

---

# **MODELO REGULATÓRIO ADEQUADO PARA IMPLANTAÇÃO DA MINI E MICRO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA**

---

## **ANEXO III**

### **IMPACTO DA INSERÇÃO DA MICROGERAÇÃO NAS CURVAS DE CARGA DOS CLIENTES E NA REDE DA CEMIG D**

**PROJETO ANEEL DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**

**P&D 04950-0586/2018**

**CEMIG DISTRIBUIÇÃO – CEMIG D**

---

julho de 2020

## Sumário

1. Introdução .....	3
2. Metodologia.....	5
3. Efeito nos Transformadores MT/BT Urbanos.....	9
3.1. Inserção de Mico GD Local .....	9
3.2. Inserção de Micro GD Local + Remota.....	13
4. Efeito nas Redes MT.....	16
4.1. Inserção de Mico GD Local .....	16
4.2. Inserção de Micro GD Local + Remota.....	19
5. Efeito nas Redes A2 .....	21
5.1. Inserção de Mico GD Local .....	21
5.2. Inserção de Micro GD Local + Remota.....	24
6. Conclusão.....	27
7. Evolução das Tipologias de Rede com inserção da MMGD.....	29

## ANEXO III - IMPACTO DA INSERÇÃO DA MICROGERAÇÃO NAS CURVAS DE CARGA DOS CLIENTES E NA REDE DA CEMIG D

---

### 1. INTRODUÇÃO

---

Para analisar o impacto da inserção de Micro GD nos custos de uso da rede é necessário saber como a entrada desses novos usuários irá alterar o comportamento da carga das redes e se nessa alteração haverá alguma redução de suas demandas máximas. Precisa-se caracterizar adequadamente a situação em que as redes da distribuidora se encontram e estabelecer as devidas hipóteses para uma análise correta.

Neste trabalho, partiu-se do comportamento das redes da CEMIG D, descrito pelas tipologias de redes definidas na Revisão Tarifária Periódica de 2018, com medições de curvas de carga de 2017, anterior à uma inserção mais significativa de Micro e Mini geração.

Tendo como pressuposto este comportamento de carga das redes, uma injeção de GFV, suficientemente pequena para não alterar demasiadamente as condições operativas da rede, tem potencial de redução de custo próximo ao custo de uso da rede pela carga Fora de Ponta, já que a demanda máxima nesse posto, em boa parte dessas redes, ocorre durante o período diurno.

Em cada segmento da rede (alta, média e baixa tensão) há diferentes comportamentos de carga, com demanda máxima ocorrendo em horários distintos. A GFV afetará apenas aquelas com demanda máxima no período diurno. Assim, para estimar uma possível postergação de custos de investimento devido à inserção de GFV, é necessário analisar o impacto que a entrada dessa geração produzirá sobre a curva de carga de cada rede distinta ou típica.

Um dos objetivos da Tipologia da Carga, feita no âmbito das Revisões Tarifárias Periódicas das distribuidoras é, justamente, descrever esta variedade de comportamentos e identificar os vários horários de demanda máxima das redes. Nessas tipologias, agrupam-se as curvas de carga que têm comportamento similar, chegando a uma representação mais resumida de todos os comportamentos distintos existentes em cada nível de tensão.

No estudo serão mostrados os impactos simulados da inserção de Micro GD Local e Remota. É simulada, portanto, a injeção da microgeração nas unidades consumidoras típicas e, na sequência, o efeito nas redes típicas às quais esses clientes têm probabilidades de estarem conectados.

Para fazer o estudo, partiu-se de dois conjuntos de informações dos consumidores da CEMIG D e da expectativa de adoção de MMGD por parte destes clientes:

Os dados da amostra de clientes e redes da RTP de 2018 da CEMIG estão descritos detalhadamente no Anexo II - *Atratividade da microgeração em cada modalidade tarifária e respectivas perdas de receita da CEMIG D*. Essas informações são utilizadas para caracterização da situação atual das

redes de distribuição e como os clientes participam dessas redes e, ainda, para calcular a atratividade da Micro GD Local de forma detalhada, diferenciando entre os Subgrupos Tarifários e faixas de consumo. A projeção do número de clientes MGD e de sua capacidade instalada, utilizando o Modelo de Bass, possibilita conhecer a trajetória de adesão dos clientes à Micro GD. Esse estudo está apresentado no Anexo II, no qual têm-se quais unidades consumidoras iriam optar pela GFV ano a ano.

Combinando esta informação com a Probabilidade de Associação dos consumidores típicos a cada uma das redes típicas, que é um fator calculado também no momento da revisão tarifária, com objetivo de calcular os Custos de Uso da Rede, é possível estimar em quais redes de cada nível de tensão as unidades de GFV irão se conectar.

