

## Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

### Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST

#### Módulo 7– Cálculo de Perdas na Distribuição

Revisão	Motivo da Revisão	Instrumento de aprovação pela ANEEL	Data de vigência
0	Primeira versão aprovada (após realização da AP 014/2008)	Resolução Normativa nº 345/2008	De 31/12/2008 a 31/12/2009
1	Revisão 1 (após realização da AP 033/2009)	Resolução Normativa nº 395/2009	De 01/01/2010 a 30/11/2011
2	Revisão 2 (após realização da AP 025/2011)	Resolução Normativa nº 465/2011	De 01/12/2011 a 04/04/2013
3	Revisão 3 (após realização da AP 019/2011)	Resolução Normativa nº 543/2013	De 05/04/2013 a 14/04/2015
4	Revisão 4 (após realização da AP 026/2014)	Resolução Normativa nº 656/2015	15/04/2015

## MÓDULO 7 – CÁLCULO DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO

### ÍNDICE

<b>SEÇÃO 7.0 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>1 OBJETIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>2 ABRANGÊNCIA .....</b>	<b>4</b>
<b>3 CONTEÚDO.....</b>	<b>4</b>
<b>4 DAS ALTERAÇÕES DESTA REVISÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>SEÇÃO 7.1 – DISPOSIÇÕES GERAIS PARA O CÁLCULO DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>1 OBJETIVO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 DADOS E INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA O CÁLCULO DAS PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>3 AVALIAÇÃO DAS INFORMAÇÕES PRESTADAS .....</b>	<b>7</b>
<b>4 PARÂMETROS REGULATÓRIOS .....</b>	<b>7</b>
<b>5 ETAPAS DO CÁLCULO .....</b>	<b>8</b>
<b>SEÇÃO 7.2 – METODOLOGIA DE CÁLCULO DAS PERDAS TÉCNICAS .....</b>	<b>10</b>
<b>1 OBJETIVO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 PERÍODO DE APURAÇÃO DAS PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>3 MÉTODO DE CÁLCULO .....</b>	<b>10</b>
<b>4 PERDAS APURADAS POR SISTEMA DE MEDIÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>5 PERDAS EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA .....</b>	<b>11</b>
<b>6 PERDAS APURADAS POR FLUXO DE POTÊNCIA .....</b>	<b>11</b>
<b>7 PERDAS EM MEDIDORES .....</b>	<b>12</b>
<b>8 CARACTERIZAÇÃO DA CARGA .....</b>	<b>13</b>
<b>SEÇÃO 7.3 – PROCEDIMENTO DE CÁLCULO .....</b>	<b>14</b>
<b>1 OBJETIVO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 PROCEDIMENTO DE CÁLCULO .....</b>	<b>14</b>
<b>3 CÁLCULO DE PERDA DE ENERGIA NO SDAT.....</b>	<b>14</b>
<b>4 CÁLCULO DE PERDA DE ENERGIA NO SDMT E NO SDBT .....</b>	<b>15</b>
<b>SEÇÃO 7.4 INDICADORES DE PERDAS.....</b>	<b>17</b>
<b>1 OBJETIVO.....</b>	<b>17</b>
<b>2 INFORMAÇÕES PARA O CÁLCULO DOS INDICADORES DE PERDAS.....</b>	<b>17</b>
<b>SEÇÃO 7.5 – PREMISSAS PARA O CÁLCULO DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO DAS PERMISSONÁRIAS .....</b>	<b>19</b>
<b>SEÇÃO 7.6 – DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS .....</b>	<b>20</b>

---

<b>ANEXO I – VALORES REGULATÓRIOS DE PERDAS DOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO II – VALORES REGULATÓRIOS DE RESISTÊNCIA DOS CABOS DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO .....</b>	<b>25</b>

---

Assunto: Introdução	Seção: 7.0	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 4 de 27
------------------------	---------------	---------------	---------------------------------	--------------------

## SEÇÃO 7.0 – INTRODUÇÃO

### 1 OBJETIVO

- 1.1 Estabelecer a metodologia e os procedimentos para obtenção das informações e dados necessários para cálculo das perdas dos sistemas de distribuição de energia elétrica.
- 1.2 Estabelecer os parâmetros regulatórios, a metodologia e os procedimentos para a apuração das perdas nos sistemas de distribuição de energia elétrica.
- 1.3 Definir os indicadores para avaliação das perdas nos segmentos de distribuição de energia elétrica.

### 2 ABRANGÊNCIA

- 2.1 Os procedimentos de cálculo das perdas na distribuição definidos neste Módulo devem ser observados pela(s):
  - a) Distribuidoras de energia elétrica, de acordo com os regulamentos específicos relacionados à revisão tarifária; e
  - b) Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, no que diz respeito à apuração das perdas de energia nas Demais Instalações de Transmissão – DIT.
- 2.2 São consideradas somente as perdas técnicas de responsabilidade da distribuidora, incluindo seu sistema de distribuição e as DIT, quando couber.
- 2.3 As instalações de terceiros constantes do Plano de Incorporação de Redes Particulares devem ser informadas para o cálculo de perdas na distribuição até o prazo estabelecido no regulamento que trata da transferência desses ativos às distribuidoras, e considerando o período definido para a apuração das perdas.

### 3 CONTEÚDO

- 3.1 O módulo é composto das seguintes seções:
  - a) Seção 7.0 – **INTRODUÇÃO**;
  - b) Seção 7.1 – **DISPOSIÇÕES GERAIS PARA O CÁLCULO DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO** – estabelece os dados e informações necessárias e os parâmetros regulatórios a serem adotados no cálculo das perdas na distribuição.
  - c) Seção 7.2 – **METODOLOGIA DE CÁLCULO DAS PERDAS TÉCNICAS** – define a metodologia de cálculo de perdas técnicas e estabelece a forma de caracterização da carga para fins de aplicação do método de fluxo de potência.

