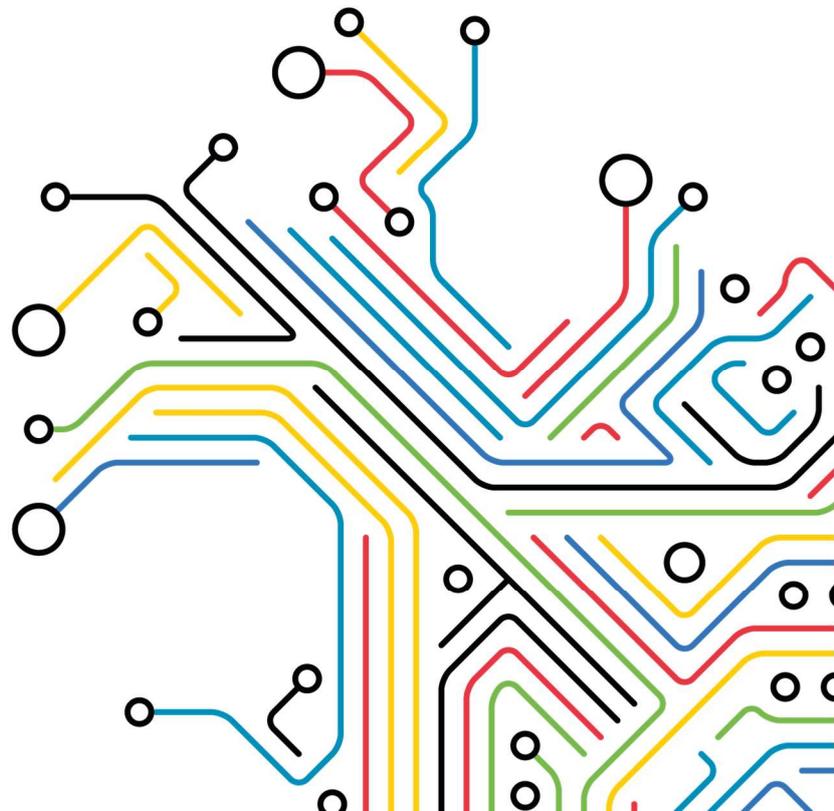




Determinação de Perfis de Perdas a partir dos de Fatores de Ajustamento para Perdas aprovados para 2025

Relatório

Dezembro 2024





Controlo Documental

Identificação Documento

| | |
|------------------|---|
| Nome Projeto | Perfis Perdas 2025 |
| Ordem Interna | PG06503 |
| Título Documento | Determinação de Perfis de Perdas a partir dos de Fatores de Ajustamento para Perdas aprovados para 2025 |
| Nome do Ficheiro | Relatório Perfis Perdas FA 2025 Dezembro v3 |

Controlo Versões

| Edição | Revisão | Data | Descrição | Revisor |
|-----------|---------|------------|--------------|-----------------|
| Versão v1 | | 17.12.2024 | Base | J. Nuno Fidalgo |
| Versão v2 | | 19.12.2024 | revisão | J. Rui Ferreira |
| Versão v3 | | 23.12.2024 | atualizações | J. Nuno Fidalgo |

Responsável pelo Documento

| Nome | Contacto |
|-----------------|----------------------|
| J. Nuno Fidalgo | jfidalgo@inesctec.pt |
| J. Rui Ferreira | jrf@fe.up.pt |

Lista de Distribuição

| Entidade | Nome |
|----------|---------------------------|
| E-REDES | Sérgio Ferreira Gonçalves |



Índice

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Enquadramento e Objetivos | 4 |
| 2 | Metodologia | 4 |
| 2.1 | Determinação de perfis de perdas | 4 |
| 2.2 | Determinação de perfis de perdas a partir dos fatores de ajustamento para perdas | 7 |
| 2.3 | Estimação das perdas globais | 8 |
| 3 | Parâmetros gerais usados no estudo | 8 |
| 4 | Resultados | 10 |
| 4.1 | Perfis de perdas | 10 |
| 4.2 | Estimação das perdas globais | 10 |
| 5 | Síntese e conclusões | 11 |
| 6 | Referências | 12 |
| 7 | Anexo A – Perfis de perdas | 13 |

1 Enquadramento e Objetivos

O presente relatório diz respeito à determinação dos perfis de perdas de 2025, decorrente da atualização dos perfis de consumo BTN e IP e da revisão das projeções de evolução da produção distribuída por nível de tensão. A metodologia aplicada para determinar os fatores de ajustamento para perdas para 2025 encontra-se descrita em [1].

