

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

VICTOR THIAGO MARCHITTI

**ANÁLISE DE FLUXO DE POTÊNCIA NO SUBSISTEMA SUL BRASILEIRO POR
MEIO DO SOFTWARE ANAREDE.**

**MEDIANEIRA
2021**

VICTOR THIAGO MARCHITTI

**ANÁLISE DE FLUXO DE POTÊNCIA NO SUBSISTEMA SUL BRASILEIRO POR
MEIO DO SOFTWARE ANAREDE.**

**Power flow analysis in the south brazilian subsystem through anarede
software.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada
como requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Eletricista em Engenharia Elétrica, do
Departamento Acadêmico de Elétrica (DAELE), da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Edson Andreoli

**MEDIANEIRA
2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

VICTOR THIAGO MARCHITTI

**ANÁLISE DE FLUXO DE POTÊNCIA NO SUBSISTEMA SUL BRASILEIRO POR
MEIO DO SOFTWARE ANAREDE.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada
como requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Eletricista em Engenharia Elétrica, do
Departamento Acadêmico de Elétrica (DAELE), da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 25/novembro/2021

Edson Andreoli
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Cristiane Lionço De Oliveira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Evandro André Konopatzki
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

MEDIANEIRA

2021

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer e dedicar este trabalho as seguintes pessoas:

Primeiramente a minha família, minha mãe Irene e meu pai Silvano por sempre estarem ao meu lado me apoiando nesse período de graduação.

Aos meus amigos que passaram comigo todos esses anos, nas alegrias e nas dificuldades.

Aos meus professores que se empenharam a me ensinar todos os conteúdos.

Ao meu orientador Prof. Me. Edson Andreoli que me instruiu e me auxiliou na elaboração deste trabalho.

RESUMO

A análise do fluxo de potência é essencial para a compreensão das condições operativas de um sistema elétrico em regime permanente. Este trabalho apresenta uma análise do Sistema Elétrico Sul brasileiro equivalente através da variação dos patamares de carga a fim de analisar possíveis violações nos limites de tensão. A metodologia aplicada partiu da criação de três níveis de carga: leve, médio e pesado, sendo estes, simulados no *software* ANAREDE. Nos dados obtidos através das simulações, foi verificada violação nas tensões em várias barras do sistema, em decorrência deste fato, o processo de correção dos níveis de tensão teve início através do método de inserção de bancos capacitivos e reativos nas barras violadas. Com base nos resultados atingidos, é possível concluir que o método empregado foi assertivo, pois em todos os cenários propostos as tensões permaneceram dentro da norma estabelecida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Palavras-chaves: Sistema Elétrico de Potência. Carga. Nível de Tensão. Banco de Capacitor.

ABSTRACT

Power flow analysis is essential for understanding the operating conditions of an electrical system in steady state. This work presents an analysis of the equivalent South Brazilian Electric System through the variation of load levels in order to analyze possible violations in voltage limits. The methodology applied started with the creation of three load levels: light, medium and heavy, which were simulated in the ANAREDE software. In the data obtained through the simulations, violations in the voltages in several buses of the system were verified, as a result of this fact, the process of correction of the voltage levels started through the insertion method of capacitive and reactive banks in the violated buses. Based on the results achieved, it is possible to conclude that the method used was assertive, as in all the proposed scenarios the voltages remained within the standard established by the National Electric Energy Agency (ANEEL).

Keywords: Electric Power System. Load. Voltage Level. Capacitor Bank.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Diagrama Unifilar do Sistema Sul Brasileiro Simplificado de 33 barras.	21
Figura 2: Fluxo de Potência para o Caso de Carga Média	26
Figura 3: Fluxo de Potência para o Caso de Carga Leve – Cenário 1	28
Figura 4: Fluxo de Potência para o Caso de Carga Leve – Cenário 2	28
Figura 5: Fluxo de Potência para o Caso de Carga Leve – Cenário 3	29
Figura 6: Fluxo de Potência para o Caso de Carga Pesada – Cenário 1	31
Figura 7: Fluxo de Potência para o Caso de Carga Pesada – Cenário 2	31
Figura 8: Fluxo de Potência para o Caso de Carga Pesada – Cenário 3	32
Figura 9 - Fluxo de Potência para caso de carga Leve – Cenário 1 Corrigido	36
Figura 10 - Fluxo de Potência para caso de carga Leve – Cenário 2 Corrigido	36
Figura 11 - Fluxo de Potência para caso de carga Leve – Cenário 3 Corrigido	36
Figura 12 - Fluxo de Potência para o caso de carga Pesada – Cenário 1 Corrigido	39
Figura 13 - Fluxo de Potência para o caso de carga Pesada – Cenário 2 Corrigido	39
Figura 14 - Fluxo de Potência para o caso de carga Pesada – Cenário 3 Corrigido	40
Figura 15 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 1	44
Figura 16 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 2	45
Figura 17 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 3	46
Figura 18 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 1 ...	47
Figura 19 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 2 ...	48
Figura 20 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 3 ...	49
Figura 21 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 1 Corrigido	50
Figura 22 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 2 Corrigido	51
Figura 23 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 3 Corrigido	52
Figura 24 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 1 Corrigido	53
Figura 25 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 2 Corrigido	54
Figura 26 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 3 Corrigido	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nomenclatura das barras do sistema	20
Tabela 2 – Valores de Carga.....	22
Tabela 3 – Dados de barra do sistema de carga média	23
Tabela 4 – Dados de linha do sistema de carga média	24
Tabela 5 – Dados dos Transformadores do sistema de carga média	25
Tabela 6 – Comparativo das tensões do Caso leve	27
Tabela 7 – Comparativo das tensões do Caso de carga pesada	30
Tabela 8 - Valores de shunt para caso de carga Leve - Cenário 1	33
Tabela 9 - Valores de shunt para caso de carga Leve - Cenário 2	34
Tabela 10 - Valores de shunt para caso de carga Leve - Cenário 3	34
Tabela 11 - Tabela das tensões corrigidas – Caso de carga Leve.....	35
Tabela 12 - Valores de shunt para caso de carga Pesada - Cenário 1	37
Tabela 13 - Valores de shunt para caso de carga Pesada - Cenário 2	37
Tabela 14- Valores de shunt para caso de carga Pesada - Cenário 3	37
Tabela 15- Tabela das tensões corrigidas – Caso de carga Pesada	38

LISTA DE SIGLAS, ABREVIACOES E SÍMBOLOS

ONS	Operador Nacional do Sistema
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
ANAREDE	Análise de Redes Elétricas
SIN	Sistema Interligado Nacional
p.u	Por unidade
θ	ângulo de tensão
PQ	Barra de carga
$V\theta$	Barra de referência, slack ou swing
PV	Barra de tensão controlada
k, m	Contador de barras
v	Contador de iteraes
V	Magnitude de tensão
Δ_x	Vetor de correo
J	Matriz Jacobiana
P	Potência ativa
S	Potência de barra
Q	Potência reativa
X_c	Reatância
b_k^{sh}	Susceptância shunt
p^{esp}, Q^{esp}	Potências especificadas
NPQ	Quantidade de barras PQ
NPV	Quantidade de barras PV
$\Delta P, \Delta Q$	Resíduos de potência
H, N, M, L	Submatrizes da matriz Jacobiana

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Delimitação do tema	12
1.2	Justificativa	12
1.3	Objetivos	14
1.3.1	Objetivo geral	14
1.3.2	Objetivos específicos	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Fluxo de potência	15
2.2	Formulação básica do fluxo de potência	15
2.3	Fluxo de potência pelo método de Newton-Raphson	17
2.3.1	Formulação básica do método de Newton-Raphson	17
3	RESULTADOS	20
3.1	Casos propostos	22
3.1.1	Caso de carga leve	26
3.1.2	Caso de carga pesada	29
3.2	Correções nos níveis de tensão	32
3.2.1	Caso de carga leve corrigido	33
3.2.2	Caso de carga pesada corrigido	37
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS	42
	APÊNDICE A – Dados de Barra do Caso de carga Leve	44
	APÊNDICE B – Dados de Barra do Caso de carga Pesada	47
	APÊNDICE C – Dados de Barra do Caso de carga Leve corrigido	50
	APÊNDICE D – Dados de Barra do Caso de carga Pesado corrigido	53

1 INTRODUÇÃO

O estudo do fluxo de potência tem como objetivo obter o estado operativo da rede elétrica, observar a trajetória das potências ativas e reativas no decorrer do sistema e analisar os fasores das tensões em todas as barras do sistema elétrico de potência.

Quando se faz uma análise do que de fato os sistemas elétricos devem proporcionar, conclui-se que esses devem fornecer energia de qualidade aos seus usuários, sendo eles, pequenos, médios ou grandes, no momento que for requerido, mas sempre atendendo as normas que regulam os valores de tensão e frequência para que o sistema opere de maneira adequada.

O sistema de geração de energia passa por diversas adaptações ao longo do tempo, tendo em vista que as cargas demandadas estão a todo o momento se alterando. Desse modo, o sistema deve ser condicionado a operar de maneira a equilibrar a carga requerida com a geração disponível.

Quando algumas condições operativas não podem ser previstas, algumas medidas para equilibrar o sistema entram em ação, podendo ser elas, o aumento da geração ou o desligamento de cargas. Para Monticelli (1983,p.153)

O que caracteriza o estado de emergência é a violação das restrições da operação. A emergência pode ser provocada por uma contingência e consequente desligamento de um ou mais componentes do sistema (linhas, geradores, transformadores, etc.).

Para (SOUZA,2006) o sistema quando está sob carga leve obtém tensões maiores que o usual devido ao efeito capacitivo gerado, já para o cenário de carga pesada, as tensões por influência do efeito indutivo tendem a diminuir. Para que ocorra a compensação reativa e por consequência a correção dos limites de tensão, faz-se necessário a alocação de fontes de potência reativa ao longo do sistema, como capacitores, reatores shunt e etc.

1.1 Delimitação do tema

A análise do fluxo de potência é feita por meio de ferramentas computacionais adequadas e confiáveis, principalmente quando o sistema envolvido é de grande porte. No Brasil, as grandes empresas do setor de energia elétrica utilizam o *software* ANAREDE (ZANETTA JÚNIOR, 2005,p.239). Tendo em vista esta questão o presente trabalho de conclusão de curso limita-se a analisar o fluxo de potência em sistemas de energia elétrica mediante o uso do ANAREDE para fins de análise das variações de tensão em função de patamares de carga leve, média e pesada em um sistema elétrico equivalente do sul do Brasil. A partir destas análises, neste trabalho, serão ainda, indicadas estratégias para mitigar possíveis violações nos níveis das magnitudes de tensão em cada caso a ser simulado.