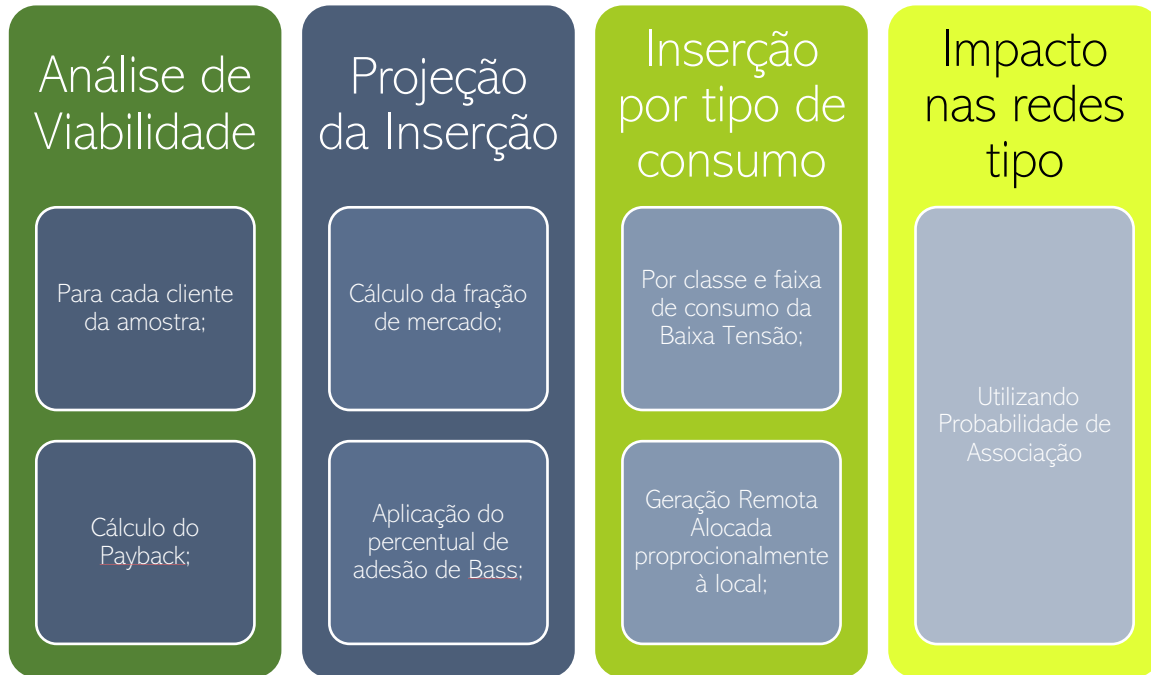
As simulações foram feitas para todos os anos de 2020 a 2030. Ao final deste relatório encontram-se os gráficos com todos os resultados dessas simulações para as tipologias das redes de Baixa, Média e Alta Tensão.

Nos gráficos mostrados neste relatório estão as curvas típicas da tipologia de redes de Baixa, Média e Alta Tensão da CEMIG-D, juntamente com o impacto causado pela inserção de unidades de GFV. As curvas em linha sólida verde representam a situação atual das redes, as curvas tracejadas em verde escuro mostram como a geração máxima (dias de Pleno Sol) dessas unidades impactaria as redes e as curvas pontilhadas em verde claro mostram o impacto da geração em dias nublados, quando se considera que haveria geração de apenas 20% da capacidade das unidades de GFV.

## 2. METODOLOGIA

Para chegar à estimativa do impacto da inserção de Micro GD nas redes da CEMIG D combina-se resultados obtidos em etapas anteriores do projeto com informações obtidas da campanha de medidas da empresa. O trabalho pode ser resumido em 4 partes, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1: Etapas da Análise de Inserção de Micro GD nas redes de distribuição



Fonte: Elaboração própria

Para a primeira etapa do trabalho utiliza-se os resultados da análise de viabilidade de instalação GFV Local feita anteriormente neste projeto e descrita detalhadamente no Anexo II - *Atratividade da microgeração em cada modalidade tarifária e respectivas perdas de receita da CEMIG D*. Especificamente, utiliza-se aqui o valor do tempo de retorno do investimento ou *payback* calculado para cada cliente da amostra de medições da campanha de medidas.

Calcula-se em seguida, para cada cliente da amostra, o potencial máximo de instalação de Micro GD, que é função do tamanho da instalação dimensionada para atender àquele cliente e das restrições para instalação de GFV. Cada um destes clientes representa um certo número de clientes da população, fator dado pelo peso amostral em cada estrato. Assim, a capacidade máxima de GFV a ser instalada em unidades representadas por cada uma das medições da amostra é obtido pela Eq. 1:

$$M_i^* = C_i \times R_j \times P_j \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

$M_i^*$  é o potencial máximo de adesão de cada cliente  $i$  da amostra em kWp;

$C_i$  é a capacidade da usina GFV dimensionada para cada cliente  $i$  da amostra;

$R_j$  é o fator de restrição para instalação de GFV nas unidades do estrato  $j$ , conforme discutido no Anexo I;

$P_j$  é o peso amostral nas unidades do estrato  $j$  dado pela razão entre a população de unidades do estrato e o número de unidades na amostra;

Antes de chegar ao mercado potencial final, calcula-se ainda, a fração máxima de mercado representativa de cada cliente da amostra. A fração máxima de mercado  $f_i$  de cada cliente  $i$  da amostra é obtida em cada ano  $t$  da mesma forma que para cada estrato na projeção de inserção de MMGD, como função da sensibilidade ao *payback* do estrato em que o cliente está inserido e do tempo de *payback*. Nesta etapa do trabalho utiliza-se, no entanto, o tempo de *payback* de cada cliente individual da amostra, como mostrado na Eq. 2 e não os valores médios por estrato como foi feito na projeção da inserção de MMGD no Anexo I.