O presente relatório apresenta os resultados da aplicação da metodologia (diretiva ERSE N.º 19/2023) para determinação de perfis de perdas a partir dos fatores de ajustamento para perdas determinados em [1], considerando simultaneamente as atualizações referidas.

2 Metodologia

2.1 Determinação de perfis de perdas

A determinação dos perfis de perdas, a partir dos perfis de consumo e dos valores típicos de perdas por nível de tensão, é realizada com base nos seguintes passos principais:

1. Estimação dos diagramas médios representativos de cada tipo de consumidor para o ano em causa;
2. Agregação de consumos segundo o nível de tensão (BT, MT e AT) e determinação dos perfis anuais de consumo, considerando naturalmente a sua adaptação ao calendário do ano em causa. Na BT, serão considerados separadamente os perfis de consumo BTN, BTE e IP;
3. Determinação de perfis de consumo adaptados ao calendário do ano em causa, a partir de diagramas típicos mensais (dia útil, Sábado e Domingo). Substituição do perfil de consumo em dias feriados pelo perfil do Domingo do mês correspondente;
4. Determinação de um perfil único para o nível BT (necessário para realizar o cálculo das perdas), tendo em consideração a representatividade de cada grupo (consumo associado a cada perfil) no universo da BT. Segundo requisito da ERSE, deve existir um perfil de perdas único para toda a BT, a ser aplicado a todos os consumidores BT, independentemente do perfil de consumo a que pertencem;
5. Classificação de cada intervalo (15 min) do ano segundo o tipo de período horário (Pontas, Cheias, Vazio ou Super-vazio);
6. A determinação dos perfis de perdas MAT e AT/RNT é realizada pela REN [6][7];
7. Determinação dos perfis de perdas a partir dos perfis de consumo, das perdas base e do balanço de energia estimado. Para cada nível de tensão, as perdas serão distribuídas, pelo diagrama global anual respetivo, proporcionalmente ao quadrado do consumo quarto-horário de acordo com (1).

$$p(h) = \frac{E^2(h)}{\sum_{m,d,h} E^2(h)} \cdot p_b \cdot \sum_{m,d,h} E(h) \quad (1)$$

Nesta expressão:

$p(h)$ – perdas (MWh) atribuídas ao intervalo h (15 min);

p_b – perdas de referência (%) consideradas no nível de tensão em análise;

$E(h)$ – consumo (MWh) no intervalo h ;

Note-se que $\sum_{m,d,h} E(h)$ representa o consumo total do diagrama sob análise e o produto $p_b \cdot \sum_{m,d,h} E(h)$ representa as perdas totais (MWh) que serão distribuídas em cada intervalo quarto-horário do diagrama tendo em conta a proporção $\frac{E^2(h)}{\sum_{m,d,h} E^2(h)}$.

No nível BT, $E(h)$ engloba todos os consumidores dos tipos BTN, BTE e IP. No nível MT, $E(h)$ agrupa todos os consumidores MT, bem como os consumos BT afetados das respetivas perdas. No nível AT, $E(h)$ inclui os consumidores do tipo AT e os consumos MT e BT afetados das respetivas perdas.

Finalmente, para cada nível de tensão, os perfis de perdas são dados pelo quociente entre as perdas e o consumo em cada intervalo de 15 min, tendo em conta a expressão (2).

$$Pf_p(h) = \frac{p(h)}{E(h)} \quad (2)$$

Nesta expressão $Pf_p(h)$ representa o perfil de perdas no intervalo h .