1.2 Justificativa

Para Zanetta Júnior (2005, p.2):

Outro tema de nosso interesse e igualmente importante será a abordagem do fluxo de potência em redes, pois, como sabemos, os sistemas elétricos são constituídos por diversas usinas de geração e centros de consumo, interligados por redes elétricas com diferentes configurações, que evoluem e se modificam devido a vários fatores. As interligações elétricas na transmissão permitiram um aproveitamento mais econômico e confiável dos recursos energéticos e dos equipamentos elétricos.

É de extrema importância para o engenheiro eletricitista ter o conhecimento do funcionamento do fluxo de potência no sistema elétrico, uma vez que, qualquer tipo de distúrbio ou anomalia no sistema, podem ocasionar danos variados, tanto para os componentes da rede, como para os próprios consumidores de energia.

Com a constante evolução da sociedade, é notório que ocorra um aumento no consumo de energia. No entanto, apesar desta elevação do consumo de energia, a mesma possui uma variabilidade própria. Ou seja, há momentos durante um período considerado que a carga pode estar operando com patamares distintos

(leve, média ou pesada), a depender da característica inerente de cada consumidor seja ele, industrial, residencial ou comercial. Em consequência disso, os patamares de carga também variam, desse modo, torna-se necessário uma análise deste comportamento da carga através da solução do fluxo de potência por meio do ANAREDE para analisar as variações de tensão em função de cada patamar de carga. A partir deste estudo é possível detectar possíveis violações nas magnitudes das tensões das barras do sistema.

Com a finalidade de minimizar os problemas provenientes das violações de tensão, tais como, a queima de equipamentos, quedas de tensão e a impossibilidade de utilizar equipamentos devido aos efeitos da subtensão. Faz-se necessário a análise deste comportamento. Para Pereira (2009, p.21):

(...) diferenças elevadas nos níveis de carregamento entre os patamares de carga leve e pesada e a operação radial das redes de distribuição, a queda de tensão apresenta-se como um grande problema para as distribuidoras de energia elétrica tanto em termos operacionais como em termos de planejamento.

Na busca por manter o perfil da tensão dentro da sua área de atuação, utilizam-se ações para manter o controle, sendo elas: a mudança de TAP dos transformadores nas subestações, o chaveamento de compensadores reativos e a mudança dos valores de referência dos reguladores. (PEREIRA, 2009, p.22).

Sendo assim, para fazer esse tipo de estudo, é indispensável à utilização de *softwares*, tendo em vista que o sistema elétrico possui inúmeras barras, linhas de transmissão e geradores. Deste modo, ferramentas computacionais como o ANAREDE, são essenciais para obter a solução do fluxo de carga envolvendo sistemas de energia de grande porte como é o foco deste estudo.

Para este trabalho será utilizado o ANAREDE, que segundo a CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica), (2018), é: “O programa computacional ANAREDE (Análise de Redes Elétricas) é o mais utilizado no Brasil para análise de Sistemas Elétricos de Potência em regime permanente. Reúne programas de fluxo de potência, equivalente de redes, análise de contingências, análise de sensibilidade de tensão e de fluxo, e análise de segurança de tensão.”.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

A partir dos dados base do Sistema Elétrico de Potência Sul brasileiro, variar os patamares de carga em níveis leve, médio e pesado até perceber violações nos níveis de tensão.

1.3.2 Objetivos específicos

A partir do objetivo geral, é possível separar em metas menores:

1. Detalhar os dados do sistema elétrico sul brasileiro equivalente na base de dados do Operador Nacional do Sistema (ONS).
2. Estabelecer em termos da carga base obtida nos dados do sistema provenientes do ONS, os patamares de carga leve, média e pesada.
3. Obter a solução do fluxo de potência em regime permanente mediante o uso do *software* ANAREDE, no sistema sul brasileiro equivalente, considerando os patamares de carga leve, média e pesada.
4. Inserir bancos de capacitores e/ou bancos de reatores nas barras cujas violações são observadas com o objetivo de adequar as tensões para níveis estabelecidos por norma.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fluxo de potência

O fluxo de potência ou fluxo de carga corresponde a uma análise da rede de energia elétrica, visando compreender suas condições de operação em regime permanente, levando em consideração diversos fatores, como: ângulos, *tap's* dos transformadores e fluxo de potência entre as barras. Diversos métodos computacionais foram elaborados para realizar o cálculo do estado de operação do sistema, de modo que, este é constituído por uma série de equações e inequações que constituem o modelo estático. (MONTICELLI,1983).

O sistema de energia elétrica possui dois tipos de grupos de componentes, sendo separados por: os que estão ligados a um nó qualquer e o nó-terra e os que estão ligados a dois nós quaisquer da rede. Os componentes ligados a um nó e a o nó-terra são os geradores, cargas, reatores e capacitores, já os componentes ligados a dois quaisquer nós são os transformadores, defasadores e as linhas de transmissão. (MONTICELLI,1983).

2.2 Formulação básica do fluxo de potência

A formulação básica do problema consiste em quatro variáveis que estão vinculadas as barras da rede, sendo elas (MONTICELLI,1983):

V_k - magnitude da tensão nodal (barra k);

θ_k - Ângulo da tensão nodal na barra k;

P_k - Potência ativa líquida calculada na barra k;

Q_k - Potência reativa líquida calculada na barra k.

Avaliando as variáveis nodais, é possível definir três tipos de barras:

- PQ – neste caso são dados os valores de P_k e Q_k e calculados as outras duas variáveis.
- PV - neste caso são dados os valores de P_k e V_k e calculados as outras duas variáveis.
- Barra referência ou V θ ou Slack - neste caso são dados os valores de V_k e θ_k e calculados as outras duas variáveis.

Em um problema de fluxo de potência aplica-se a primeira Lei de Kirchhoff em cada barra do sistema, onde as injeções de potência ativa e reativa em uma barra são equivalentes a soma dos fluxos que saem da barra por meio das linhas de transmissão e transformadores. Deste modo, as equações a seguir são obtidas:

$$P_k = \sum_{m \in \Omega_k} P_{km} (V_k, V_m, \theta_k, \theta_m) \quad (2.1)$$

$$Q_k + Q_k^{sh} = \sum_{m \in \Omega_k} Q_{km} (V_k, V_m, \theta_k, \theta_m) \quad (2.2)$$

Sendo:

$k = 1, \dots, NB$, sendo NB o número de barras da rede;

Ω_k = conjunto das barras vizinhas da barra k;

V_k, V_m = magnitudes das tensões das barras terminais do ramo k-m;

θ_k, θ_m = ângulos das tensões das barras terminais do ramo k-m;

P_{km} = fluxo de potência ativa no ramo k-m;

Q_{km} = fluxo de potência reativa no ramo k-m;

Q_k^{sh} = componente da injeção de potência reativa devido ao elemento shunt da barra k ($Q_k^{sh} = b_k^{sh} V_k^2$, sendo b_k^{sh} a susceptância shunt ligada à barra k).

2.3 Fluxo de potência pelo método de Newton-Raphson

Com a constante expansão do sistema elétrico e o aumento de sua complexidade, foi necessária a utilização de métodos computacionais para melhor compreendê-lo. Para Zanetta Júnior (2005), um método de solução muito eficiente para cálculo do fluxo de potência em uma rede elétrica, é o método de Newton-Raphson, sendo que, este utiliza a matriz de admitâncias nodais da rede.

Existem derivações do método de Newton-Raphson que possuem uma maior eficiência computacional, estes utilizam uma Jacobiana constante ao longo do processo de resolução, porém, em alguns casos estes não apresentam uma boa convergência como o método padrão e suas versões desacopladas.

2.3.1 Formulação básica do método de Newton-Raphson

Para a resolução do subsistema 1, tem-se:

$$S1 = \begin{cases} \Delta P_k = P_k^{esp} - P_k(V, \theta) = 0 & k \in \{barra PQ e PV\} \\ \Delta Q_k = Q_k^{esp} - Q_k(V, \theta) = 0 & k \in \{barra PQ\} \end{cases} \quad (2.4)$$

onde P_k^{esp} e Q_k^{esp} são os respectivos valores da injeção de potência ativa e reativa especificados para as barras.

Para Monticelli (1983, p.82) "O ponto central do processo de resolução consiste em se determinar o vetor de correção Δx , o que exige a resolução dado, reescrito a seguir: "

$$g(x^v) = -J(x^v)\Delta x^v \quad (2.5)$$

$$g(x^v) = \begin{vmatrix} \Delta P^v \\ \Delta Q^v \end{vmatrix} \begin{cases} NPQ + NPV \\ NPQ \end{cases} \quad (2.6)$$

$$\Delta x^v = \begin{vmatrix} \Delta\theta^v \\ \Delta V^v \end{vmatrix} \begin{cases} NPQ + NPV \\ NPQ \end{cases} \quad (2.7)$$

Considerando as expressões dos vetores ΔP e ΔQ dadas em (6.4), onde P^{esp} e Q^{esp} são constantes, a matriz Jacobiana pode ser descrita desta forma:

$$J(x^v) = - \begin{bmatrix} \frac{\partial P(V,\theta)}{\partial \theta} & \frac{\partial P(V,\theta)}{\partial V} \\ \frac{\partial Q(V,\theta)}{\partial \theta} & \frac{\partial Q(V,\theta)}{\partial V} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

sendo assim, as submatrizes dadas em (6.7) podem ser reescritas da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} H &= \frac{\partial P(V,\theta)}{\partial \theta} & N &= \frac{\partial P(V,\theta)}{\partial V} \\ M &= \frac{\partial Q(V,\theta)}{\partial \theta} & L &= \frac{\partial Q(V,\theta)}{\partial V} \end{aligned}$$

Logo, a equação que define a aplicação do método de Newton-Raphson ao fluxo de potência, fica sendo:

$$\begin{vmatrix} \Delta P^v \\ \Delta Q^v \end{vmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{vmatrix} \Delta\theta^v \\ \Delta V^v \end{vmatrix}$$