Assunto: Introdução	Seção: 7.0	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 5 de 27
------------------------	---------------	---------------	---------------------------------	--------------------

- d) Seção 7.3 – **PROCEDIMENTO DE CÁLCULO** – estabelece os procedimentos para o cálculo das perdas técnicas de energia dos sistemas de distribuição de energia elétrica.
- e) Seção 7.4 – **INDICADORES DE PERDAS** – define os indicadores de perdas obtidos do cálculo.
- f) Seção 7.5 - **PREMISSAS PARA O CÁLCULO DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO DAS PERMISSIONÁRIAS** - estabelece aspectos particulares relacionados ao cálculo de perdas das permissionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica.
- g) Seção 7.6 – **DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS** – estabelece as disposições transitórias relacionadas ao cálculo de perdas na distribuição.

#### **4 DAS ALTERAÇÕES DESTA REVISÃO**

- 4.1 Foram alterados dispositivos nas Seções 7.0, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4 e 7.6.

Assunto: Disposições Gerais para o Cálculo de Perdas na Distribuição	Seção: 7.1	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 6 de 27
---	---------------	---------------	---------------------------------	--------------------

## **SEÇÃO 7.1 – DISPOSIÇÕES GERAIS PARA O CÁLCULO DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO**

### **1 OBJETIVO**

- 1.1 Definir as informações e os dados necessários para cálculo das perdas na distribuição e o tratamento regulatório a ser empregado em caso da impossibilidade de realização do cálculo.
- 1.2 Estabelecer os parâmetros regulatórios a serem adotados no cálculo de perdas na distribuição
- 1.3 Estabelecer as etapas para o cálculo de perdas na distribuição.

### **2 DADOS E INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA O CÁLCULO DAS PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO**

- 2.1 As informações referentes aos dados físicos (redes, transformadores, reguladores, chaves e medidores) e de energia nas unidades consumidoras e geradores, nos transformadores de potência e nos alimentadores de média tensão, são obtidas da Base de Dados Geográfica da Distribuidora – BDGD.
- 2.2 As informações do Balanço de Energia, que compreende os montantes de energia injetada e fornecida agregados para cada segmento do sistema de distribuição, devem ser enviadas pelas distribuidoras de acordo com as instruções relativas ao processo de revisão tarifária, obedecendo ao formato e às instruções dadas no Módulo 6 do PRODIST.
- 2.3 A caracterização da carga é realizada a partir de dados da campanha de medição definida no Módulo 2 – Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição do PRODIST.
- 2.4 As informações de energia são obtidas de dados do sistema de medição das distribuidoras, de agentes supridores e da CCEE.
- 2.5 Os demais dados necessários para a apuração das perdas no sistema de distribuição e nas DIT de uso exclusivo devem ser fornecidos pela distribuidora, conforme estabelecido no Módulo 6 – Informações Requeridas e Obrigações. Para apuração das perdas podem ainda ser utilizadas demais informações disponíveis na ANEEL.
- 2.6 A distribuidora deve apresentar avaliação das perdas por segmento, detalhando a metodologia utilizada no estudo.
- 2.7 As perdas nas DIT compartilhadas serão apuradas pela CCEE, que deverá informar os valores de cada distribuidora à ANEEL.
- 2.8 A ANEEL poderá solicitar informações adicionais às listadas no Módulo 6 do PRODIST, necessárias para o cálculo das perdas na distribuição.

Assunto: Disposições Gerais para o Cálculo de Perdas na Distribuição	Seção: 7.1	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 7 de 27
---	---------------	---------------	---------------------------------	--------------------

- 2.9 Os estudos realizados pela distribuidora e o detalhamento das informações fornecidas devem estar disponíveis para fiscalização da ANEEL, por um período de cinco anos.

### **3 AVALIAÇÃO DAS INFORMAÇÕES PRESTADAS**

- 3.1 Após recebimento e avaliação das informações encaminhadas pelas distribuidoras, a ANEEL poderá solicitar eventuais esclarecimentos e correções com vistas à realização do cálculo de perdas na distribuição.
- 3.2 Caso as inconsistências nas informações referidas no item anterior persistirem, impossibilitando a realização do cálculo de perdas na distribuição pela metodologia descrita neste Módulo, o percentual de perdas técnicas sobre a energia injetada a ser adotado para a distribuidora terá como referência o menor valor entre os percentuais já calculados pela ANEEL.

### **4 PARÂMETROS REGULATÓRIOS**

- 4.1 É adotado o valor de referência de 0,92 para o fator de potência para fins do cálculo das perdas do SDMT e SDBT.
- 4.2 Não são considerados no cálculo de perdas elementos de compensação de energia reativa instalados no SDMT e SDBT.
- 4.3 São consideradas perdas adicionais de 5% sobre o montante de perdas técnicas totais, excluindo-se as perdas apuradas por medição, devido às perdas técnicas produzidas por efeito corona em conexões, sistemas supervisórios, relés fotoelétricos, capacitores, transformadores de corrente e de potencial, e por fugas de correntes em isoladores e para-raios.
- 4.4 É considerado o nível de tensão de operação informado pela distribuidora na saída do alimentador de média tensão, que deverá corresponder à tensão que o circuito opera na maior parte do período de apuração das perdas.
- 4.5 Os valores regulatórios de perdas totais e em vazio para os transformadores de distribuição se encontram definidos nas Tabelas I a VI do Anexo I, e nas Tabelas VII a XII após quatro anos da publicação deste Módulo.
- 4.6 Os valores de perdas totais e em vazio para os transformadores de potência devem corresponder aos dados de placa dos equipamentos, que terão sua pertinência avaliada pela ANEEL.
- 4.7 São considerados 1 W (watt) de perda por circuito de tensão para medidores eletromecânicos e 0,5 W para medidores eletrônicos.
- 4.8 É considerada a impedância de sequência positiva para fins do cálculo de perdas de que trata o Item 6 Seção 7.2 deste Módulo, obtida à temperatura de operação dos condutores elétricos igual a 55 ° C, conforme tabelas disponíveis no Anexo II. Para o