Nos perfis de perdas, os valores em cada intervalo de 15 min indicam a percentagem do consumo a associar a cada tipo de consumidor, de modo avaliar a energia necessária para suprir a carga em questão incluindo as perdas associadas a esse nível de tensão. Assim, assumindo a referência MAT, obtêm-se as expressões seguintes:

$$E_e^{MAT}(h) = E_c^{MAT}(h) \cdot (1 + Pf_p^{MAT}(h)) \quad (3)$$

$$E_e^{AT}(h) = E_c^{AT}(h) \cdot (1 + Pf_p^{AT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{AT/RNT}(h)) \quad (4)$$

$$E_e^{MT}(h) = E_c^{MT}(h) \cdot (1 + Pf_p^{MT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{AT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{AT/RNT}(h)) \quad (5)$$

$$E_e^{BT}(h) = E_c^{BT}(h) \cdot (1 + Pf_p^{BT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{MT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{AT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{AT/RNT}(h)) \quad (6)$$

em que:

$E_e^{MAT}(h)$ – Energia a injetar na MAT, necessária para alimentar a carga $E_c^{MAT}(h)$, no intervalo h^1 ;

$E_e^{AT}(h)$ – Energia a injetar na MAT, necessária para alimentar a carga $E_c^{AT}(h)$, no intervalo h ;

$E_e^{MT}(h)$ – Energia a injetar na MAT, necessária para alimentar a carga $E_c^{MT}(h)$, no intervalo h ;

$E_e^{BT}(h)$ – Energia a injetar na MAT, necessária para alimentar a carga $E_c^{BT}(h)$, no intervalo h ;

$Pf_p^{MAT}(h)$ - Perfil de perdas MAT no intervalo h (para consumidores MAT) – representa as perdas na rede MAT²;

$Pf_p^{AT/RNT}(h)$ - Perfil de perdas MAT no intervalo h (para consumidores AT, MT e BT) – representa as perdas nos transformadores MAT/AT;

$Pf_p^{AT}(h)$ - Perfil de perdas AT no intervalo h ;

¹ Os perfis de perdas encontram-se definidos numa base de 15 min. Nestas expressões, h representa qualquer destes intervalos.

² Os perfis Pf_p^{MAT} e $Pf_p^{AT/RNT}$ são propostos pela REN.

$Pf_p^{MT}(h)$ - Perfil de perdas MT no intervalo h ;

$Pf_p^{BT}(h)$ - Perfil de perdas BT no intervalo h ;

2.1.1 Inclusão de um termo de perdas fixas

Alguns equipamentos do sistema elétrico de energia apresentam consumos que são independentes do nível de consumo da rede pelo que se podem assumir como constantes. Estão nestas condições as perdas no ferro dos transformadores e o consumo dos equipamentos de contagem e dos fusíveis.

A partir da estimativa do montante de perdas fixas (p_{fixa} , em MWh) fornecida pelo ORD, e das perdas globais $p_b \cdot \sum_{m,d,h} E(h)$, determina-se a parte variável das perdas p_{var} utilizando (7).

$$p_{var} = p_b \cdot \sum_{m,d,h} E(h) - p_{fixa} \quad (7)$$

A componente quarto-horária das perdas fixas obtém-se, dividindo o total de perdas fixas pelo número de intervalos a considerar: 35040, para anos comuns e 35136 para ano bissexto. Por exemplo para 2024 (ano bissexto) seria:

$$p_{fixa}(h) = p_{fixa} / 35136 \quad (8)$$

A fase seguinte consiste na distribuição quadrática da componente variável das perdas (p_{var}), seguindo o mesmo processo descrito na secção anterior.

$$p_{var}(h) = \frac{E^2(h)}{\sum_{m,d,h} E^2(h)} \cdot p_{var} \quad (9)$$

As perdas totais em cada intervalo obtêm-se pela adição das duas componentes (10).

$$p(h) = p_{fixa}(h) + p_{var}(h) \quad (10)$$

Finalmente, para cada nível de tensão, os perfis de perdas são dados pelo quociente entre as perdas e o consumo em cada intervalo de 15 min:

$$Pf_p(h) = \frac{p(h)}{E(h)} \quad (11)$$

em que $Pf_p(h)$ representa o perfil de perdas no intervalo h .

2.1.2 Inclusão do efeito da produção distribuída

A produção distribuída (PD) instalada no sistema tem aumentado e espera-se que continue a crescer, o que terá o efeito de alterar os trânsitos de energia na rede de distribuição, caracterizados em termos médios pelos perfis de consumo. Nesta abordagem, o impacto da produção distribuída considera-se a partir das alterações que provoca nestes perfis.