As submatrizes que constituem a matriz Jacobiana são descritas:

$$H = \begin{cases} H_{km} = \frac{\partial P_k}{\partial \theta_m} = V_k V_m [G_{km} \text{sen} \theta_{km} - B_{km} \text{cos} \theta_{km}] \\ H_{kk} = \frac{\partial P_k}{\partial \theta_k} = -V_k^2 B_{kk} - V_k \sum_{m \in K} V_m [G_{km} \text{sen} \theta_{km} - B_{km} \text{cos} \theta_{km}] \end{cases} \quad (2.9)$$

$$N = \begin{cases} N_{km} = \frac{\partial P_k}{\partial V_m} = V_k [G_{km} \text{cos} \theta_{km} + B_{km} \text{sen} \theta_{km}] \\ N_{kk} = \frac{\partial P_k}{\partial V_k} = V_k G_{kk} + \sum_{m \in K} V_m [G_{km} \text{cos} \theta_{km} + B_{km} \text{sen} \theta_{km}] \end{cases} \quad (2.10)$$

$$M = \begin{cases} M_{km} = \frac{\partial Q_k}{\partial \theta_m} = -V_k V_m [G_{km} \text{cos} \theta_{km} + B_{km} \text{sen} \theta_{km}] \\ M_{kk} = \frac{\partial Q_k}{\partial \theta_k} = -V_k^2 G_{kk} + V_k \sum_{m \in K} V_m [G_{km} \text{cos} \theta_{km} + B_{km} \text{sen} \theta_{km}] \end{cases} \quad (2.11)$$

$$L = \begin{cases} L_{km} = \frac{\partial Q_k}{\partial V_m} = V_k [G_{km} \text{sen} \theta_{km} - B_{km} \text{cos} \theta_{km}] \\ L_{kk} = \frac{\partial Q_k}{\partial V_k} = -V_k B_{kk} + \sum_{m \in K} V_m [G_{km} \text{sen} \theta_{km} - B_{km} \text{cos} \theta_{km}] \end{cases} \quad (2.12)$$

Para a solução do fluxo de potência pelo método de Newton-Raphson os seguintes passos devem ser seguidos:

1. Fazer $v = 0$, escolher os valores iniciais dos ângulos das tensões das barras PQ e PV e as magnitudes das tensões das barras PQ;
2. Calcular $P_k(V^v, \theta^v)$ para as barras PQ e PV, e $Q_k(V^v, \theta^v)$ para as barras PQ, e determinar os resíduos ΔP_k^v e ΔQ_k^v .
3. Testar a convergência: se $\text{Max} \{|\Delta P_k^v|\} \leq \varepsilon_P$ e $\text{Max} \{|\Delta Q_k^v|\} \leq \varepsilon_Q$, o processo iterativo convergiu para a solução (V^v, θ^v) ; caso contrário passar para (4).
4. Calcular a matriz Jacobiana

$$J(V^v, \theta^v) = \begin{bmatrix} H(V^v, \theta^v) & N(V^v, \theta^v) \\ M(V^v, \theta^v) & L(V^v, \theta^v) \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

5. Determinar a nova solução (V^{v+1}, θ^{v+1}) :

$$\theta^{v+1} = \theta^v + \Delta\theta^v \quad (2.14)$$

$$V^{v+1} = V^v + \Delta V^v \quad (2.15)$$

sendo $\Delta\theta^v$ e ΔV^v determinados resolvendo o sistema linear

$$\begin{bmatrix} \Delta P(V^v, \theta^v) \\ \Delta Q(V^v, \theta^v) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H(V^v, \theta^v) & N(V^v, \theta^v) \\ M(V^v, \theta^v) & L(V^v, \theta^v) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta\theta^v \\ \Delta V^v \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

6. Fazer $v = v + 1$ e voltar para o passo (2).

3 RESULTADOS

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão utiliza inúmeras simulações envolvendo o *software* ANAREDE. Neste são realizadas as simulações dos fluxos de potência e das variações nos níveis de carregamento da rede elétrica. Este trabalho utiliza uma versão simplificada do Sistema Sul Brasileiro equivalente. Nesse sistema tem-se trinta e três barras ao todo, cujos dados nominais são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 – Nomenclatura das barras do sistema

(continua)				
Nº	Nome	Tipo	Tensão (KV)	Área
800	Gov. Bento Munhoz	V \emptyset	13,8	1
808	Salto Caxias	PV	13,8	2
810	Salto Segredo	PV	13,8	2
814	Bateias	PQ	230	1
824	Gov. Bento Munhoz	PQ	500	1
839	Cascavel	PQ	230	2
840	Cascavel	PQ	138	2
848	Foz do Chopin	PQ	138	2
856	Segredo	PQ	500	2
895	Bateias	PQ	500	1
896	Cascavel do Oeste	PQ	500	2
897	Salto Caxias	PQ	500	2
898	Foz do Chopin	PQ	230	2
904	Itá	PV	13,8	1
915	Machadinho	PV	13,8	1
919	Salto Osório	PV	13,8	2
925	Salto Santiago	PV	13,8	2
933	Areia	PQ	500	1
934	Areia	PQ	230	2
938	Blumenau	PQ	500	1
939	Blumenau	PQ	230	1
955	Campos Novos	PQ	500	1
959	Curitiba	PQ	500	1
960	Curitiba	PQ	230	1
964	Caxias	PQ	500	1
965	Caxias	PQ	230	1
976	Gravataí	PQ	500	1
995	Itá	PQ	500	1
1030	Machadinho	PQ	500	1
1047	Salto Osório	PQ	230	2
1060	Salto Santiago	PQ	500	2

Tabela 1 – Nomenclatura das barras do sistema

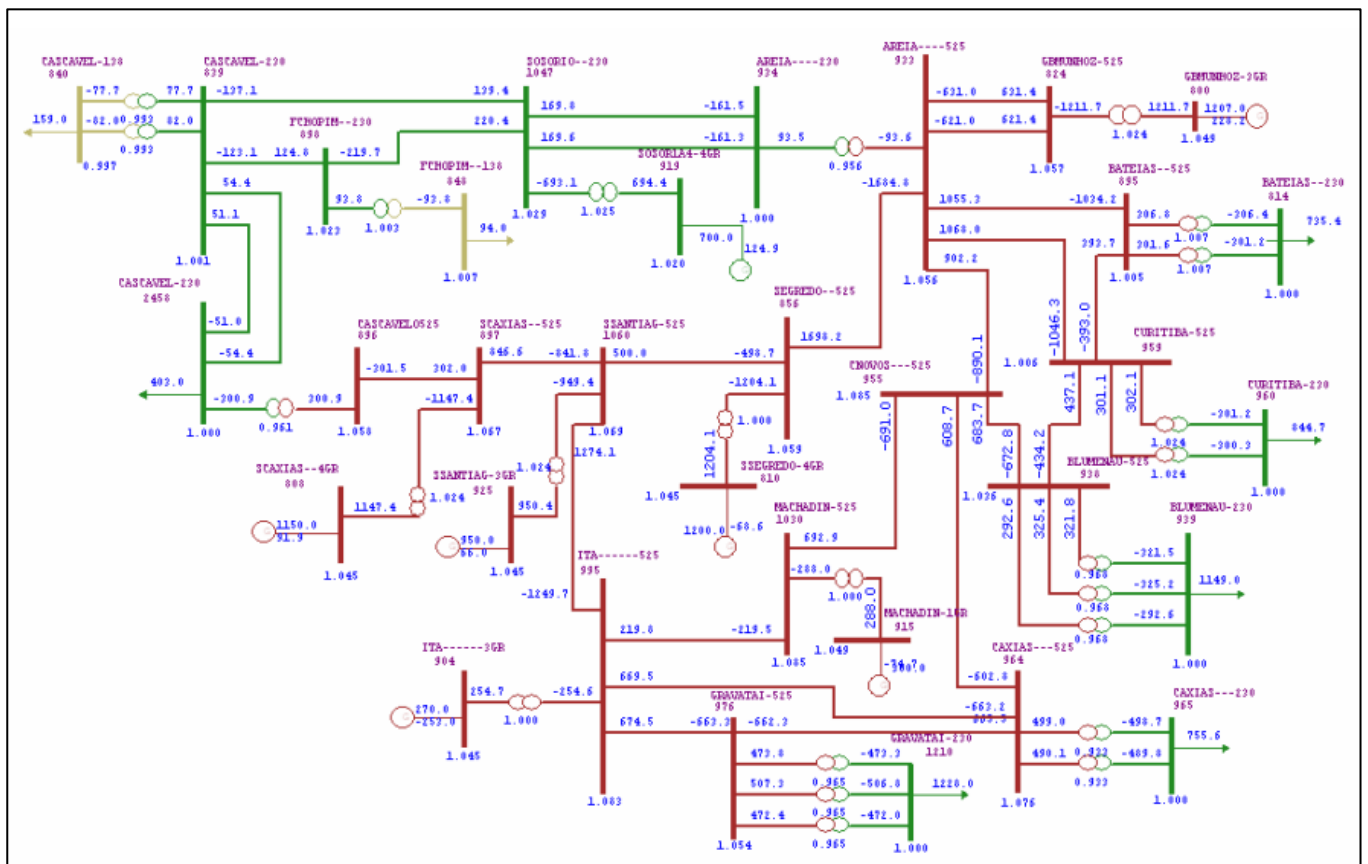
Nº	Nome	Tipo	Tensão (KV)	Área
1210	Gravataí-230	PQ	230	2
2458	Cascavel-230	PQ	230	2

Fonte: Alves (p.45)

Nota-se que o sistema possui duas áreas distintas que se interligam, possuindo apenas uma barra de referência, sendo ela a de Governador Bento Munhoz com tensão base 13,8 KV pertencente à área 1. As demais barras são classificadas como PQ e PV, sendo elas barras de carga e barras de geração, respectivamente.

Para melhor compreensão desse sistema, a figura 1 ilustra o diagrama unifilar extraído de ALVES (2007).

Figura 1: Diagrama Unifilar do Sistema Sul Brasileiro Simplificado de 33 barras.



Fonte: ALVES (2007, p.155)

3.1 Casos propostos

Para as simulações foram determinados três casos de operação, com variações nos níveis de carga do sistema. Estes foram divididos em leve, média e pesada tendo em vista que, o cenário de carga pesada foi utilizado com base nos dados fornecidos por ALVES (2007).

Neste trabalho definiu-se que para o caso de carga leve, ou seja, o patamar leve, os valores de carga ativa e reativa são equivalentes a quarenta por cento do total de carga pesada originalmente encontrada em ALVES (2007). Para o caso de carga média, por sua vez, delimitam-se a setenta por cento total da carga pesada originalmente encontrada em ALVES (2007).