Assunto: Disposições Gerais para o Cálculo de Perdas na Distribuição	Seção: 7.1	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 8 de 27
---	---------------	---------------	---------------------------------	--------------------

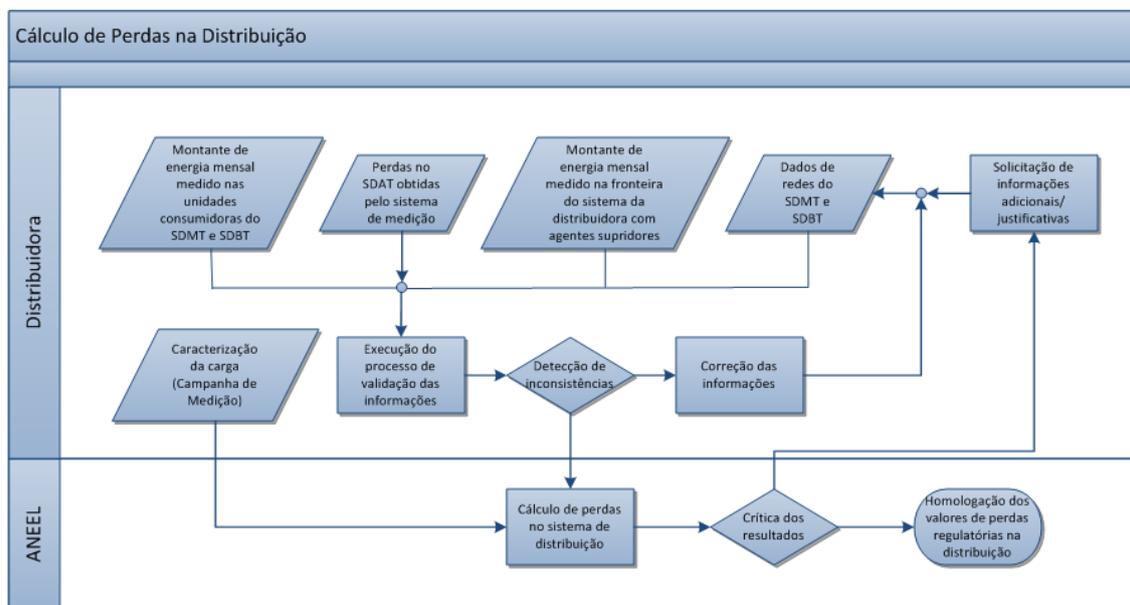
caso do condutor não estar contido nas tabelas do Anexo II, será utilizada a impedância informada na BDGD, que terão sua pertinência avaliada pela ANEEL.

- 4.9 O modelo adotado para as cargas conectadas ao SDMT e ao SDBT é denominado ZIP, composto por 100% de impedância constante para parcela reativa e de 50% potência constante e 50% impedância constante para a parcela ativa da carga.
- 4.10 A carga é dividida de forma igual entre as fases para as unidades consumidoras trifásicas e é considerada conectada entre fases para as unidades monofásicas a três fios.
- 4.11 Quando a aplicação do método de cálculo de que trata o Item 6 da Seção 7.2 deste Módulo resultar em tensão nos pontos de conexão de unidades consumidoras no nível precário ou crítico, conforme definido na Seção 8.1 do Módulo 8 do PRODIST, a parcela da carga a que se refere o item 4.9 dessa Seção, caracterizada como potência constante, passa a ser modelada como impedância constante.
- 4.12 Caso as tensões em qualquer ponto do sistema não estiverem dentro dos limites estabelecidos na Seção 8.1 do Módulo 8 do PRODIST, relativos aos níveis de tensão precária ou crítica, poderão ser efetuados ajustes nos *Taps* dos reguladores de tensão e nas cargas conectadas ao alimentador.
- 4.13 É considerada resistência de aterramento de 15 ohms para os circuitos monofilares com retorno por terra – MRT.
- 4.14 Caso a distribuidora não possua cadastro dos seus ramais de ligação de unidades consumidoras de baixa tensão é estabelecido o comprimento regulatório de 15 metros.
- 4.14.1 O comprimento máximo admissível para o ramal de ligação é de 30 metros.

## 5 ETAPAS DO CÁLCULO

- 5.1 O fluxograma da Figura 1 descreve o fluxo de informações em cada uma das etapas do cálculo das perdas na distribuição. Consiste na definição das diretrizes a serem obedecidas na apuração dos dados e informações e no estabelecimento da metodologia de cálculo das perdas.

Assunto: <b>Disposições Gerais para o Cálculo de Perdas na Distribuição</b>	Seção: <b>7.1</b>	Revisão: <b>4</b>	Data de Vigência: <b>15/04/2015</b>	Página: <b>9 de 27</b>
--	----------------------	----------------------	--	---------------------------



**Figura 1** – Fluxograma simplificado do procedimento de avaliação das perdas.

- 5.2 O cálculo das perdas técnicas é realizado de modo a considerar os segmentos e os equipamentos dos sistemas de distribuição (segmentos de rede, ramais, transformadores, reguladores e medidores) e os subgrupos de tensão (A1, A2, A3, A3a, A4 e B) aos quais esses segmentos e equipamentos pertencem.
- 5.3 De acordo com o método de cálculo empregado para o cálculo de perdas, o sistema de distribuição é segmentado em:
- i. redes do Sistema de Distribuição de Alta Tensão – SDAT;
  - ii. transformadores de potência;
  - iii. reguladores, redes do Sistema de Distribuição de Média Tensão – SDMT;
  - iv. Sistema de Distribuição de Baixa Tensão – SDBT;
  - v. transformadores de distribuição;
  - vi. ramais de ligação; e
  - vii. medidores de energia das unidades consumidoras do SDBT.