Pressupostos considerados na metodologia:

- Estando a maioria da PD na AT ligada diretamente às subestações MAT/AT, o seu efeito predominante será na MAT, o que é irrelevante para a caracterização dos diagramas de consumo típicos da distribuição.
- Os maiores produtores MT estão ligados nas subestações AT/MT. Assim, o efeito da PD MT deverá ser contabilizado na AT.

- A PD BT encontra-se tipicamente nos locais de consumo, pelo que o seu efeito deverá ser contabilizado nos perfis da BT considerando valores líquidos entre consumo e produção ao nível dos consumos.

Nestas condições, a inclusão do efeito da PD pode ser efetiva a partir dos passos:

1. Determinação dos perfis típicos da PD por nível de tensão.
2. Determinação do diagrama de carga por nível de tensão.
3. Subtração do diagrama da PD ao diagrama de carga respetivo. No caso da BT, o diagrama da microprodução será subtraído ao diagrama de consumo da BT.
4. Os novos diagramas de consumo serão depois utilizados tal como os originais.

2.2 Determinação de perfis de perdas a partir dos fatores de ajustamento para perdas

A metodologia aqui apresentada para determinação de perfis de perdas foi aprovada pela ERSE [5].

A construção dos perfis de perdas a partir dos fatores de ajustamento para perdas é realizada através dos seguintes passos:

1. Com base nos fatores de ajustamento aprovados pela ERSE e na previsão de consumos por nível de tensão, estimar as perdas por nível de tensão e por período horário:

$$p^{BT}(ph) = fp^{BT}(ph) \cdot E_c^{BT}(ph) \quad (16)$$

$$p^{MT}(ph) = fp^{MT}(ph) \cdot E_s^{MT}(ph) \quad (17)$$

$$E_s^{MT}(ph) = E_c^{MT}(ph) + E_c^{BT}(ph) \cdot (1 + fp^{BT}(ph)) \quad (18)$$

$$p^{AT}(ph) = fp^{AT}(ph) \cdot E_s^{AT}(ph) \quad (19)$$

$$E_s^{AT}(ph) = E_c^{AT}(ph) + E_s^{MT}(ph) \cdot (1 + fp^{MT}(ph)) \quad (20)$$

em que:

ph – período horário (Ponta, Cheia, Vazio ou Super-Vazio)

$p^{BT}(ph)$ – Perdas na BT no período horário ph

$fp^{BT}(ph)$ – Fator de ajustamento para perdas da BT no período horário ph

$E_c^{BT}(ph)$ – Consumo BT no período horário ph

$p^{MT}(ph)$ – Perdas na MT no período horário ph

$fp^{MT}(ph)$ – Fator de ajustamento para perdas da MT no período horário ph

$E_s^{MT}(ph)$ – Energia de saída da MT no período horário ph. Corresponde ao consumo MT adicionado do consumo BT afetado de perdas (tal como especifica a eq. (18))

$E_c^{MT}(ph)$ – Consumo MT no período horário ph

$fp^{AT}(ph)$ – Fator de ajustamento para perdas da AT no período horário ph

$E_s^{AT}(ph)$ – Energia de saída da AT no período horário ph. Corresponde ao consumo AT adicionado da energia de saída da MT afetada de perdas (tal como especifica a eq. (20))

$E_c^{AT}(ph)$ – Consumo AT no período horário ph

2. Para cada nível de tensão e para cada período horário, as perdas serão distribuídas pelo período horário respectivo, proporcionalmente ao quadrado do consumo quarto-horário de acordo com (21).

$$p(h) = \frac{E^2(h)}{\sum_{ph} E^2(h)} \cdot p^{NT}(ph) \quad (21)$$

Nesta expressão:

$p(h)$ – perdas (MWh) atribuídas ao intervalo h (15 min)

$E(h)$ – consumo (MWh) no intervalo h

$p^{NT}(ph)$ – Perdas no nível de tensão NT no período horário ph

Note-se que a expressão (21) é semelhante à expressão (1), no sentido em que ambas utilizam o princípio da distribuição quadrática. No entanto, em (1), a distribuição das perdas é realizada para todo o diagrama de consumo de cada nível de tensão, enquanto em (21) esta distribuição é realizada por cada período horário.