Tabela 2 – Valores de Carga

Barra	Nome	Tensão	Carga Leve		Carga Média		Carga Pesada	
			MW	MVAR	MW	MVAR	MW	MVAR
814	Bateias	230	272	52	476	91	680	130
960	Curitiba	230	316	132	553	231	790	330
939	Blumenau	230	376	20	658	35	940	50
965	Caxias	230	280	19,6	490	34,3	700	49
1210	Gravataí	230	440	160	770	280	1100	400
934	Areia	230	94	22,8	164,5	39,9	235	57
2458	Cascavel do Oeste	230	160	50	280	87,5	400	125
840	Cascavel	138	60	12,8	105	22,4	150	32
848	Foz do Chopin	138	36	6,8	63	11,9	90	17

Fonte: Autoria própria

A fim de obter análises comparativas entre os casos, tomou-se como referência o sistema de carga média.

Os dados de barras e de linhas de transmissão do sistema sob análise são apresentados na Tabela 3 e na Tabela 4, respectivamente.

Tabela 3 – Dados de barra do sistema de carga média

Número	Tipo	Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)	Geração Ativa (MW)	Geração Reativa (Mvar)	Carga Ativa (MW)	Carga Reativa (Mvar)
800	2 - Referência	1,01	0	918	49,1		
808	1- PV	1,02	11	1000	0		
810	1- PV	1,01	4,92	1000	0		
814	0 - PQ	1,012	-20			476	91
824	0 - PQ	1,045	-5,7				
839	0 - PQ	1,004	2,84				
840	0 - PQ	0,951	-0,2			105	22,4
856	0 - PQ	1,04	-0,8				
895	0 - PQ	1,022	-18				
896	0 - PQ	1,036	4,37				
897	0 - PQ	1,045	5,41				
898	0 - PQ	1,025	7,88				
904	1- PV	1,01	-7,1	400	0		
915	1- PV	1,02	-2,6	400	0		
919	1- PV	1,02	15,5	700	0		
925	1- PV	1,02	7,62	800	0		
933	0 - PQ	1,045	-6				
934	0 - PQ	1,003	-5,5			164,5	39,9
938	0 - PQ	1,053	-22				
939	0 - PQ	1,002	-24			658	35
955	0 - PQ	1,082	-13				
959	0 - PQ	1,024	-19				
960	0 - PQ	1,002	-22			553	231
964	0 - PQ	1,076	-20				
965	0 - PQ	1,004	-22			490	34,3
976	0 - PQ	1,056	-22				
995	0 - PQ	1,071	-10				
1030	0 - PQ	1,076	-11				
1047	0 - PQ	1,031	8,92				
1060	0 - PQ	1,05	0,97				
1210	0 - PQ	1,005	-24			770	280
2458	0 - PQ	1,004	2,46			280	87,5

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4 – Dados de linha do sistema de carga média

Barra DE	Nome DE	Barra PARA	Nome PARA	Resistência (%)	Reatância (%)	Susceptância (Mvar)
824	GBMUNHOZ-500	933	AREIA----500	0,01	0,124	15,2
824	GBMUNHOZ-500	933	AREIA----500	0,01	0,126	15,42
839	CASCAVEL-230	898	FCHOPIIM--230	1,13	6,99	12,61
839	CASCAVEL-230	1047	SOSORIO--230	1,22	7,69	13,81
839	CASCAVEL-230	2458	CASCAVEL-230	0,22	1,09	1,86
839	CASCAVEL-230	2458	CASCAVEL-230	0,17	1,03	2,05
856	SEGREDO--500	933	AREIA----500	0,05	0,65	80,49
856	SEGREDO--500	1060	SSANTIAG-500	0,05	0,69	85,74
898	FCHOPIIM--230	1047	SOSORIO--230	0,15	0,89	1,63
933	AREIA----500	895	BATEIAS--500	0,2	0,89	312,7
933	AREIA----500	955	CNOVOS---500	0,16	2,04	250,1
933	AREIA----500	959	CURITIBA-500	0,2	2,69	336,4
934	AREIA----230	1047	SOSORIO--230	3,04	15,7	27,12
934	AREIA----230	1047	SOSORIO--230	3,04	15,7	27,08
938	BLUMENAU-500	955	CNOVOS---500	0,25	2,92	360,4
938	BLUMENAU-500	959	CURITIBA-500	0,12	1,63	195,8
955	CNOVOS---500	964	CAXIAS---500	0,18	2,34	287,2
959	CURITIBA-500	895	BATEIAS--500	0,05	0,44	47,58
964	CAXIAS---500	976	GRAVATAI-500	0,07	0,91	112,1
976	GRAVATAI-500	995	ITA-----500	0,28	3,85	493,7
995	ITA-----500	964	CAXIAS---500	0,16	3,03	354,8
995	ITA-----500	1030	MACHADIN-500	0,07	0,92	112,2
995	ITA-----500	1060	SSANTIAG-500	0,17	2,17	265,1
1030	MACHADIN-500	955	CNOVOS---500	0,04	0,59	71,8
1060	SSANTIAG-500	897	SCAXIAS--500	0,07	1,17	124,5

Fonte: ALVES (2007, pg. 46)

A Tabela 5, apresenta os dados dos transformadores de energia que o sistema possui. Nela é possível observar, por exemplo, os valores de sua impedância em pu, bem como, o TAP no qual encontram-se operando cada um destes transformadores.

Tabela 5 – Dados dos Transformadores do sistema de carga média

Barra DE	Nome DE	Barra PARA	Nome PARA	Resistência (%)	Reatância (%)	Tap
895	BATEIAS--500	814	BATEIAS--230	0,03	1,146	0,98
895	BATEIAS--500	814	BATEIAS--230	0,03	1,16	0,98
800	GBMUNHOZ-3GR	824	GBMUNHOZ-500		3,36	1,02
839	CASCAVEL-230	840	CASCAVEL-138		6,64	1,04
839	CASCAVEL-230	840	CASCAVEL-138		6,29	1,04
810	SSEGREDO-4GR	856	SEGREDO--500		4,2	1
897	SCAXIAS--500	808	SCAXIAS--4GR		4,08	1,02
898	FCHOPIM--230	848	FCHOPIN--138		6,36	1,04
934	AREIA----230	933	AREIA----500	0,03	1,2	0,97
939	BLUMENAU-230	938	BLUMENAU-500	0,03	1,15	0,95
939	BLUMENAU-230	938	BLUMENAU-500	0,03	1,16	0,95
939	BLUMENAU-230	938	BLUMENAU-500		1,27	0,95
960	CURITIBA-230	959	CURITIBA-500	0,03	1,16	1
960	CURITIBA-230	959	CURITIBA-500	0,03	1,16	1
964	CAXIAS---500	965	CAXIAS---230	0,02	1,21	0,93
964	CAXIAS---500	965	CAXIAS---230	0,02	1,23	0,93
995	ITA-----500	904	ITA-----3GR	0,05	4,61	1
1030	MACHADIN-500	915	MACHADIN-1GR		4,13	1
1047	SOSORIO--230	919	SOSOR1A4-4GR	0,08	6,8	1,02
1060	SSANTIAG-500	925	SSANTIAG-3GR	0,04	4,54	1,02
1210	GRAVATAI-230	976	GRAVATAI-500	0,03	1,21	0,96
1210	GRAVATAI-230	976	GRAVATAI-500	0,03	1,13	0,96
1210	GRAVATAI-230	976	GRAVATAI-500	0,03	1,21	0,96
2458	CASCAVEL-230	896	CASCAVELO500		1,27	0,98

Fonte: ALVES (2007, pg. 47)

Inicialmente rodou-se o caso de referência, ou seja, o de nível de carregamento médio, no *software* ANAREDE para verificar se este convergiria. Foi possível notar que o caso convergiu em cinco iterações e obteve um erro máximo de 0,1 MW de potência ativa e um erro máximo de 0,04 MVar, conforme é ilustrado na Figura 2. Vale destacar que o *software* ANAREDE utiliza como base de potência 100 MVA.

Figura 2: Fluxo de Potência para o Caso de Carga Média

←CEPEL - CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELETRICA - PROGRAMA DE ANALISE DE REDES - V11.05.02 PAG. 1

IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO MÉDIO
RELATORIO DE CONVERGENCIA

OPCOES ATIVADAS: BPAR NEWT RCVG RMON EMRG

```

X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----
ITERACAO        FREQ.  ERRO MAX BARRA  ERRO MAX BARRA  ERRO MAX CONV
FC P Q V M.O.  (Hz)      MW    NUM.  Mvar  NUM.  TENSÃO % NUM. FM BARRA(B), CIRCUITO(C) E CONVERSOR COM LIMITE VIOLADO
X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--
  1 1  1.0000 60.000  1572.06   933  2840.57  964
  2 2  1.0000 60.000  1878.87   933   914.56  933
  3 3  1.0000 60.000   205.05   933   148.19  933
  4 4  1.0000 60.000    14.78  1210     5.38  933
  5 5  1.0000 60.000     0.10  1210     0.04  933

```

Fonte: Autoria própria

3.1.1 Caso de carga leve

Criaram-se três cenários para realizar análises comparativas dentro do caso de carga leve. No primeiro cenário mantem-se como o descrito anteriormente, com as cargas ativas e reativas pré-estabelecidas e iguais a quarenta por cento do total de carga pesada originalmente encontrada em ALVES (2007).

Para o segundo cenário foram efetuadas modificações somente nas cargas reativas. Para tanto, aplicaram-se as cargas reativas do caso de carga média e mantiveram as cargas ativas do caso leve originalmente proposto.

Já no terceiro cenário fez-se o contrário do segundo, ou seja, mantiveram-se as cargas reativas do caso leve (originalmente proposto) e alteraram-se somente as cargas ativas para os valores estabelecidos no caso de carga média.

Essas alterações citadas tem o intuito de promover variações nos níveis de tensão de cada barra do sistema, salienta-se que o limite aceitável das faixas de tensão estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é de 0,95 p.u. para mínima e de 1,05 p.u. para máxima magnitude de tensão em todos os barramentos do sistema.