Assunto: Metodologia de Cálculo das Perdas Técnicas	Seção: 7.2	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 10 de 27
---	---------------	---------------	---------------------------------	---------------------

## **SEÇÃO 7.2 – METODOLOGIA DE CÁLCULO DAS PERDAS TÉCNICAS**

### **1 OBJETIVO**

- 1.1 Definir o período de realização do cálculo de perdas na distribuição e o método de cálculo de perdas técnicas empregado em cada segmento e equipamento do sistema de distribuição.
- 1.2 Estabelecer a forma de caracterização da carga para fins de aplicação do método de fluxo de potência.

### **2 PERÍODO DE APURAÇÃO DAS PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO**

- 2.1 O período de apuração das perdas na distribuição é anual e deve coincidir com o ano civil.
- 2.2 O cálculo de perdas na distribuição é realizado para cada mês do período de apuração.
  - 2.2.1 São obtidos três valores de perdas de energia considerando dias úteis, sábados, domingos e feriados.
- 2.3 O número de dias úteis, sábados, domingos e feriados são obtidos considerando o calendário nacional do ano de referência do cálculo.
  - 2.3.1 São considerados feriados para fins do cálculo das perdas aqueles constantes da alínea a, do inciso LVIII, do art 2º da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010

### **3 MÉTODO DE CÁLCULO**

- 3.1 As perdas de energia nas redes e nos equipamentos associados ao SDAT são apuradas por dados obtidos do sistema de medição.
- 3.2 As perdas de energia nas redes e equipamentos associados ao SDMT e ao SDBT são obtidas pela aplicação do método de fluxo de potência.
- 3.3 Para os medidores são computadas as perdas nas bobinas de tensão localizadas nas unidades consumidoras do grupo B.

### **4 PERDAS APURADAS POR SISTEMA DE MEDIÇÃO**

- 4.1 As perdas de energia no SDAT são apuradas pelos dados obtidos do sistema de medição, considerando a obrigatoriedade, de acordo com o disposto no item 5.1.1 da Seção 2.1 do Módulo 2 do PRODIST, da distribuidora possuir medição de modo a totalizar as perdas de energia no SDAT pela diferença entre a energia injetada e fornecida medidas na fronteira desse sistema com agentes de transmissão, geração, consumidores, outras distribuidoras e Subestações de Distribuição – SED.

Assunto: Metodologia de Cálculo das Perdas Técnicas	Seção: 7.2	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 11 de 27
---	---------------	---------------	---------------------------------	---------------------

- 4.2 O adicional de perdas técnicas de que trata o item 4.3 da Seção 7.1 deste Módulo não é aplicado às perdas apuradas por medição.

## 5 PERDAS EM TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

- 5.1 O cálculo das perdas técnicas de potência para os transformadores é realizado para a condição de carga média, de acordo com a expressão:

$$P_{TR} = (P_{fs} + P_{cu}) [MW]. \quad (1)$$

Onde:

$P_{TR}$ : perda de potência para a demanda média do transformador [MW];

$P_{fe}$ : perda no ferro ou em vazio do transformador [MW];

$P_{cu}$ : perda de potência para a demanda média no cobre do transformador [MW].

- 5.2 A perda de potência para a demanda média no cobre do transformador é calculada pela equação:

$$P_{cu} = \left( \frac{P_{med}}{P_{nom} \cdot \cos\varphi} \right)^2 \cdot P_{Ncu} [MW]. \quad (2)$$

Onde:

$P_{cu}$ : perda de potência para a demanda média no cobre do transformador em [MW];

$P_{Ncu}$ : perda no cobre do transformador na condição nominal de carga, sendo obtida pela diferença entre a perda total e a perda em vazio do transformador em [MW];

$P_{med}$ : potência média no transformador, obtida pela energia consumida pelos consumidores ligados ao transformador dividida pelo tempo em [MW];

$P_{nom}$ : potência nominal do transformador em [MVA];

$\cos\varphi$ : fator de potência, estabelecido em 0,92.

- 5.3 A perda de energia do transformador  $E_{TR}$  é obtida pela soma da perda de energia em vazio pelo período de tempo analisado  $\Delta T$  com a perda de energia ocorrida no cobre, calculada pela multiplicação da perda de potência para a demanda média no cobre pelo Coeficiente de Perdas –  $CP_T$  e pelo período de tempo analisado –  $\Delta T$ , conforme definido na expressão:

$$E_{TR} = \Delta T \cdot (P_{fs} + P_{cu} \cdot CP_T) [MWh]. \quad (3)$$

## 6 PERDAS APURADAS POR FLUXO DE POTÊNCIA

- 6.1 As perdas ocorridas no SDMT e no SDBT, onde estão incluídos os ramais de ligação, são calculadas através de método de fluxo de potência.