$$f_{it} = e^{-SPB_j \times TPB_{it}} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

$f_{it}$  é a fração máxima de mercado em kWp de cada cliente  $i$  da amostra em cada ano  $t$ ;

$SPB_j$  é a sensibilidade ao *payback* do estrato  $j$  da amostra, obtido no Anexo I;

$TPB_{it}$  é o tempo de retorno do investimento ou *payback* do cliente  $i$  da amostra em cada ano  $t$ , obtido no Anexo II;

Em seguida, obtém-se o mercado potencial final de cada cliente  $i$  da amostra em cada período  $t$ , em capacidade instalada (kWp), multiplicando o mercado potencial da Eq. 1 pela fração máxima de mercado:

$$M_{it} = M_i^* \times f_{it} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

$M_{it}$  é mercado potencial final em kWp de cada cliente  $i$  da amostra em cada ano  $t$ ;

$M_i^*$  é o potencial máximo de adesão de cada cliente  $i$  da amostra em kWp;

$f_{it}$  é a fração máxima de mercado do cliente  $i$  em cada ano  $t$ , obtido na Eq. 2;

Por fim, potência inserida de cada cliente  $i$  da amostra em cada ano  $t$  é obtida multiplicando o mercado potencial final da Eq. 3 pelo coeficiente de inserção de Bass de cada estrato  $j$ , obtido no estudo exposto no Anexo I:

$$Pot_{it} = M_{it} \times B_{jt} \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

$Pot_{it}$  é a potência instalada, em kWp, de cada cliente  $i$  a amostra em cada ano  $t$ ;

$M_{it}$  é mercado potencial final em kWp de cada cliente  $i$  da amostra em cada ano  $t$ ;

$B_{jt}$  é o coeficiente de Bass do estrato  $j$  em cada ano  $t$ ;

Uma vez obtida a potência instalada em cada cliente da amostra para todo o horizonte de projeção, compara-se o resultado totalizado por estrato com a projeção feita no *Anexo I - Projeção da inserção da MMGD na CEMIG D*. Os dois resultados são ligeiramente diferentes, já que a projeção do Anexo I considera o *payback* médio de cada estrato e na Eq. 2 foi utilizado o *payback* de cada cliente da amostra. Por isso, é feito um ajuste em cada estrato para adequar a projeção aberta por cliente ao resultado da projeção do Anexo I.

Nas simulações a seguir, considerou-se a inserção de 2.646 MWp de Micro GD Local e 1.660 MWp de Micro GD remota entre os clientes de baixa tensão urbanos da CEMIG D, conforme projeção feita no Anexo I para o cenário com redução média de preços da GFV e com a tarifação proposta por este projeto. Nas planilhas de cálculo que acompanha este relatório (Inserção GD - Efeito na rede usando Beta.xlsx, Impacto\_Receita\_Mini\_Micro\_GD\_CEMIG.xlsx e Projeção\_GD\_CEMIG.xlsx) a simulação pode ser repetida com as demais alternativas e modalidades tarifárias apresentadas no relatório principal e no Anexo II - Atratividade da microgeração em cada modalidade tarifária e respectivas perdas de receita da CEMIG D.

De posse da inserção de Micro GD em cada cliente da amostra, totaliza-se a capacidade por tipo característico da tipologia de consumidores. Com este resultado e com a probabilidade de associação entre clientes e redes de cada nível pode ser calculado o impacto nos diferentes tipos característicos de redes de baixa, média e alta tensão.

Para obter a parcela de energia de cada cliente tipo  $p$  que transita por cada uma das redes  $i = 1, 2, \dots, n$  do nível  $k$ , utiliza-se o produto dos fatores  $\alpha$  e  $\beta$  para obter a probabilidade de associação  $\pi$ , da seguinte maneira:

$$\pi_{p,j}^k = \frac{\alpha_j^k \times \beta_{p,j}^k}{\sum_{j=1}^n \alpha_j^k \times \beta_{p,j}^k} \quad \text{Eq. 5}$$

onde:

$\pi_{p,j}^k$  = probabilidade de associação do cliente tipo  $p$  à rede tipo  $j$  do nível  $k$ ;

$\alpha_j^k$  = participação da rede tipo  $j$  na energia que transita no nível  $k$ ;

$\beta_{p,j}^k$  = parte da energia que transita na rede tipo  $j$  do nível  $k$ , destinada ao atendimento de determinado consumidor tipo  $p$ ;

$n$  = número total de redes tipo no nível  $k$

Combinando a potência de GFV adicionada em cada cliente da amostra conforme Eq. 4 com a probabilidade de associação da Eq. 5, obtém-se o impacto provocado pela Micro GD adicionada aos  $m$  clientes da amostra pertencentes ao tipo  $p$  em cada rede  $j$  tipo de cada nível  $k$ :

$$C_{p,j,t}^k = \pi_{p,j}^k \times \sum_{i=1}^m Pot_{it} \quad \text{Eq. 6}$$

onde:

$C_{p,j,t}^k$  = capacidade acrescida na rede do tipo  $j$  no trimestre  $t$  devido à inserção de GFV nos clientes da amostra pertencentes ao tipo  $p$ ;

$\pi_{p,j}^k$  = probabilidade de associação do cliente tipo  $p$  à rede tipo  $j$  do nível  $k$ ;

$Pot_{it}$  = é a capacidade instalada, em kWp, de cada cliente  $i$  a amostra em cada ano  $t$ ;

$m$  = número total de clientes na amostra pertencentes ao tipo  $p$ .