Tabela 6 – Comparativo das tensões do Caso leve

Número	Nome	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
		Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)	Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)	Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)
915	MACHADIN-1GR	1,02	52,43	1,02	56,73	1,02	17,45
933	AREIA---500	1,13	41,36	1,06	44,78	1,23	10,21
938	BLUMENAU-500	1,23	38,88	1,15	42,07	1,32	4,72
939	BLUMENAU-230	1,17	38,31	1,09	41,42	1,25	3,86
955	CNOVOS---500	1,24	43,11	1,17	46,82	1,31	8,87
959	CURITIBA-500	1,18	39	1,09	42,22	1,28	6,17
960	CURITIBA-230	1,17	38,25	1,08	41,34	1,27	5,04
964	CAXIAS---500	1,3	42,14	1,22	45,77	1,37	6,09
965	CAXIAS---230	1,4	41,64	1,31	45,21	1,47	5,3
976	GRAVATAI-500	1,31	41,68	1,22	45,26	1,37	5,17
995	ITA-----500	1,23	45,98	1,17	50,01	1,29	10,95
1030	MACHADIN-500	1,22	44,82	1,16	48,71	1,29	10,23
808	SCAXIAS--4GR	1,02	79,09	1,02	85,3	1,02	42,67
810	SSEGREGO-4GR	1,01	69,9	1,01	75,41	1,01	35,45
839	CASCAVEL-230	1,05	57,54	0,99	62,75	1,1	21,01
840	CASCAVEL-138	1	56,44	0,95	61,51	1,06	19,27
848	FCHOPIN--138	0,99	60,2	0,93	65,69	1,04	23,01
856	SEGREGO--500	1,11	47,94	1,05	52,14	1,2	15,09
896	CASCAVELO500	1,09	57,16	1,04	62,3	1,14	21,44
897	SCAXIAS--500	1,09	57,18	1,04	62,31	1,15	21,88
898	FCHOPI--230	1,03	61,54	0,98	67,18	1,09	25,11
919	SOSOR1A4-4GR	1,02	89,62	1,02	96,81	1,02	51,78
925	SSANTIAG-3GR	1,02	70,54	1,02	76,1	1,02	35,34
934	AREIA---230	1,07	43,18	1	46,83	1,17	11,16
1047	SOSORIO--230	1,03	62,23	0,98	67,94	1,09	25,91
1060	SSANTIAG-500	1,12	51,68	1,07	56,27	1,19	17,55
1210	GRAVATAI-230	1,25	41,1	1,16	44,6	1,31	4,24
2458	CASCAVEL-230	1,05	57,09	0,99	62,24	1,11	20,63
800	GBMUNHOZ-3GR	1,01	0	1,01	0	1,01	0
814	BATEIAS--230	1,18	38,68	1,1	41,83	1,29	5,92
824	GBMUNHOZ-500	1,12	40,78	1,05	44,11	1,23	10,07
895	BATEIAS--500	1,16	39,31	1,08	42,57	1,26	6,86
904	ITA-----3GR	1,01	54,59	1,01	59,06	1,01	19,2

Fonte: Autoria própria

Nota-se, mediante a Tabela 6, que o cenário dois em relação ao cenário um, apresenta uma leve diminuição nos valores de tensão nas barras do sistema e uma leve alteração nos ângulos. Este fato ocorre devido ao aumento dos valores de

Tabela 7 – Comparativo das tensões do Caso de carga pesada

Número	Nome	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
		Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)	Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)	Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)
915	MACHADIN-1GR	1,02	-13,61	1,02	-11,99	1,02	18,92
933	AREIA---500	1,05	-17,86	1,14	-16,26	1,14	11,08
938	BLUMENAU-500	1,07	-30,22	1,18	-26,75	1,2	4,74
939	BLUMENAU-230	1,02	-32,08	1,12	-28,28	1,14	3,7
955	CNOVOS---500	1,11	-23,6	1,2	-21,19	1,21	9,6
959	CURITIBA-500	1,04	-26,12	1,14	-23,35	1,16	6,5
960	CURITIBA-230	1,02	-28,59	1,13	-25,37	1,14	5,12
964	CAXIAS---500	1,11	-30,24	1,23	-26,8	1,24	6,36
965	CAXIAS---230	1,19	-31,95	1,32	-28,2	1,33	5,4
976	GRAVATAI-500	1,09	-32,38	1,22	-28,56	1,23	5,26
995	ITA-----500	1,1	-21,44	1,19	-19,33	1,2	12,01
1030	MACHADIN-500	1,1	-22,06	1,18	-19,85	1,2	11,14
808	SCAXIAS--4GR	1,02	17,55	1,02	16,45	1,02	46,5
810	SSEGREDO-4GR	1,01	10,92	1,01	10,3	1,01	38,52
839	CASCAVEL-230	0,96	-8,63	1,03	-8,05	1,02	23,38
840	CASCAVEL-138	0,91	-11,95	0,98	-10,93	0,97	21,34
848	FCHOPIN--138	0,91	-6,65	0,97	-6,27	0,97	25,6
856	SEGREDO--500	1,04	-12,58	1,11	-11,61	1,12	16,67
896	CASCAVELO500	1,01	-7,07	1,07	-6,68	1,07	23,86
897	SCAXIAS--500	1,02	-6	1,08	-5,72	1,08	24,34
898	FCHOPIM--230	0,96	-2,74	1,02	-2,84	1,02	28,03
919	SOSOR1A4-4GR	1,02	27,9	1,02	25,86	1,02	56,64
925	SSANTIAG-3GR	1,02	9,62	1,02	9,16	1,02	38,43
934	AREIA---230	1	-17,38	1,08	-15,83	1,08	12,18
1047	SOSORIO--230	0,96	-1,52	1,02	-1,74	1,02	28,92
1060	SSANTIAG-500	1,05	-10,64	1,11	-9,87	1,12	19,47
1210	GRAVATAI-230	1,03	-34,46	1,16	-30,24	1,17	4,12
2458	CASCAVEL-230	0,96	-9,09	1,03	-8,46	1,02	22,94
800	GBMUNHOZ-3GR	1,01	0	1,01	0	1,01	0
814	BATEIAS--230	1,05	-26,5	1,15	-23,65	1,16	6,18
824	GBMUNHOZ-500	1,05	-17,55	1,13	-15,99	1,14	10,91
895	BATEIAS--500	1,03	-24,47	1,14	-21,98	1,15	7,33
904	ITA-----3GR	1,01	-11,86	1,01	-10,4	1,01	20,84

Fonte: Autoria própria

Comparando o cenário um e o cenário dois percebe-se que em algumas barras do sistema ocorreu um acréscimo nos níveis de tensão e, por outro lado, em todas as barras notou-se um atraso nos ângulos das tensões.

Figura 8: Fluxo de Potência para o Caso de Carga Pesada – Cenário 3

CEPEL - CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELETRICA - PROGRAMA DE ANALISE DE REDES - V11.05.02 PAG. 1

IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO PESADO - CENÁRIO 3
RELATORIO DE CONVERGENCIA

OPCOES ATIVADAS: BPAR NEWT RCVG RMON EMRG

ITERACAO		FREQ.	ERRO MAX BARRA	ERRO MAX BARRA	ERRO MAX CONV	TENSÃO % CONV	
FC	P Q V M.O.	(Hz)	MW NUM.	Mvar NUM.	NUM. FM	BARRA(B), CIRCUITO(C) E CONVERSOR COM LIMITE VIOLADO	
1	1	1.0000 60.000	1572.06 933	2840.57 964			
2	2	1.0000 60.000	1539.67 933	780.91 933			
3	3	1.0000 60.000	184.97 933	113.69 933			
4	4	1.0000 60.000	13.93 1210	5.00 933			
5	5	1.0000 60.000	0.15 1210	0.05 933			

Fonte: Autoria própria

A figura 8 apresentou um erro máximo de 0,15 MW e 0,05 Mvar.

Ao verificar os resultados dos fluxos de potência, constatou-se que em todos os cenários houve convergência em cinco iterações.

3.2 Correções nos níveis de tensão

Para (STEVENSON,1986, pg. 255) a utilização de bancos de capacitores em derivação é de suma importância para controlar as tensões nas barras, tanto nos níveis de transmissão como nos de distribuição no decorrer das linhas e nas cargas. Pois estes têm como característica fornecer volt-ampere reativo no ponto de instalação.

Para (ANEEL, 2018, pg.7):

A tensão a ser contratada nos pontos de conexão pelos acessantes atendidos em tensão nominal de operação superior a 1 kV deve situar-se entre 95% (noventa e cinco por cento) e 105% (cento e cinco por cento) da tensão nominal de operação do sistema no ponto de conexão e, ainda, coincidir com a tensão nominal de um dos terminais de derivação previamente exigido ou recomendado para o transformador da unidade consumidora.

Para a correção dos níveis de tensão, limitou-se a uma faixa de operação de 0,95 p.u para mínima e 1,05 p.u para máxima. Utilizaram-se bancos de capacitores e bancos de reatores, nas barras onde foram observadas violações nos níveis de tensão, com o objetivo de re-estabelecer os valores padronizados pela ANEEL.

Para o início das correções foi estipulado um valor inicial para os compensadores reativos através da equação 3.1:

$$Q_c = \frac{V_c^2}{X_c} \quad (3.1)$$

Em sequência foi iniciado o método de tentativa e erro até encontrar os valores necessários para as correções nos níveis de tensão.

Nesta etapa da análise empregaram-se os casos de carga leve e pesada, cada um com os seus três cenários, conforme descrito anteriormente.

3.2.1 Caso de carga leve corrigido

Para corrigir as violações de tensão observadas nos três cenários da carga leve, utilizou-se, neste trabalho de conclusão de curso a técnica de inserção de elementos *shunt* nas barras. Os valores positivos representam os bancos de capacitores, que por sua vez elevam o nível de tensão, já os valores negativos são os bancos de reatores que são responsáveis por abaixar o nível de tensão.

Nas tabelas 8, 9 e 10 deste documento são apresentados os valores dos elementos *shunt* inseridos nos barramentos do sistema elétrico, para os três cenários de carga leve:

Tabela 8 - Valores de shunt para caso de carga Leve - Cenário 1

Número	Nome da Barra	Shunt (Mvar)
814	BATEIAS--230	-100
840	CASCAVEL-138	75
848	FCHOPIN--138	75
934	AREIA---230	250
938	BLUMENAU-500	-25
955	CNOVOS---500	-25
964	CAXIAS---500	-150
965	CAXIAS---230	-500
995	ITA-----500	-25
1210	GRAVATAI-230	-100

Fonte: Autoria própria.