Assunto: Metodologia de Cálculo das Perdas Técnicas	Seção: 7.2	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 12 de 27
---	---------------	---------------	---------------------------------	---------------------

- 6.2 No método de fluxo de potência adotado, os elementos não-lineares, como geradores e alguns tipos de cargas, são considerados como equivalentes de Norton, com matriz de admitância nodal constante e uma corrente de compensação que ajusta a porção não-linear.
- 6.2.1 A matriz de admitância nodal é mantida constante para melhorar a eficiência na solução do problema.
- 6.2.2 A corrente de compensação é a corrente que é adicionada ao vetor de injeção de corrente e compõe as equações nodais do circuito.
- 6.3 Para proceder à solução do problema, um valor inicial de tensão é obtido pela solução do fluxo de potência desconectando todas as cargas do sistema e considerando apenas os elementos passivos ligados em série no circuito.
- 6.3.1 Por meio desse procedimento são obtidas as tensões em módulo e ângulo em todas as barras do circuito.
- 6.4 O próximo passo é iniciar o ciclo de iterações, em que são obtidas as correntes injetadas requeridas pelos elementos ativos conectados ao circuito, que são adicionadas ao vetor de injeção de corrente para, desta forma, solucionar o problema com a obtenção de novos valores de tensões nas barras do circuito.
- 6.5 Com a obtenção das tensões nas barras, o processo descrito no item anterior é reiniciado até que as tensões se encontrem dentro da tolerância especificada.
- 6.6 Caso a convergência não seja obtida com a aplicação do método anteriormente descrito, pode ser adotado outro método de solução para o cálculo de perdas nos segmentos de que trata este item.

## 7 PERDAS EM MEDIDORES

- 7.1 A perda de potência para o medidor de energia das unidades consumidoras do grupo B é calculada conforme a expressão:

$$P_M = K * P_C * 10^{-6} [MW]. \quad (4)$$

Onde:

$P_M$ : perda de potência no medidor [MW];

$P_C$ : perda por circuito de tensão do medidor [W];

$K$ : multiplicador da perda de potência do circuito de tensão do medidor cujo valor deve ser fixado em:

3 (três), para unidades consumidoras alimentadas em 3 fases e 4 fios;

2 (dois), para unidades consumidoras alimentadas em 2 fases e 3 fios e em 1 fase e 3 fios;

1 (um), para unidades consumidoras alimentadas em 1 fase e 2 fios.

Assunto: Metodologia de Cálculo das Perdas Técnicas	Seção: 7.2	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 13 de 27
---	---------------	---------------	---------------------------------	---------------------

7.2 A perda de energia para o medidor  $E_M$  é obtida pela multiplicação entre a perda de potência, obtida pela Equação 4, e o período de tempo analisado  $\Delta T$ .

$$E_M = P_M \cdot \Delta T [MWh]. \quad (5)$$

## 8 CARACTERIZAÇÃO DA CARGA

8.1 A distribuidora deve atribuir para cada unidade consumidora do SDMT e do SDBT uma curva de carga (consumidor-tipo) da tipologia que a representa, utilizando as informações de sua campanha de medição mais recente.

8.2 No procedimento descrito no item anterior, o percentual do mercado de energia anual, informado para fins do cálculo de perdas das unidades consumidoras atribuído a cada consumidor-tipo deve ser igual ao percentual do mercado de referência que esse consumidor-tipo representa na formação da tipologia.

8.2.1 Para o cálculo do percentual do referido mercado de energia de cada consumidor-tipo deve ser considerada a diferença de energia do mercado de referência observada entre dias úteis, sábado, domingos e feriados.

8.2.2 A curva de carga diária a ser considerada para cada unidade consumidora é composta de 24 patamares de carga.

8.2.1 Os 24 patamares da curva de carga são obtidos pela média aritmética, para cada hora, dos pontos de demanda obtidos de 15 em 15 minutos ou de 5 em 5 minutos.

Assunto: Procedimento de Cálculo	Seção: 7.3	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 14 de 27
-------------------------------------	---------------	---------------	---------------------------------	---------------------

## SEÇÃO 7.3 – PROCEDIMENTO DE CÁLCULO

### 1 OBJETIVO

- 1.1 Estabelecer o procedimento para o cálculo das perdas no sistema de distribuição considerando os métodos de cálculo utilizados para a obtenção das perdas de energia em cada segmento do sistema de distribuição.

### 2 PROCEDIMENTO DE CÁLCULO

- 2.1 A metodologia para o cálculo de perdas na distribuição emprega dois procedimentos distintos para a apuração das perdas.
  - 2.1.1 No SDAT as perdas de energia são obtidas pela subtração da energia injetada medida na fronteira do SDAT com o SDMT da energia medida nas SED utilizando o procedimento de cálculo denominado *Top-down*, em que a apuração das perdas é realizada a partir dos níveis de tensão mais elevados até a fronteira com o SDMT.
  - 2.1.2 Para o cálculo das perdas no SDMT e no SDBT é adotado o procedimento denominado *Bottom-up*, onde as perdas de energia são calculadas a partir da energia medida nos pontos de consumo acrescidas das perdas nos medidores com a utilização do método de fluxo de potência descrito no item 6 da Seção 7.2.

### 3 CÁLCULO DE PERDA DE ENERGIA NO SDAT

- 3.1 As perdas apuradas pelo sistema de medição de que trata o item 4 do Seção 7.2 devem ser discriminadas para os níveis de tensão dos subgrupos do SDAT (A1, A2 e A3) e para cada relação de transformação desse sistema.
- 3.2 Para fins de realizar o procedimento mencionado no item anterior, inicialmente é efetuado o cálculo das perdas em cada transformador de potência aplicando o método descrito no item 5 da Seção 7.2, e considerando as seguintes situações:
  - 3.2.1 Caso a distribuidora disponha de medição em cada um dos terminais do transformador pertencente ao SDAT ou no primário do transformador pertencente à SED, a perda desse equipamento não deve constar daquela informada pela distribuidora para as redes dos níveis de tensão dos subgrupos do SDAT.
  - 3.2.2 Caso a distribuidora disponha de medição em apenas um dos terminais do transformador pertencente ao SDAT ou somente no secundário do transformador pertencente à SED, a perda calculada para esse transformador será subtraída da perda das redes de um dos níveis de tensão em que se encontra conectado o transformador, considerando para isso a localização da medição (no primário ou no secundário do transformador).
  - 3.2.3 Caso a distribuidora não possua medição nos terminais do transformador pertencente ao SDAT, a perda calculada para esse transformador considerará a

Assunto: Procedimento de Cálculo	Seção: 7.3	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 15 de 27
-------------------------------------	---------------	---------------	---------------------------------	---------------------

estimativa de energia passante no equipamento e será subtraída da perda das redes de um dos níveis de tensão onde se encontra conectado o transformador.