Somando a potência adicionada pelos clientes de todos os clientes tipo da baixa tensão se terá a capacidade total de GFV atendida pela rede do tipo  $j$ .

Coerente com o dimensionamento de sistemas GFV, visto no Anexo II, considerou-se que o efeito máximo da inserção nas redes seja 10% menor que a capacidade instalada, por haver uma redução de desempenho dos módulos devido a sombreamentos, deposição de sujeira e outras contingências. Assim, para se obter a demanda efetivamente reduzida nas redes (por consumo interno ou injeção), os fatores  $C_{p,j,t}^k$  são multiplicados por 0,90, que é a razão performance utilizada no dimensionamento dos sistemas GFV.

A metodologia descrita fornece uma estimativa da inserção de Micro GD Local em cada rede tipos, considerando que a instalação de um sistema Micro GD tem atratividade diversa para cada cliente, dependendo da classe à qual pertence, do seu comportamento de consumo e da tarifa aplicada à Micro GD.

As premissas do estudo não se aplicam à Micro GD Remota porque: (1) não se tem parâmetros para dimensionar as unidades de geração. Nas informações fornecidas pela Aneel sobre as unidades MMGD, que estão na base deste trabalho, não há especificação da classe de consumo e do porte dos consumidores que recebem créditos das unidades de geração MMGD, de forma que não há parâmetros para associar a inserção de GFV a clientes específicos da amostra. (2) Caso se obtivesse esses dados junto à distribuidora, ainda restaria o problema de alocar a unidade geradora a um cliente específico da amostra.

Por estes motivos, as análises apresentadas no trabalho mostram, primeiramente, o efeito da Micro GD Local nos tipos característicos dos clientes de baixa tensão, conforme descrito anteriormente e,



em seguida, o efeito combinado da inserção de Micro GD Local e Remota, alocando a capacidade das unidades remotas proporcionalmente à das usinas com geração Local.

Em princípio, as unidades de geração com compensação remota tendem a se localizar em consumidores de porte menor que as de compensação local, já que para se viabilizar contam com o consumo das demais unidades em que compensam os créditos. Uma análise mais detalhada do histórico de adesão deste tipo de unidades pode fornecer uma maneira de alocar mais adequadamente estas unidades. No entanto, considera-se que a aproximação utilizada atende aos objetivos deste estudo.

### 3. EFEITO NOS TRANSFORMADORES MT/BT URBANOS

---

As redes de distribuição urbanas da CEMIG D têm um comportamento fortemente influenciado pela classe Residencial, que contém o maior número de consumidores da empresa e o maior mercado atendido pelas redes urbanas de baixa tensão.

A classe Residencial também é a que detém o maior número de instalações de Micro GD, embora seja o Subgrupo B3 o detentor da maior capacidade instalada atualmente. No horizonte de projeção (até 2030), no entanto, é prevista uma entrada massiva de pequenas unidades de Micro GD da classe Residencial, tornando-a, ao final do período, detentora também da maior capacidade instalada de Micro GD.

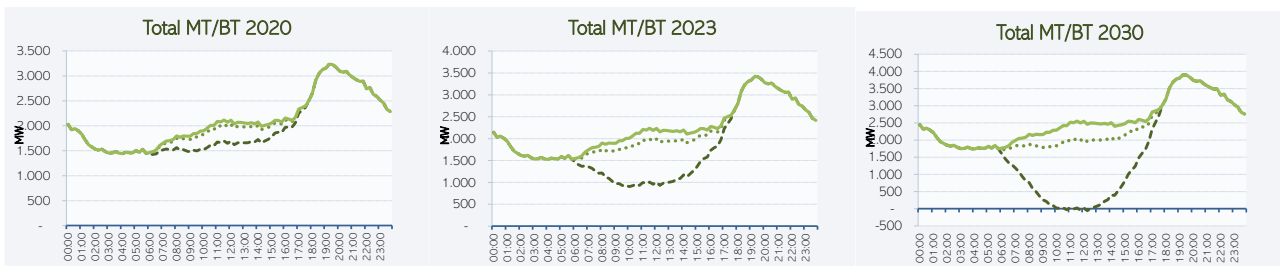
Nos gráficos mostrados, a curva em linha sólida verde representa a carga original de cada tipo de rede, a linha tracejada escura representa a curva com impacto da geração fotovoltaica em dias de geração plena e a curva pontilhada em verde claro representa a curva com GFV em dias com insolação fraca. Estas duas curvas representam os limites entre os quais o fluxo de potência da rede com injeção da microgeração irá se situar, já que a insolação pode variar ao longo do dia.