Finalmente, para cada nível de tensão, os perfis de perdas são dados pelo quociente entre as perdas e o consumo em cada intervalo de 15 min, tendo em conta a expressão (22).

$$Pf_p(h) = \frac{p(h)}{E(h)} \quad (22)$$

Desta forma assegura-se a consistência entre os perfis de perdas e os fatores de ajustamento aprovados.

2.3 Estimação das perdas globais

A estimativa das perdas globais na rede de distribuição será realizada com base no balanço energético previsional para 2024, em conjugação com a informação relativa aos perfis dos consumidores e respetivos perfis de perdas. Esta abordagem incluirá as seguintes fases principais:

1. Construção dos diagramas perfilados de cada tipo de consumidor (AT, MT, BTE, BTN e IP). Esta construção é realizada distribuindo a energia anual associada a cada tipo de consumidor de acordo com o respetivo perfil;
2. Afetação de perdas associando cada diagrama perfilado ao correspondente perfil de perdas, e obtendo o diagrama da energia que seria necessário introduzir em MAT para suprir a carga em questão e as perdas associadas;
3. Agregação da energia total dos diagramas perfilados;
4. Agregação da energia total dos diagramas perfilados afetados das perdas;
5. Cálculo das perdas globais, que resultam da diferença entre os valores obtidos nos dois pontos anteriores.

3 Parâmetros gerais usados no estudo

Esta secção apresenta os parâmetros gerais utilizados no presente estudo, sendo destacados, naturalmente, os fatores de ajustamento para perdas, a partir dos quais serão determinados os perfis de perdas correspondentes.

A Tabela 3-1 apresenta os valores do balanço previsual considerado para 2025.

Tabela 3-1 – Dados do balanço energético previsual utilizados no estudo

| Tipo | E (GWh) |
|-------|---------|
| MAT | 2471 |
| AT | 6848 |
| MT | 15029 |
| BTE | 3354 |
| BTN | 18781 |
| IP | 740 |
| Total | 47223 |

A Tabela 3-2 apresenta as previsões de produção distribuída para 2025.

Tabela 3-2 – Produção distribuída esperada em 2025 (GWh)

| AT | MT | BT |
|-------|------|-----|
| 16761 | 7102 | 814 |

Os fatores de ajustamento para perdas considerados neste estudo encontram-se transcritos na Tabela 3-3:

Tabela 3-3 – Fatores de ajustamento para perdas considerados para 2025

| | Ponta | Cheia | Vazio | Super vazio |
|-------------------|-------|-------|-------|-------------|
| γ_{MAT} | 1.61% | 1.50% | 1.64% | 1.48% |
| $\gamma_{AT/RNT}$ | 2.11% | 2.00% | 2.14% | 1.98% |
| γ_{AT} | 1.67% | 1.56% | 1.26% | 1.14% |
| γ_{MT} | 4.73% | 4.35% | 3.49% | 3.07% |
| γ_{BT} | 9.65% | 8.97% | 8.27% | 6.52% |

4 Resultados

Os resultados apresentados nesta secção dizem respeito à nova versão dos perfis de perdas, resultante da aplicação da metodologia descrita no capítulo 2.

4.1 Perfis de perdas

A figura seguinte apresenta, a título ilustrativo, os perfis de perdas para março e setembro.