#### **4 CÁLCULO DE PERDA DE ENERGIA NO SDMT E NO SDBT**

- 4.1 O cálculo de perda de energia é realizado para cada alimentador de média tensão considerando os transformadores de distribuição, segmentos de média e baixa tensão, ramais de ligação e medidores de energia associados ao alimentador.
- 4.2 As perdas de energia são calculadas através do método de fluxo de potência, conforme descrito no item 6 da Seção 7.2, e considera as perdas técnicas devido à presença de perdas não técnicas, conforme o procedimento a seguir:
- 4.2.1 Cálculo das perdas técnicas nos medidores de energia das unidades consumidoras do grupo B, conforme método descrito no item 7 da Seção 7.2.
- 4.2.2 Cálculo das perdas técnicas no SDMT e SDBT considerando apenas a energia medida nas unidades consumidoras conectadas aos referidos segmentos somadas às perdas de energia nos medidores.
- 4.2.3 Obtenção da perda não técnica pela diferença verificada entre a energia medida na saída do alimentador e a energia medida nas unidades consumidoras pertencentes ao SDMT e SDBT, adicionada das perdas de energia à jusante do alimentador.
- 4.2.4 Alocação da perda não técnica obtida no passo anterior entre o SDMT e SDBT na proporção informada pela distribuidora no balanço energético, acrescentando essa energia às energias medidas nas unidades consumidoras de cada segmento proporcionalmente ao consumo.
- 4.2.5 Recálculo da perda técnica no SDMT e SDBT utilizando o método de cálculo descrito no item 4.2.2 desta Seção.
- 4.2.6 Repetir o procedimento até que as perdas técnicas calculadas entre duas iterações sejam desprezíveis.
- 4.3 Na ausência de medição na saída do alimentador ou se essa medição não estiver de acordo com os requisitos mínimos exigidos no item 5.1.1.2 da Seção 2.1 do Módulo 2 do PRODIST, a distribuidora deve informar a energia dos alimentadores com base na energia medida na SED, considerando o carregamento de cada circuito.
- 4.4 São adotadas as perdas de energia apuradas pelas distribuidoras, após avaliação pela ANEEL, nas situações em que o alimentador do SDMT:
- i. possuir geração distribuída com potência injetada significativa em relação às cargas alimentadas pelo circuito;
  - ii. apresentar característica de subtransmissão interligando SED;
  - iii. suprir simultaneamente o mesmo transformador de distribuição – *Spot Network*; e

Assunto: Procedimento de Cálculo	Seção: 7.3	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 16 de 27
-------------------------------------	---------------	---------------	---------------------------------	---------------------

- iv. possuir redes subterrâneas reticuladas associadas.

Assunto: Indicadores de Perdas	Seção: 7.4	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 17 de 27
-----------------------------------	---------------	---------------	---------------------------------	---------------------

## SEÇÃO 7.4 INDICADORES DE PERDAS

### 1 OBJETIVO

1.2 Definir os indicadores de perdas obtidos do cálculo de perdas na distribuição.

### 2 INFORMAÇÕES PARA O CÁLCULO DOS INDICADORES DE PERDAS

2.2 Para obtenção de indicadores de perdas que auxiliem na avaliação do sistema da distribuidora, são necessárias informações dos montantes de energia informados pelas distribuidoras e das perdas calculadas pela metodologia definida neste Módulo em megawatt-hora (MWh), definidos a seguir:

Energia Injetada - EI: energia ativa medida proveniente de agentes supridores (transmissores, outras distribuidoras e geradores) e da geração própria necessária para atendimento do mercado da distribuidora e das perdas ocorridas no sistema de distribuição;

Energia Fornecida - EF: energia ativa entregue medida ou estimada, nos casos previstos pela legislação, a outras distribuidoras, às unidades consumidoras cativas e livres, mais o consumo próprio;

Energia Passante - EP: total de energia ativa que transita em cada segmento do sistema de distribuição;

Perdas na Distribuição - PD: corresponde à diferença entre a Energia Injetada e a Energia Fornecida;

Perda Técnicas - PT: corresponde à energia dissipada no sistema de distribuição devido a fenômenos da física;

Perda Técnicas do Segmento - PTS: perdas técnicas em cada segmento do sistema de distribuição; e

Perda Não Técnicas - PNT: corresponde à diferença entre as Perdas na Distribuição e as Perdas Técnicas.

2.3 A partir dos montantes de energia elétrica listados no item anterior são obtidos os indicadores de perdas definidos a seguir:

Percentual de Perda Técnicas do Segmento – IPTS: percentual de perdas técnicas em relação à energia que transita em cada segmento:

$$IPTS_{(i)} = \frac{PTS_{(i)}}{EP_{(i)}} * 100 [\%]. \quad (1)$$

Onde  $i$  corresponde um segmento do sistema de distribuição.