Tabela 9 - Valores de shunt para caso de carga Leve - Cenário 2

Número	Nome da Barra	Shunt (Mvar)
814	BATEIAS--230	-50
840	CASCAVEL-138	100
848	FCHOPIN--138	75
934	AREIA---230	350
938	BLUMENAU-500	-50
955	CNOVOS---500	-25
964	CAXIAS---500	-100
965	CAXIAS---230	-360
995	ITA-----500	-25
1210	GRAVATAI-230	-85

Fonte: Autoria própria

Tabela 10 - Valores de shunt para caso de carga Leve - Cenário 3

Número	Nome da Barra	Shunt (Mvar)
814	BATEIAS--230	-225
840	CASCAVEL-138	50
848	FCHOPIN--138	50
934	AREIA---230	100
938	BLUMENAU-500	-100
955	CNOVOS---500	-150
964	CAXIAS---500	-200
965	CAXIAS---230	-500
995	ITA-----500	-50
1030	MACHADIN-500	-50
1210	GRAVATAI-230	-65

Fonte: Autoria própria.

O cenário um e o cenário dois apresentaram o mesmo número de pontos de inserção de elementos *shunts*. Porém os seus valores são diferentes, haja vista que o cenário dois apresenta valores inferiores de tensão em relação ao cenário um.

No terceiro cenário houve o acréscimo de um *shunt* na barra 1030, pois este apresenta tensões maiores que os outros casos anteriores.

Após a inserção dos elementos *shunt*, os novos valores das tensões nos barramentos são apresentadas na Tabela 11, para os três cenários.

Tabela 11 - Tabela das tensões corrigidas – Caso de carga Leve

Número	Nome	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
		Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)	Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)	Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)
800	GBMUNHOZ-3GR	1,01	0	1,01	0	1,01	0
814	BATEIAS--230	0,99	46,7	0,98	47,35	1,02	6,16
824	GBMUNHOZ-500	0,96	49,35	0,95	50	1,03	11,91
895	BATEIAS--500	0,98	47,59	0,97	48,27	1,02	7,61
904	ITA-----3GR	1,01	66,87	1,01	67,65	1,01	23,59
915	MACHADIN-1GR	1,02	64,08	1,02	64,87	1,02	21,35
933	AREIA----500	0,97	50,14	0,96	50,82	1,03	12,11
938	BLUMENAU-500	1,03	46,93	1,01	47,6	1,04	4,2
939	BLUMENAU-230	0,97	46,12	0,96	46,75	0,99	2,82
955	CNOVOS---500	1,03	52,79	1,03	53,52	1,04	10,45
959	CURITIBA-500	0,99	47,15	0,97	47,82	1,03	6,52
960	CURITIBA-230	0,98	46,08	0,96	46,72	1,02	4,78
964	CAXIAS---500	1	51,49	1	52,2	0,99	5,92
965	CAXIAS---230	1,04	50,64	1,05	51,36	1,03	4,38
976	GRAVATAI-500	1	50,68	1	51,42	1	4,14
995	ITA-----500	1,04	56,75	1,04	57,5	1,04	13,5
1030	MACHADIN-500	1,04	55,1	1,03	55,85	1,04	12,41
808	SCAXIAS--4GR	1,02	94,41	1,02	95,56	1,02	51,17
810	SSEGREDO-4GR	1,01	84,05	1,01	85,09	1,01	42,81
839	CASCAVEL-230	0,98	70,39	0,97	71,34	0,99	26,34
840	CASCAVEL-138	0,96	69,16	0,95	70,09	0,97	24,24
848	FCHOPIN--138	0,98	73,07	0,97	74,04	0,98	28,54
856	SEGREDO--500	0,98	58,82	0,97	59,63	1,02	18,84
896	CASCAVELO500	1	70,15	0,99	71,11	1,02	27,03
897	SCAXIAS--500	1	70,25	0,99	71,22	1,02	27,64
898	FCHOPIM--230	0,98	74,49	0,97	75,49	1	30,98
919	SOSOR1A4-4GR	1,02	104,41	1,02	105,66	1,02	60,44
925	SSANTIAG-3GR	1,02	84,97	1,02	85,98	1,02	42,83
934	AREIA----230	0,95	52,54	0,95	53,23	1	13,47
1047	SOSORIO--230	0,97	75,27	0,97	76,28	0,99	31,94
1060	SSANTIAG-500	1	63,66	0,99	64,53	1,03	22,2
1210	GRAVATAI-230	0,95	49,7	0,95	50,44	0,95	2,38
2458	CASCAVEL-230	0,97	69,97	0,96	70,93	0,99	25,95

Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Caso de carga pesada corrigido

No caso de carga pesada aplicou-se o mesmo método de correção para os níveis de tensão como foi previamente feito para o caso de carga leve.

As tabelas 12, 13 e 14 apresentam os valores dos elementos *shunt* aplicadas nos três cenários de carga pesada.

Tabela 12 - Valores de shunt para caso de carga Pesada - Cenário 1

Número	Nome da Barra	Shunt (Mvar)
840	CASCAVEL-138	100
848	FCHOPIN--138	100
938	BLUMENAU-500	-25
939	BLUMENAU-230	80
955	CNOVOS---500	-25
960	CURITIBA-230	15
965	CAXIAS---230	-350
976	GRAVATAI-500	35
1210	GRAVATAI-230	125

Fonte: Autoria própria.

Tabela 13 - Valores de shunt para caso de carga Pesada - Cenário 2

Número	Nome da Barra	Shunt (Mvar)
840	CASCAVEL-138	100
848	FCHOPIN--138	100
938	BLUMENAU-500	-25
955	CNOVOS---500	-150
965	CAXIAS---230	-500
1210	GRAVATAI-230	175

Fonte: Autoria própria.

Tabela 14- Valores de shunt para caso de carga Pesada - Cenário 3

Número	Nome da Barra	Shunt (Mvar)
840	CASCAVEL-138	100
848	FCHOPIN--138	100
938	BLUMENAU-500	-25
955	CNOVOS---500	-150
965	CAXIAS---230	-500
995	ITA-----500	-50
1210	GRAVATAI-230	100

Fonte: Autoria própria.

No primeiro cenário aplicaram-se nove pontos com compensadores *shunt*, sendo seis bancos de capacitores e três bancos de reatores. Para o segundo cenário, por sua vez, houve a inserção de três bancos capacitivos e três bancos reativos. E para o terceiro cenário, aplicaram-se três bancos de capacitores e quatro bancos de reatores.

Os resultados obtidos com as tensões corrigidas, para os três cenários, são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15- Tabela das tensões corrigidas – Caso de carga Pesada

(continua)

Número	Nome	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
		Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)	Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)	Tensão (p.u.)	Ângulo (graus)
800	GBMUNHOZ-3GR	1,01	0	1,01	0	1,01	0
814	BATEIAS--230	1	-28,07	1,01	-28,09	1,03	6,16
824	GBMUNHOZ-500	1,01	-18,37	1,01	-18,37	1,03	11,97
895	BATEIAS--500	0,99	-25,85	0,99	-25,9	1,02	7,62
904	ITA-----3GR	1,01	-12,46	1,01	-12,38	1,01	23,57
915	MACHADIN-1GR	1,02	-14,32	1,02	-14,19	1,02	21,3
933	AREIA----500	1,01	-18,7	1,01	-18,7	1,03	12,18
938	BLUMENAU-500	1,02	-32,21	1,01	-32,3	1,04	4,22
939	BLUMENAU-230	0,97	-34,26	0,96	-34,39	0,99	2,84
955	CNOVOS---500	1,04	-24,91	1,03	-24,91	1,05	10,49
959	CURITIBA-500	0,99	-27,66	0,99	-27,7	1,02	6,56
960	CURITIBA-230	0,97	-30,37	0,98	-30,39	1	4,78
964	CAXIAS---500	1,01	-32,57	0,99	-32,79	1,01	6,03
965	CAXIAS---230	1,05	-34,69	1,03	-35	1,05	4,55
976	GRAVATAI-500	1	-35,2	0,99	-35,5	1	4,32
995	ITA-----500	1,04	-22,55	1,03	-22,55	1,05	13,53
1030	MACHADIN-500	1,04	-23,24	1,03	-23,21	1,05	12,42
808	SCAXIAS--4GR	1,02	17,6	1,02	17,49	1,02	51,46
810	SSEGREDO-4GR	1,01	11,22	1,01	11,24	1,01	43,01
839	CASCAVEL-230	0,97	-9,08	0,99	-9,1	0,99	26,5
840	CASCAVEL-138	0,96	-12,19	0,97	-12,11	0,97	24,38
848	FCHOPIN--138	1	-7,1	1,01	-7,16	1,01	28,77
856	SEGREDO--500	1,01	-13,07	1,01	-13,06	1,02	18,95
896	CASCAVELO500	1	-7,4	1,01	-7,43	1,01	27,2
897	SCAXIAS--500	1,01	-6,26	1,01	-6,28	1,02	27,8
898	FCHOPIM--230	0,99	-3,64	1	-3,78	1	31,14
919	SOSOR1A4-4GR	1,02	26,4	1,02	25,98	1,02	60,68
925	SSANTIAG-3GR	1,02	9,84	1,02	9,88	1,02	42,99
934	AREIA----230	0,97	-18,16	0,97	-18,15	0,98	13,57
1047	SOSORIO--230	0,98	-2,41	0,99	-2,57	0,99	32,13

Figura 14 - Fluxo de Potência para o caso de carga Pesada – Cenário 3 Corrigido

```

CEPEL - CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELETRICA - PROGRAMA DE ANALISE DE REDES - V11.05.02
PAG. 1

IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO PESADO - CENÁRIO 3 CORRIGIDO
RELATORIO DE CONVERGENCIA

OPCOES ATIVADAS: NEWT RCVG RMON

X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
ITERACAO          FREQ.  ERRO MAX BARRA  ERRO MAX BARRA  ERRO MAX CONV
FC P Q V M.O.  (Hz)    MW    NUM.    Mvar  NUM.  TENSÃO %  NUM. FM  BARRA(B), CIRCUITO(C) E CONVERSOR COM LIMITE VIOLADO
X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X--X
  1 1  1.0000 60.000  1572.06  933  2840.57  964
  2 2  1.0000 60.000   522.43  933   393.63  933
  3 3  1.0000 60.000    70.39  933    29.22  933
  4 4  1.0000 60.000     4.06 1210     1.69  933

```

Fonte: Autoria própria

Em todos os cenários do caso de carga pesada ocorreu a convergência do fluxo de potência.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou analisar o sistema elétrico Sul brasileiro simplificado a fim de compreender melhor o comportamento operativo deste através da variação nos níveis de carga. Foram analisados três casos de patamares de carga: leve, média e pesada. Além disso, para o caso leve foram considerados três cenários distintos. De forma similar, para o caso de carga pesada, também foram considerados três cenários distintos entre si.