#### 3.1. Inserção de Mico GD Local

---

A Figura 2 mostra a curva total das transformações MT/BT simulada com inserção da Micro GD Local em três momentos: (1) ao final do ano de 2020, refletindo a situação atual, (2) ao final do ano 2023, que coincide com o ano da próxima revisão da CEMIG D e (3) ao final do ano 2030, último ano da projeção. Para ver como a carga evolui nos anos intermediários pode-se consultar a seção 6 ao final do relatório, na qual se encontram os gráficos da tipologia dos transformadores MT/BT alterando-se com a inserção da microgeração nos anos de 2020 a 2030.

Figura 2: Total dos Transformadores MT/BT da CEMIG D com inserção de Micro GD Local



Percebe-se que o impacto esperado sobre as redes é muito relevante, chegando à metade da carga diurna em 2023 em dias de maior insolação e se igualando a esta carga em 2030, se houvesse pleno sol em toda rede de distribuição em baixa tensão, de forma a coincidir toda essa geração.

Observando estes gráficos, que representam a soma da carga de todos os transformadores MT/BT, se diria que a inserção de Micro GD não tem impacto sobre a demanda máxima de redes de baixa tensão. No entanto, esta curva representa um comportamento médio. Embora muitas redes de baixa tensão da CEMIG D tenham um formato similar ao da curva total, há várias redes que apresentam comportamentos diferentes, como as redes que atendem locais eminentemente comerciais, por exemplo. Esta diversidade de comportamentos pode ser observada na tipologia das transformações MT/BT.

Entre os diversos tipos de curva de carga de transformadores MT/BT há alguns que se destacam em relação à alteração de comportamento ao longo dos anos de inserção de Micro GD. Primeiramente, vale comparar o que acontece com os Tipos 2 e Tipo 9 com inserção de Micro GD Local.

A Figura 3 mostra a simulação para o Tipo 2, que apresenta uma curva com presença de clientes residenciais, provavelmente de maior porte, além de clientes do subgrupo B3, resultando em uma rede típica com fator de carga mais alto. Por outro lado, o Tipo 9 apresenta fator de carga menor, com um pico de carga mais pronunciado ao final do dia. Este formato está associado à maior presença de clientes residenciais de porte menor.

Figura 3: Tipo 2 dos Transformadores MT/BT da CEMIG D com inserção de Micro GD Local

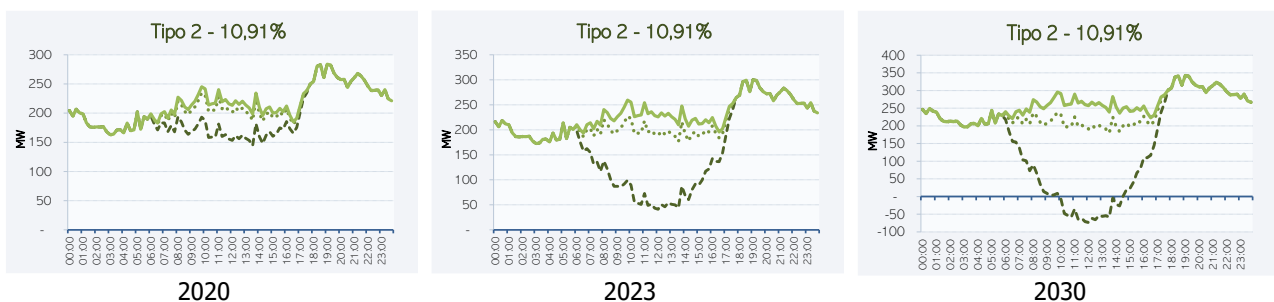


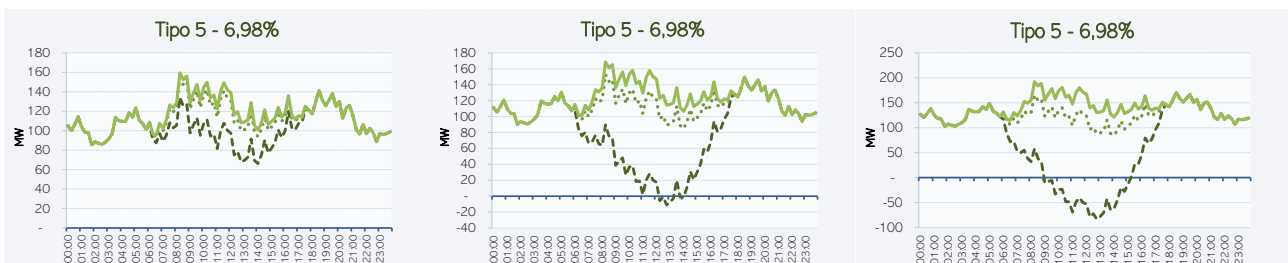
Figura 4: Tipo 9 dos Transformadores MT/BT da CEMIG D com inserção de Micro GD Local



No Anexo I - *Projeção da Inserção da MMGD na CEMIG D* mostrou-se que a inserção de Micro GD na classe residencial está acontecendo primeiro nos clientes de maior porte dessa classe e que a inserção nos clientes menores, de acordo com a projeção, irá acontecer mais expressivamente depois de 2024. Por isto, enquanto o Tipo 2 tem uma inserção mais acentuada já em 2023, no Tipo 9 a inserção de Micro GD acontece em maior grau entre os anos de 2023 e 2030.