Assunto: Indicadores de Perdas	Seção: 7.4	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 18 de 27
-----------------------------------	---------------	---------------	---------------------------------	---------------------

Percentual de Perdas Técnicas – PPT: percentual de perdas técnicas em relação à energia injetada:

$$PPT = \frac{PT}{EI} * 100 [\%]. \quad (2)$$

Percentual de Perdas na Distribuição – PPD: percentual de perdas totais em relação à energia injetada:

$$PPD = \left(1 - \frac{EF}{EI}\right) * 100 [\%]. \quad (3)$$

Percentual de Perdas Não Técnicas – PPNT: percentual de perdas não técnicas em relação à energia injetada:

$$PPNT = PPD - PPT [\%] \quad (4)$$

Assunto: Premissas para o Cálculo de Perdas na Distribuição das Permissionárias	Seção: 7.5	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 19 de 27
---	---------------	---------------	---------------------------------	---------------------

### **SEÇÃO 7.5 – PREMISSAS PARA O CÁLCULO DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO DAS PERMISSIONÁRIAS**

1. É aplicada às permissionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica a metodologia e os procedimentos para obtenção dos dados necessários para apuração das perdas dos sistemas de distribuição de energia elétrica constantes deste Módulo.
2. O resultado da aplicação desta metodologia será avaliado pela ANEEL, considerando-se as especificidades de cada permissionária e os resultados obtidos dos cálculos realizados para outras distribuidoras.
3. Serão utilizados os dados obtidos da campanha de medição da distribuidora supridora para fins de cálculo do Coeficiente de Perdas das permissionárias.
  - 3.1 Na hipótese da permissionária possuir mais de uma distribuidora supridora, serão utilizados os dados da campanha de medição da distribuidora com a qual a permissionária possuir o maior montante de energia fornecida medida.
  - 3.2 Alternativamente, a permissionária poderá enviar o Coeficiente de Variação dos segmentos de seu sistema de distribuição, de acordo com o estabelecido no Módulo 6.

Assunto: Disposições Transitórias	Seção: 7.6	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 20 de 27
--------------------------------------	---------------	---------------	---------------------------------	---------------------

### **SEÇÃO 7.6 – DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS**

1. Enquanto os dados recebidos da Base de Dados Geográfica da Distribuidora – BDGD não estiverem atualizados para contemplar as disposições deste Módulo, as informações serão solicitadas em padrão específico.

Assunto: Valores Regulatórios de Perdas dos Transformadores de Distribuição	Seção: Anexo I	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 21 de 27
--	-------------------	---------------	---------------------------------	---------------------

## **ANEXO I – VALORES REGULATÓRIOS DE PERDAS DOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO**

Nas Tabelas I a VI constam os valores regulatórios de perdas totais e em vazio dos transformadores de distribuição de acordo com as tensões primárias.

Tabela I: Valores de perdas para transformadores trifásicos com tensões máximas de 15 kV.

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
15	85	410
30	150	695
45	195	945
75	295	1395
112,5	390	1890
150	485	2335
225	650	3260
300	810	4060

Tabela II: Valores de perdas para transformadores trifásicos com tensões máximas de 24,2 kV.

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
15	95	470
30	160	790
45	215	1055
75	315	1550
112,5	425	2085
150	520	2610
225	725	3605
300	850	4400

Tabela III: Valores de perdas para transformadores trifásicos com tensões máximas de 36,2 kV.

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
15	100	460
30	165	775
45	230	1075
75	320	1580
112,5	440	2055
150	540	2640
225	750	3600
300	900	4450

Assunto: Valores Regulatórios de Perdas dos Transformadores de Distribuição	Seção: Anexo I	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 22 de 27
--	-------------------	---------------	---------------------------------	---------------------

Tabela IV: Valores de perdas para transformadores monofásicos com tensões máximas de 15 kV.

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
5	35	140
10	50	245
15	65	330
25	90	480
37,5	135	665
50	165	780
75	205	1110
100	255	1445

Tabela V: Valores de perdas para transformadores monofásicos com tensões máximas de 24,2 kV.

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
5	40	155
10	55	265
15	75	365
25	100	520
37,5	145	740
50	190	925
75	225	1210
100	275	1495

Tabela VI: Valores de perdas para transformadores monofásicos com tensões máximas de 36,2 kV.

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
5	45	160
10	60	270
15	80	380
25	105	545
37,5	150	740
50	200	935
75	240	1225
100	280	1480

Nas Tabelas VII a XII constam os valores regulatórios de perdas totais e a vazio dos transformadores de distribuição de acordo com as tensões primárias a serem adotados após quatro anos da publicação deste Módulo.

Tabela VII: Valores de perdas para transformadores trifásicos com tensões máximas de 15 kV.

Assunto: Valores Regulatórios de Perdas dos Transformadores de Distribuição	Seção: Anexo I	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 23 de 27
--	-------------------	---------------	---------------------------------	---------------------

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
15	75	370
30	130	630
45	170	855
75	255	1260
112,5	335	1705
150	420	2110
225	560	2945
300	700	3670

Tabela VIII: Valores de perdas para transformadores trifásicos com tensões máximas de 24,2 kV.

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
15	80	390
30	140	665
45	185	910
75	270	1345
112,5	370	1785
150	450	2250
225	625	3095
300	735	3845

Tabela IX: Valores de perdas para transformadores trifásicos com tensões máximas de 36,2 kV.

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
15	90	420
30	145	700
45	200	970
75	280	1430
112,5	385	1860
150	475	2395
225	655	3260
300	790	4035

Tabela X: Valores de perdas para transformadores monofásicos com tensões máximas de 15 kV.