Verificou-se que os objetivos propostos para este trabalho foram alcançados, detalhou-se o sistema elétrico Sul brasileiro simplificado, criou-se uma base de referência para a variação dos patamares de carga, testou-se a convergência do fluxo de potência dos cenários criados por meio do *software* ANAREDE e corrigiram-se os níveis de tensão violados com bancos capacitivos e reativos estipulando um valor inicial para os compensadores shunt através da equação 3.1 e em sequência foi usado o método de tentativa e erro para alcançar os valores necessários.

A pesquisa partiu da hipótese de que ocorreriam violações nos níveis de tensão nas barras do sistema porque existe uma influência direta das cargas nos sistema elétrico de potência e a sua variação poderia acarretar problemas operativos como a extrapolação dos limites de tensão.

Constatou-se que o método aplicado de inserção de compensadores *shunt* nas barras violadas foi uma decisão assertiva, pois este padronizou todas as tensões mantendo-as no padrão estipulado pela ANEEL.

Estipular mais cenários simulados a fim de perceber melhor o comportamento operativo, analisar contingências geradas a partir das violações e avaliar novos métodos corretivos para este problema e, por fim, efetuar por meio da solução do fluxo de potência ótimo a inserção mais adequada de bancos de capacitores e/ou reatores conforme cada caso demandar.

REFERÊNCIAS

ANAREDE – **Análise de Redes Elétricas**. Disponível em: http://www.cepel.br/pt_br/produtos/anarede-analise-de-redes-eletricas.htm/ . Acesso em: 24 de abril de 2021.

KAGAN, Nelson; OLIVEIRA, Carlos César Barioni de; ROBBA, Ernesto João. **Introdução aos Sistemas de Distribuição de energia elétrica**. Ed. Edgar Blücher LTDA, São Paulo, 2005.

ZANETTA JÚNIOR, Luiz Cera. **Fundamentos de sistemas elétricos de potência / Luiz Cera Zanetta Jr. - I. ed. - S2o Paulo : Editora Livraria da Física, 2005.**

SOUSA, Thales. **Valoração do fornecimento de serviços ancilares a partir de usinas hidroelétricas**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SIN – **Sistema Interligado Nacional**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin/>. Acesso em: 24 de Abril de 2021.

MONTICELLI, Alcir José. **Fluxo de Carga em Redes de Energia Elétrica**. Ed. Edgard Blücher LTDA. São Paulo, 1983.

PEREIRA, Paulo Ricardo da Silva et al. **Métodos para otimização dos ajustes dos reguladores de tensão e zonas de tap em sistemas de distribuição**. 2009.

ONS, **Operador Nacional do Sistema**, disponível em: https://sintegre.ons.org.br/sites/9/52/Produtos/307/SUMARIO-PMO-22_05%20a%2028_05.pdf . Acesso em 21 de Maio de 2021.

ALVES, Waschington Fernandes. **Proposição de sistemas-teste para análise computacional de sistemas de potência**. Niterói, Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2007.

ANEEL, AN de EE. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) Módulo 8: Qualidade da Energia Elétrica. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional–PRODIST**, p. 1-88, 2018.

STEVENSON, William D. **Elementos de Análise de Sistemas de Potência**. Ed. McGraw-Hill do Brasil, LTDA. 1986.

APÊNDICE A – Dados de Barra do Caso de carga Leve

Figura 15 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 1

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO LEVE - CENÁRIO 1															
003	DBAR															
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(P1)	(Q1)	(Sh)	Are	(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1									1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0									2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.	921000.	0										2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012	-20						272	52				1
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045	-5.7											1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	10042.	84											2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951	-0.2						60	12.8				2
012	848	L	SFCHOPIN--1382	09704.	43						36	6.8				2
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040	-0.8											2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022	-18											1
015	896	L	ACASCAVELO5001	10364.	37											2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	10455.	41											2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	10257.	88											2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010	-7.1	400.	0									1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020	-2.6	400.	0									1
020	919	L1	ZSOSORIA4-4GR2	102015.5	700.	0										2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	10207.62	800.	0										2
022	933	L	AAREIA----5001	1045	-6.											1
023	934	L	TAREIA----2302	1003	-5.5						94	22.8				2
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053	-22											1
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002	-24						376	20				1
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082	-13											1
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024	-19											1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002	-22						316	132				1
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076	-20											1
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004	-22						280	19.6				1
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056	-22											1
032	995	L	AITA-----5001	1071	-10											1
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076	-11											1
034	1047	L	TSOSORIO--2302	10318.	92											2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	10500.	97											2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005	-24						440	160				2
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	10042.	46						160	50				2
038	99999															

Fonte: Autoria própria

Figura 16 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 2

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO LEVE - CENÁRIO 2															
003	DBAR															
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(Pl)	(Ql)	(Sh)	Are	(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1									1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0									2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.	921000.	0										2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012-20							272	91				1
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045-5.7												1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	10042.84												2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951-0.2							60	22.4				2
012	848	L	SFCHOPIN--1382	09704.43							36	11.9				2
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040-0.8												2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022 -18												1
015	896	L	ACASCAVELO5001	10364.37												2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	10455.41												2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	10257.88												2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010-7.1	400.	0										1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020-2.6	400.	0										1
020	919	L1	ZSOSOR1A4-4GR2	102015.5	700.	0										2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	10207.62	800.	0										2
022	933	L	AAREIA----5001	1045 -6.												1
023	934	L	TAREIA----2302	1003-5.5							94	39.9				2
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053 -22												1
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002 -24							376	35				1
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082 -13												1
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024 -19												1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002 -22							316	231				1
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076 -20												1
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004 -22							280	34.3				1
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056 -22												1
032	995	L	AITA-----5001	1071 -10												1
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076 -11												1
034	1047	L	TSOSORIO--2302	10318.92												2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	10500.97												2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005 -24							440	280				2
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	10042.46							160	87.5				2
038	99999															

Fonte: Autoria própria

Figura 17 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 3

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO LEVE - CENÁRIO 3															
003	DBAR															
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(Pl)	(Ql)	(Sh)	Are	(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1									1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0									2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.92	1000.	0										2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012	-20						476	52				1
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045	-5.7											1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	10042.84												2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951	-0.2						105	12.8				2
012	848	L	SFCHOPIN--1382	09704.43							63	6.8				2
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040	-0.8											2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022	-18											1
015	896	L	ACASCAVELO5001	10364.37												2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	10455.41												2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	10257.88												2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010	-7.1	400.	0						100			1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020	-2.6	400.	0						100			1
020	919	L1	ZSOSOR1A4-4GR2	102015.5	700.	0										2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	10207.62	800.	0										2
022	933	L	AAREIA----5001	1045	-6.											1
023	934	L	TAREIA----2302	1003	-5.5						164.5	22.8				2
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053	-22											1
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002	-24						658	20				1
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082	-13											1
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024	-19											1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002	-22						553	132				1
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076	-20											1
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004	-22						490	19.6				1
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056	-22											1
032	995	L	AITA-----5001	1071	-10											1
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076	-11											1
034	1047	L	TSOSORIO--2302	10318.92												2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	10500.97												2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005	-24						770	160				2
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	10042.46							280	50				2
038	99999															

Fonte: Autoria própria

APÊNDICE B – Dados de Barra do Caso de carga Pesada

Figura 18 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 1

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO PESADO - CENÁRIO 1															
003	DBAR															
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(P1)	(Q1)	(Sh)	Are	(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1									1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0									2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.92	1000.	0										2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012-20							680	130				1
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045-5.7												1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	10042.84												2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951-0.2							150	32				2
012	848	L	SFCHOPIN--1382	09704.43							90	17				2
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040-0.8												2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022 -18												1
015	896	L	ACASCAVELO5001	10364.37												2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	10455.41												2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	10257.88												2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010-7.1	400.	0										1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020-2.6	400.	0										1
020	919	L1	ZSOSORIA4-4GR2	102015.5	700.	0										2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	10207.62	800.	0										2
022	933	L	AAREIA----5001	1045 -6.												1
023	934	L	TAREIA----2302	1003-5.5							235	57				2
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053 -22												1
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002 -24							940	50				1
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082 -13												1
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024 -19												1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002 -22							790	330				1
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076 -20												1
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004 -22							700	49				1
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056 -22												1
032	995	L	AITA-----5001	1071 -10												1
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076 -11												1
034	1047	L	TSOSORIO--2302	10318.92												2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	10500.97												2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005 -24							1100	400				2
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	10042.46							400	125				2
038	99999															

Fonte: Autoria própria

Figura 19 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 2

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO PESADO - CENÁRIO 2															
003	DBAR															
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(Pl)	(Ql)	(Sh)	Are	(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1									1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0									2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.92	1000.	0										2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012	-20						680	91				1
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045	-5.7											1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	10042.84												2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951	-0.2						150	22.4				2
012	848	L	SFCHOPIN--1382	09704.43							90	11.9				2
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040	-0.8											2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022	-18											1
015	896	L	ACASCAVELO5001	10364.37												2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	10455.41												2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	10257.88												2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010	-7.1	400.	0									1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020	-2.6	400.	0									1
020	919	L1	ZSOSORIA4-4GR2	102015.5	700.	0										2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	10207.62	800.	0										2
022	933	L	AAREIA----5001	1045	-6.											1
023	934	L	TAREIA----2302	1003	-5.5						235	39.9				2
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053	-22											1
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002	-24						940	35				1
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082	-13											1
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024	-19											1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002	-22						790	231				1
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076	-20											1
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004	-22						700	34.3				1
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056	-22											1
032	995	L	AITA-----5001	1071	-10											1
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076	-11											1
034	1047	L	TSOSORIO--2302	10318.92												2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	10500.97												2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005	-24						1100	280				2
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	10042.46							400	87.5				2
038	99999															

Fonte: Autoria própria

Figura 20 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 3

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO PESADO - CENÁRIO 3															
003	DBAR															
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(Pl)	(Ql)	(Sh)	Are	(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1									1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0									2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.92	1000.	0										2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012-20							476	130				1
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045-5.7												1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	10042.84												2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951-0.2							105	32				2
012	848	L	SFCHOPIN--1382	09704.43							63	17				2
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040-0.8												2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022 -18												1
015	896	L	ACASCAVELO5001	10364.37												2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	10455.41												2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	10257.88												2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010-7.1	400.	0										1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020-2.6	400.	0										1
020	919	L1	ZSOSOR1A4-4GR2	102015.5	700.	0										2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	10207.62	800.	0										2
022	933	L	AAREIA----5001	1045 -6.												1
023	934	L	TAREIA----2302	1003-5.5							164.5	57				2
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053 -22												1
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002 -24							658	50				1
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082 -13												1
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024 -19												1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002 -22							553	330				1
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076 -20												1
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004 -22							490	49				1
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056 -22												1
032	995	L	AITA-----5001	1071 -10												1
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076 -11												1
034	1047	L	TSOSORIO--2302	10318.92												2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	10500.97												2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005 -24							770	400				2
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	10042.46							280	125				2
038	99999															