Os transformadores MT/BT de maior carga durante o dia são as dos Tipos 1 e 5, que atendem juntas cerca de 18% da energia do nível. Assim, somente as redes do Tipo 1 e do Tipo 5 (Figura 5) apresentarão alguma redução da demanda máxima.

Figura 5: Tipo 5 dos Transformadores MT/BT da CEMIG D com inserção de Micro GD Local



Como as redes de distribuição têm que atender a carga inclusive em dias nublados, não se pode contar que a redução de demanda proporcionada pela GFV em dias ensolarados como um recurso firme para dimensionamento das redes de distribuição. Assim, para saber se a inserção de Micro GD pode proporcionar alguma redução de demanda, deve-se examinar o cenário de geração mínima. A Tabela 1 mostra a redução da demanda máxima em cada rede tipo com a inserção de Micro GD Local ao longo dos próximos 10 anos no cenário de geração mínima (dias nublados).

Tabela 1: Redução da Demanda Máxima dos Transformadores MT/BT com inserção da Micro GD Local em dias de GFV mínima

Tipo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12	Tipo 13	Total
DMáx. 2020	345	284	98	62	142	402	724	372	683	181	58	66	46	3.463
2020	4 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	5 3,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	9 0,2%
2021	6 1,8%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	10 6,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	16 0,5%
2022	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	14 9,4%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	21 0,6%
2023	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	16 10,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	23 0,6%
2024	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	17 11,1%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	24 0,6%
2025	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	18 11,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	25 0,7%
2026	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	19 12,3%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	27 0,7%
2027	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	20 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	28 0,7%
2028	8 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	21 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	28 0,7%
2029	8 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	21 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	29 0,7%
2030	8 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	22 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	29 0,7%

As redes do Tipo 1 têm, em média, uma redução de 1,9% da sua demanda, a partir de 2022. Essa redução não aumenta conforme a inserção de Micro GD se amplia a, já que a sua demanda máxima passa a ocorrer em outro horário. As redes do Tipo 5 apresentam uma redução da demanda máxima proporcionalmente maior, de 11,2%, em média. Ao total, a inserção de Micro GD em dias ensolarados tem o potencial de reduzir em 24 MW a demanda máxima dos transformadores MT/BT, o que representa 0,7% das demandas máximas somadas das redes desse nível.

Outra maneira de avaliar a redução da demanda máxima nas redes de distribuição é em relação à capacidade instalada. A Tabela 2 mostra que, para cada MWp de Micro GD Local de UFV instalada na CEMIG, reduz-se a demanda máxima das redes de baixa tensão em aproximadamente 1,8%, ou 18 kW. Ao longo do tempo, com mais capacidade de GFV sendo instalada, sem redução adicional da demanda máxima, este percentual cai para 1% em 2030.

Tabela 2: Redução da demanda máxima em Transformadores MT/BT da CEMIG D em relação à capacidade instalada de Micro GD Local

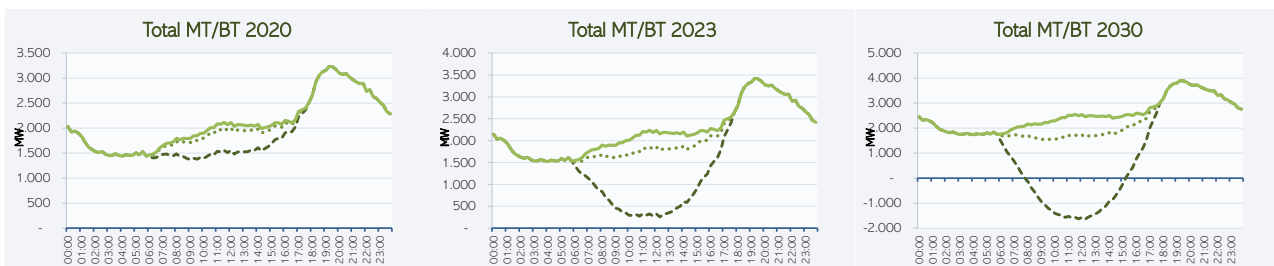
Ano	Capacidade Instalada MW	GFV Mínima MW	%
2020	480	8,5	1,8%
2021	893	16,2	1,8%
2022	1.208	20,5	1,7%
2023	1.383	22,7	1,6%
2024	1.503	24,0	1,6%
2025	1.644	25,2	1,5%
2026	1.841	26,7	1,5%
2027	2.093	27,8	1,3%
2028	2.370	28,3	1,2%
2029	2.629	28,9	1,1%
2030	2.841	29,4	1,0%

Constatou-se assim que o impacto da inserção da microgeração na demanda máxima das redes e, portanto, na postergação de investimentos é mínima, porém o impacto na forma das curvas de carga é enorme, criando grandes rampas de carga, podendo sair em poucas horas de fluxo positivo para negativo (início do dia) e de fluxo negativo para negativo (final do dia), trazendo dificuldades operativas e, provavelmente, maiores custos de operação e controle de tensão.

### 3.2. Inserção de Micro GD Local + Remota

Somando a Micro GD Remota à Local, o impacto sobre os transformadores MT/BT chega a inverter o fluxo das redes, observando-se, em média, um fluxo inverso de cerca de 1/3 da carga máxima em 2030, como pode ser visto na Figura 6.