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
5	30	125
10	45	225
15	60	300

Assunto: Valores Regulatórios de Perdas dos Transformadores de Distribuição	Seção: Anexo I	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 24 de 27
--	-------------------	---------------	---------------------------------	---------------------

25	80	435
37,5	120	605
50	150	710
75	185	1010
100	230	1315

Tabela XI: Valores de perdas para transformadores monofásicos com tensões máximas de 24,2 kV.

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
5	35	140
10	50	240
15	70	335
25	90	475
37,5	130	660
50	170	845
75	205	1105
100	250	1355

Tabela XII: Valores de perdas para transformadores monofásicos com tensões máximas de 36,2 kV.

Potência do transformador KVA	Perda em vazio	Perda Total
	W	W
5	40	145
10	55	250
15	75	350
25	95	500
37,5	135	680
50	180	860
75	220	1130
100	255	1375

Assunto: Valores Regulatórios de Impedância dos Condutores do Sistema de Distribuição	Seção: Anexo II	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 25 de 28
---	--------------------	---------------	---------------------------------	---------------------

## **ANEXO II – VALORES REGULATÓRIOS DE RESISTÊNCIA DOS CABOS DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO**

Na Tabela I se encontram listados os cabos com suas respectivas resistências, que as distribuidoras deverão observar quando do envio das informações para o cálculo de perdas na distribuição de que trata esse Módulo.

Tabela I: Valores de resistência dos cabos de alumínio (CA e CAA).

Cabo	Resistência 55 °C (ohms/km)
6 AWG	2,469
4 AWG	1,551
3 AWG	1,229
2 AWG	0,975
1 AWG	0,774
1/0 AWG	0,613
2/0 AWG	0,486
3/0 AWG	0,386
4/0 AWG	0,306
250 MCM	0,259
266,8 MCM	0,245
300 MCM	0,217
336,4 MCM	0,195
350 MCM	0,185
397,5 MCM	0,165
450 MCM	0,145
477 MCM	0,138
500 MCM	0,131
556,5 MCM	0,119

Tabela II: Valores de resistência dos cabos de alumínio cobertos e isolados.

Cabo	Resistência 55 °C (ohms/km)
10 mm <sup>2</sup>	3,514
16 mm <sup>2</sup>	2,179
25 mm <sup>2</sup>	1,369
35 mm <sup>2</sup>	0,991
50 mm <sup>2</sup>	0,732
70 mm <sup>2</sup>	0,506
95 mm <sup>2</sup>	0,365
120 mm <sup>2</sup>	0,289
150 mm <sup>2</sup>	0,236
185 mm <sup>2</sup>	0,188
240 mm <sup>2</sup>	0,143
300 mm <sup>2</sup>	0,115

Assunto: Valores Regulatórios de Impedância dos Condutores do Sistema de Distribuição	Seção: Anexo II	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 26 de 28
---	--------------------	---------------	---------------------------------	---------------------

Tabela III: Valores de resistência dos cabos de cobre métricos.

Cabo	Resistência 55 °C (ohms/km)
0,5 mm <sup>2</sup>	40,952
0,75 mm <sup>2</sup>	27,870
1 mm <sup>2</sup>	20,590
1,5 mm <sup>2</sup>	13,764
2,5 mm <sup>2</sup>	8,429
4 mm <sup>2</sup>	5,244
6 mm <sup>2</sup>	3,504
10 mm <sup>2</sup>	2,082
16 mm <sup>2</sup>	1,308
25 mm <sup>2</sup>	0,827
35 mm <sup>2</sup>	0,596
50 mm <sup>2</sup>	0,441
70 mm <sup>2</sup>	0,305
95 mm <sup>2</sup>	0,220
120 mm <sup>2</sup>	0,175
150 mm <sup>2</sup>	0,142
185 mm <sup>2</sup>	0,114
240 mm <sup>2</sup>	0,087
300 mm <sup>2</sup>	0,070
400 mm <sup>2</sup>	0,056
500 mm <sup>2</sup>	0,044
630 mm <sup>2</sup>	0,036
800 mm <sup>2</sup>	0,029
1000 mm <sup>2</sup>	0,025
1200 mm <sup>2</sup>	0,022
1400 mm <sup>2</sup>	0,020
1600 mm <sup>2</sup>	0,019
1800 mm <sup>2</sup>	0,017
2000 mm <sup>2</sup>	0,016

Tabela IV: Valores de resistência dos cabos de cobre.

Cabo	Resistência 55 °C (ohms/km)
10 AWG	3,754
9 AWG	2,958
8 AWG	2,389
7 AWG	1,820
6 AWG	1,564
5 AWG	1,138
4 AWG	0,984
3 AWG	0,780
2 AWG	0,620
1 AWG	0,491
1/0 AWG	0,389

Assunto: Valores Regulatórios de Impedância dos Condutores do Sistema de Distribuição	Seção: Anexo II	Revisão: 4	Data de Vigência: 15/04/2015	Página: 27 de 28
---	--------------------	---------------	---------------------------------	---------------------

2/0 AWG	0,308
3/0 AWG	0,245
4/0 AWG	0,195

Tabela V: Valores de resistência dos cabos de aço zincado.

Cabo	Resistência 55 °C (ohms/km)
1 x 3,09 mm	29,142
3 x 2,25 mm	18,325
5 x 6 mm	11,411

Tabela VI: Valores de resistência dos cabos de aço aluminizado.

Cabo	Resistência 55 °C (ohms/km)
7 x 9 AWG	2,100
7 x 8 AWG	1,673
7 x 7 AWG	1,320
7 x 6 AWG	1,047
7 x 5 AWG	0,833
7 x 10 AWG	2,651
3 x 9 AWG	4,873
3 x 8 AWG	3,883
3 x 7 AWG	3,064
3 x 6 AWG	2,432
3 x 5 AWG	1,934
3 x 10 AWG	6,153