
586	1	S137	AB	120	fixed	P	delta	30,18	0,82
587	1	S137	BC	120	fixed	P	delta	35,65	0,78
588	1	S137	CA	120	fixed	P	delta	28,47	0,8
589	1	S138	A	120	fixed	P	wye	12,85	1
590	1	S138	B	120	fixed	P	wye	14,49	0,91
591	1	S138	C	120	fixed	P	wye	13,28	0,96
592	1	S138	AB	120	fixed	P	delta	37,01	0,77

593	1	S138	BC	120	fixed	P	delta	26,95	0,84
594	1	S138	CA	120	fixed	P	delta	29,64	0,78
595	1	S139	A	120	fixed	P	wye	16,22	0,97
596	1	S139	B	120	fixed	P	wye	14,7	0,97
597	1	S139	C	120	fixed	P	wye	15,3	0,98
598	1	S139	AB	120	fixed	P	delta	28,15	0,81
599	1	S139	BC	120	fixed	P	delta	36,35	0,77
600	1	S139	CA	120	fixed	P	delta	35,47	0,79
601	1	S140	A	120	fixed	P	wye	14,27	0,99
602	1	S140	B	120	fixed	P	wye	12,09	0,92
603	1	S140	C	120	fixed	P	wye	13,66	0,98
604	1	S140	AB	120	fixed	P	delta	29,39	0,82
605	1	S140	BC	120	fixed	P	delta	33,66	0,84
606	1	S140	CA	120	fixed	P	delta	29,88	0,82
607	1	S142	A	120	fixed	P	wye	13,22	0,91
608	1	S142	B	120	fixed	P	wye	12,4	0,92
609	1	S142	C	120	fixed	P	wye	12,26	0,95
610	1	S142	AB	120	fixed	P	delta	36,88	0,77
611	1	S142	BC	120	fixed	P	delta	31,62	0,84
612	1	S142	CA	120	fixed	P	delta	36,31	0,76
613	1	S143	A	120	fixed	P	wye	12,61	0,93
614	1	S143	B	120	fixed	P	wye	15,46	0,97
615	1	S143	C	120	fixed	P	wye	15,22	0,94
616	1	S143	AB	120	fixed	P	delta	30,62	0,78
617	1	S143	BC	120	fixed	P	delta	38,28	0,82
618	1	S143	CA	120	fixed	P	delta	29,34	0,83
619	1	S144	A	120	fixed	P	wye	12,17	0,96
620	1	S144	B	120	fixed	P	wye	15,53	0,93
621	1	S144	C	120	fixed	P	wye	14,78	0,98
622	1	S144	AB	120	fixed	P	delta	28,76	0,78
623	1	S144	BC	120	fixed	P	delta	37,85	0,81
624	1	S144	CA	120	fixed	P	delta	29,31	0,82

Fonte: [5]