Fonte: Autoria própria

APÊNDICE C – Dados de Barra do Caso de carga Leve corrigido

Figura 21 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 1 Corrigido

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO LEVE - CENÁRIO 1 CORRIGIDO														
003	DBAR														
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(P1)	(Q1)	(Sh)	Are(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1								1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0								2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.92	1000.	0									2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012	-20						272	52	-100		1
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045	-5.7										1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	1004	2.84										2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951	-0.2						60	12.8	75		2
012	848	L	SFCHOPIN--1382	0970	4.43						36	6.8	75		2
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040	-0.8										2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022	-18										1
015	896	L	ACASCAVELO5001	1036	4.37										2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	1045	5.41										2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	1025	7.88										2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010	-7.1	400.	0								1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020	-2.6	400.	0								1
020	919	L1	ZSOSORIA4-4GR2	1020	15.5	700.	0								2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	1020	7.62	800.	0								2
022	933	L	AAREIA----5001	1045	-6.										1
023	934	L	TAREIA----2302	1003	-5.5						94	22.8	250		2
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053	-22								-25		1
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002	-24						376	20			1
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082	-13								-25		1
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024	-19										1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002	-22						316	132			1
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076	-20								-150		1
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004	-22						280	19.6	-500		1
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056	-22										1
032	995	L	AITA-----5001	1071	-10								-25		1
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076	-11										1
034	1047	L	TSOSORIO--2302	1031	8.92										2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	1050	0.97										2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005	-24						440	160	-100		2
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	1004	2.46						160	50			2
038	99999														

Fonte: Autoria própria

Figura 22 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 2 Corrigido

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO LEVE - CENÁRIO 2 CORRIGIDO															
003	DBAR															
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(Pl)	(Ql)	(Sh)	Are	(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1									1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0									2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.92	1000.	0										2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012	-20						272	91	-50			1
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045	-5.7											1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	10042.84												2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951	-0.2						60	22.4	100			2
012	848	L	SFCHOPIN--1382	09704.43							36	11.9	75			2
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040	-0.8											2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022	-18											1
015	896	L	ACASCAVELO5001	10364.37												2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	10455.41												2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	10257.88												2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010	-7.1	400.	0									1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020	-2.6	400.	0									1
020	919	L1	ZSOSORIA4-4GR2	102015.5	700.	0										2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	10207.62	800.	0										2
022	933	L	AAREIA----5001	1045	-6.											1
023	934	L	TAREIA----2302	1003	-5.5						94	39.9	350			2
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053	-22									-50		1
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002	-24						376	35				1
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082	-13									-25		1
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024	-19											1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002	-22						316	231				1
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076	-20									-100		1
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004	-22						280	34.3	-360			1
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056	-22											1
032	995	L	AITA-----5001	1071	-10									-25		1
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076	-11											1
034	1047	L	TSOSORIO--2302	10318.92												2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	10500.97												2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005	-24						440	280	-85			2
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	10042.46							160	87.5				2
038	99999															

Fonte: Autoria própria

Figura 23 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Leve – Cenário 3 Corrigido

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO LEVE - CENÁRIO 3 CORRIGIDO															
003	DBAR															
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(P1)	(Q1)	(Sh)	Are	(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1									1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0									2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.921000.	0											2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012-20							476	52	-225		1	
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045-5.7												1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	10042.84												2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951-0.2							105	12.8	50		2	
012	848	L	SFCHOPIN--1382	09704.43							63	6.8	50		2	
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040-0.8												2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022 -18												1
015	896	L	ACASCAVELO5001	10364.37												2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	10455.41												2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	10257.88												2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010-7.1	400.	0										1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020-2.6	400.	0										1
020	919	L1	ZSOSORIA4-4GR2	102015.5	700.	0										2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	10207.62	800.	0										2
022	933	L	AAREIA----5001	1045 -6.												1
023	934	L	TAREIA----2302	1003-5.5							164.5	22.8	100		2	
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053 -22									-100		1	
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002 -24							658	20			1	
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082 -13									-150		1	
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024 -19												1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002 -22							553	132			1	
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076 -20									-200		1	
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004 -22							490	19.6	-500		1	
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056 -22												1
032	995	L	AITA-----5001	1071 -10									-50		1	
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076 -11									-50		1	
034	1047	L	TSOSORIO--2302	10318.92												2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	10500.97												2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005 -24							770	160	-65		2	
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	10042.46							280	50			2	
038	99999															

Fonte: Autoria própria

APÊNDICE D – Dados de Barra do Caso de carga Pesado corrigido

Figura 24 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 1 Corrigido

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO PESADO - CENÁRIO 1 CORRIGIDO															
003	DBAR															
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(P1)	(Q1)	(Sh)	Are	(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1									1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0									2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.92	1000.	0										2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012-20							680	130				1
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045-5.7												1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	10042.84												2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951-0.2							150	32	100			2
012	848	L	SFCHOPIN--1382	09704.43							90	17	100			2
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040-0.8												2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022 -18												1
015	896	L	ACASCAVELO5001	10364.37												2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	10455.41												2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	10257.88												2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010-7.1	400.	0										1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020-2.6	400.	0										1
020	919	L1	ZSOSORIA4-4GR2	102015.5	700.	0										2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	10207.62	800.	0										2
022	933	L	AAREIA----5001	1045 -6.												1
023	934	L	TAREIA----2302	1003-5.5							235	57				2
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053 -22											-25	1
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002 -24							940	50	80			1
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082 -13											-25	1
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024 -19												1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002 -22							790	330	15			1
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076 -20												1
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004 -22							700	49	-350			1
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056 -22											35	1
032	995	L	AITA-----5001	1071 -10												1
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076 -11												1
034	1047	L	TSOSORIO--2302	10318.92												2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	10500.97												2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005 -24							1100	400	125			2
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	10042.46							400	125				2
038	99999															

Fonte: Autoria própria

Figura 25 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 2 Corrigido

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO PESADO - CENÁRIO 2 CORRIGIDO															
003	DBAR															
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(Pl)	(Ql)	(Sh)	Are	(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1									1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0									2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.92	1000.	0										2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012-20							680	91				1
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045-5.7												1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	10042.84												2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951-0.2							150	22.4	100			2
012	848	L	SFCHOPIN--1382	09704.43							90	11.9	100			2
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040-0.8												2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022 -18												1
015	896	L	ACASCAVELO5001	10364.37												2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	10455.41												2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	10257.88												2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010-7.1	400.	0										1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020-2.6	400.	0										1
020	919	L1	ZSOSOR1A4-4GR2	102015.5	700.	0										2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	10207.62	800.	0										2
022	933	L	AAREIA----5001	1045 -6.												1
023	934	L	TAREIA----2302	1003-5.5							235	39.9				2
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053 -22										-25		1
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002 -24							940	35				1
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082 -13										-150		1
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024 -19												1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002 -22							790	231				1
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076 -20												1
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004 -22							700	34.3	-500			1
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056 -22												1
032	995	L	AITA-----5001	1071 -10												1
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076 -11												1
034	1047	L	TSOSORIO--2302	10318.92												2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	10500.97												2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005 -24							1100	280	175			2
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	10042.46							400	87.5				2
038	99999															

Fonte: Autoria própria

Figura 26 - Dados de barra no software ANAREDE – Carga Pesada – Cenário 3 Corrigido

002	IEEE 33 Bus - Sistema Sul Simplificado - CASO PESADO - CENÁRIO 3 CORRIGIDO															
003	DBAR															
004	(Num)	OETGb	(nome)	G1	(V)	(A)	(Pg)	(Qg)	(Qn)	(Qm)	(Bc)	(P1)	(Q1)	(Sh)	Are	(Vf)
005	800	L2	ZGBMUNHOZ-3GR2	1010	0	918.	-49.1									1
006	808	L1	ZSCAXIAS--4GR2	1020	11	1000.	0									2
007	810	L1	ZSSEGREDO-4GR2	10104.92	1000.	0										2
008	814	L	TBATEIAS--2302	1012	-20						476	130				1
009	824	L	AGBMUNHOZ-5001	1045	-5.7											1
010	839	L	TCASCAVEL-2302	10042.84												2
011	840	L	SCASCAVEL-1382	0951	-0.2						105	32	100			2
012	848	L	SFCHOPIN--1382	09704.43							63	17	100			2
013	856	L	ASEGREDO--5001	1040	-0.8											2
014	895	L	ABATEIAS--5001	1022	-18											1
015	896	L	ACASCAVELO5001	10364.37												2
016	897	L	ASCAXIAS--5001	10455.41												2
017	898	L	TFCHOPIM--2302	10257.88												2
018	904	L1	ZITA-----3GR2	1010	-7.1	400.	0									1
019	915	L1	ZMACHADIN-1GR2	1020	-2.6	400.	0									1
020	919	L1	ZSOSORIA4-4GR2	102015.5	700.	0										2
021	925	L1	ZSSANTIAG-3GR2	10207.62	800.	0										2
022	933	L	AAREIA----5001	1045	-6.											1
023	934	L	TAREIA----2302	1003	-5.5						164.5	57				2
024	938	L	ABLUMENAU-5001	1053	-22									-25		1
025	939	L	TBLUMENAU-2302	1002	-24						658	50				1
026	955	L	ACNOVOS---5001	1082	-13									-150		1
027	959	L	ACURITIBA-5001	1024	-19											1
028	960	L	TCURITIBA-2302	1002	-22						553	330				1
029	964	L	ACAXIAS---5001	1076	-20											1
030	965	L	TCAXIAS---2302	1004	-22						490	49	-500			1
031	976	L	AGRAVATAI-5001	1056	-22											1
032	995	L	AITA-----5001	1071	-10									-50		1
033	1030	L	AMACHADIN-5001	1076	-11											1
034	1047	L	TSOSORIO--2302	10318.92												2
035	1060	L	ASSANTIAG-5001	10500.97												2
036	1210	L	TGRAVATAI-2302	1005	-24						770	400	100			2
037	2458	L	TCASCAVEL-2302	10042.46							280	125				2
038	99999															

Fonte: Autoria própria