Figura 6: Total dos Transformadores MT/BT da CEMIG D com inserção de Micro GD Local + Remota



Essa inversão de fluxo passa a acontecer até 2030 em todos os tipos de redes da tipologia das transformações, conforme pode ser visto nos gráficos da seção 6.

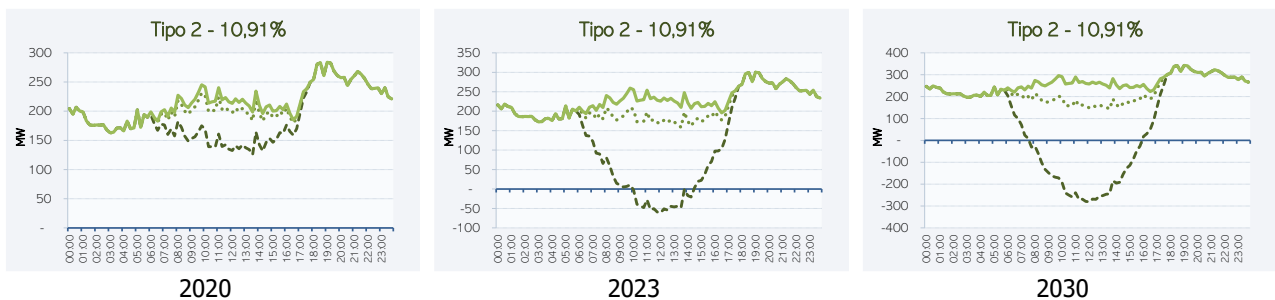
No entanto, é importante deixar claro que se trata de um impacto médio, com geração a pleno sol em todas as unidades com GFV. O que acontecerá, na realidade, é que uma parte das redes, com grande número de UFV, irá ter impacto acentuado, com forte inversão de fluxo nos dias de pleno sol, e outras, onde há menor inserção de Micro GD, não terão inversão de fluxo nenhum ou em menor grau. Na maioria dos transformadores, mesmo com maior presença de GFV, não haverá inversão de fluxo nos dias de insolação mínima. No conjunto dos transformadores de toda área de

concessão, refletindo nas redes de média e alta tensão, haverá o efeito combinado dessas várias condições.

Assim, na Campanha de Medidas de 2023, quando na CEMIG D cerca de 15% da energia dos clientes de baixa tensão já poderá ser atendida por Micro GD, será necessário fazer o levantamento mais aprofundado da carga das redes, em um mesmo dia, ou seja, nos dias de carga máxima da empresa, que permita verificar o comportamento dos transformadores individuais, e o efeito combinado na curva somada da baixa tensão, com reflexo na média e alta tensão, tendo em vista as variações de insolação e os diferentes níveis de inserção em cada transformador.

Por exemplo, as redes de Tipo 2, como pode ser observado na Figura 7, com maior proporção de clientes residenciais das faixas de consumo alto exibe, já em 2023, uma inversão de carga. Resta saber a influência da não coincidência, ou seja, da diversidade dos níveis de insolação, no conjunto desses tipos de transformadores.

Figura 7: Tipo 2 dos Transformadores MT/BT da CEMIG D com inserção de Micro GD Local + Remota



Para uma melhor avaliação poderá ser feita uma distinção entre redes com maior e menor inserção de Micro GD, criando uma estratificação de acordo com essa variável para o sorteio das amostras de medições nas próximas Campanhas de Medidas.

O efeito sobre a demanda máxima das redes incluindo a geração Remota não é diferente do cenário somente de geração Local, já que uma pequena redução da demanda nos Tipos 1 e 5 já desloca a demanda máxima destas redes para o período noturno.

Tabela 3: Redução da Demanda Máxima dos Transformadores MT/BT com inserção da Micro GD Local + Remota em dias de GFV mínima

Tipo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12	Tipo 13	Total
DMáx. 2020	345	284	98	62	142	402	724	372	683	181	58	66	46	3.463
2020	5 1,4%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	7 4,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	12 0,3%
2021	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	13 9,2%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	20 0,6%
2022	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	19 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	25 0,7%
2023	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	19 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	26 0,7%
2024	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	19 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	26 0,7%
2025	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	20 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	27 0,7%
2026	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	20 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	27 0,7%
2027	7 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	20 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	28 0,7%
2028	8 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	21 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	28 0,7%
2029	8 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	21 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	29 0,7%
2030	8 1,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	22 12,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	29 0,7%

A proporção de redução de demanda máxima em relação à capacidade instalada diminuiu ligeiramente em relação ao quadro anterior, sem Geração Remota, já que uma quantidade maior de capacidade de GFV é adicionada sem efeito adicional sobre a demanda máxima das redes.