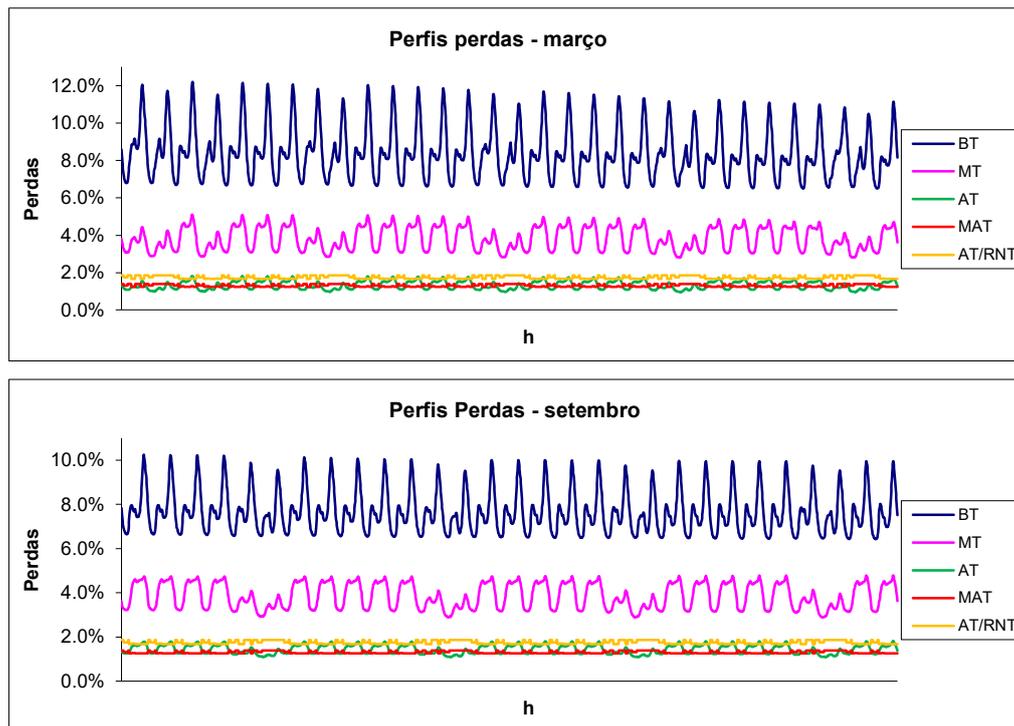


Figura 4.1 – Perfis de perdas (ilustração)

4.2 Estimação das perdas globais

A estimativa das perdas globais encontra-se sintetizada na Tabela 4-1 a qual também inclui os montantes previstos em termos de Energia de Saída (consumo), Energia de Entrada (consumo adicionado das perdas).

Tabela 4-1 – Perdas globais estimadas

| Referências anteriores | Energia saída (GWh) | Energia entrada (GWh) | Perdas (%) |
|------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------|
| MAT | 47223 | 52543 | 11.27% |
| AT | 44752 | 49015 | 9.53% |
| Nova referência | Entrada na rede de distribuição | | 8.70% |



5 Síntese e conclusões

Este relatório descreve os estudos desenvolvidos para responder aos seguintes objetivos fundamentais:

- Obtenção de perfis de perdas a partir dos fatores de ajustamento para perdas;
- Estimação das perdas globais como meio elementar de validação dos perfis obtidos. As perdas foram calculadas com base, por um lado, nos perfis de perdas determinados e, por outro lado, com base nos fatores de ajustamento para perdas;

Os valores globais esperados das perdas resultaram em 9.53% para a referência AT, 11.27% para a referência MAT e 8.70% para a nova referência de perdas (Energia de entrada na AT).



6 Referências

- [1] J. Nuno Fidalgo, José Rui Ferreira, “Determinação de perfis de perdas e de fatores de ajustamento para perdas para 2025”, Relatório intercalar, Centro de Sistemas de Energia – INESC TEC, julho de 2024.
- [2] INESC TEC, “Revisão do processo de determinação dos Perfis de Perdas”, Referência: PP2022-0156, Porto, maio de 2022.
- [3] J. Nuno Fidalgo, João Paulo Saraiva, “Determinação de Perfis de Perdas a partir dos de Fatores de Ajustamento para Perdas aprovados para 2024”, INESC TEC, Relatório técnico, Projeto Perfis_PerdasFA, novembro 2023.
- [4] J. Nuno Fidalgo, João Paulo Saraiva, “Metodologia para determinação de Perfis de Perdas e de Fatores de Ajustamento para Perdas”, INESC TEC, Relatório técnico, Projeto Perfis_PerdasFA, setembro 2023.
- [5] ERSE, Diretiva N.º 19/2023, “Metodologia de construção de perfis de perdas nas redes de distribuição no setor elétrico”, dezembro 2023.
- [6] REN – REDE ELÉTRICA NACIONAL, “Perfis de perdas na Rede de Transporte a vigorar no ano 2025”, dezembro 2025
- [7] REN – REDE ELÉTRICA NACIONAL, “Perfis de Perdas RNT 2025.xlsx”, documento Excel com os perfis de perdas AT/RNT e MAT, dezembro 2025.



7 Anexo A – Perfis de perdas

Este anexo foi disponibilizado em suporte eletrónico.