Tabela 4: Redução da demanda máxima dos Transformadores MT/BT da CEMIG D em relação à capacidade instalada de Micro GD Local + Remota

Ano	Capacidade Instalada MW	GFV Mínima	
		MW	%
2020	667	11,7	1,8%
2021	1.205	20,0	1,7%
2022	1.709	25,3	1,5%
2023	2.147	25,8	1,2%
2024	2.559	26,3	1,0%
2025	2.959	26,8	0,9%
2026	3.348	27,3	0,8%
2027	3.728	27,8	0,7%
2028	4.082	28,3	0,7%
2029	4.386	28,9	0,7%
2030	4.623	29,4	0,6%

Reitera-se que o efeito da Geração Remota e Local, juntas, na postergação de investimentos também é pouco relevante, mas o mesmo não se pode dizer sobre o impacto na forma das curvas de carga da rede BT, devido ao surgimento de grandes rampas de carga, como mostrado na curva Tipo 2 em 2030, com inversão de fluxo em poucas horas, no início e final do dia, que devem trazer problemas operativas e, provavelmente, maiores custos de operação.

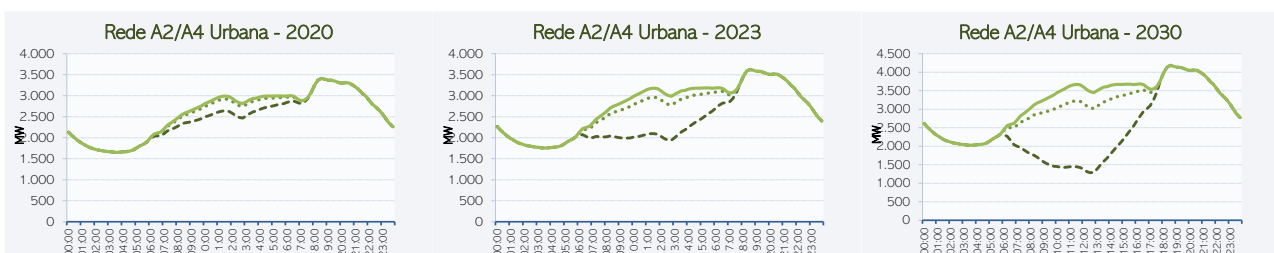
#### 4. EFEITO NAS REDES MT

A inserção da Micro GD nas redes de baixa tensão terá reflexo, também, nas redes de média tensão. Nas tipologias, as redes de média tensão são repartidas em três grupos: injeções no nível MT, transformações A3/MT e transformações A2/MT. Como 84% da energia que atende ao nível MT vem diretamente do A2, utiliza aqui, por simplificação, a tipologia dessas transformações para representar o nível.

##### 4.1. Inserção de Mico GD Local

Assim como os transformadores MT/BT, as redes de média tensão exibem comportamento conjunto dominado pela carga residencial. A inserção de Micro GD Local fortalece ainda mais a característica de um horário de pico predominante iniciando às 18h.

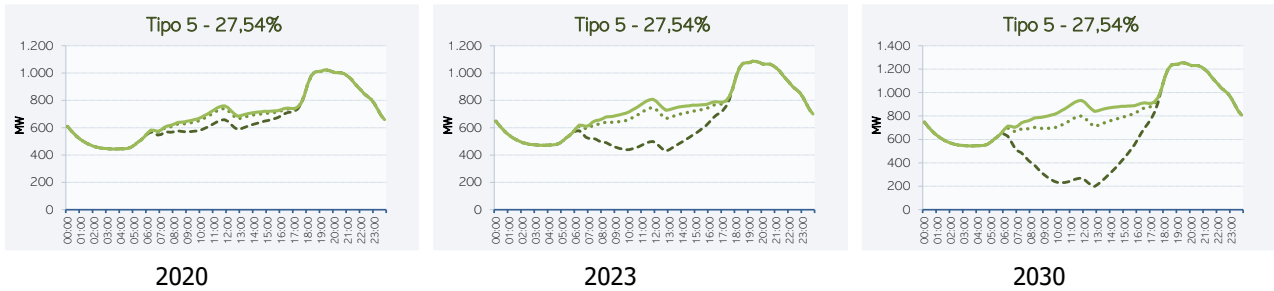
Figura 8: Total das Redes MT Urbanas da CEMIG D com inserção de Micro GD Local





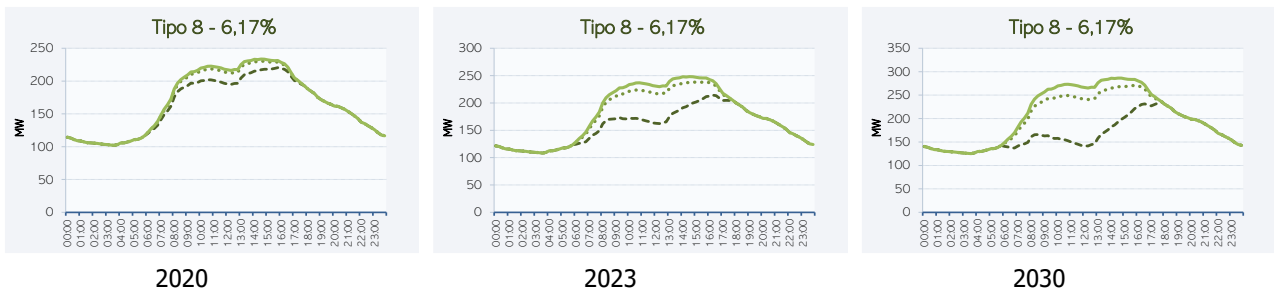
Grande parte das redes, representada pelos Tipo 2 a 6, pelas quais passa 65% da energia do nível, apresentam este tipo de comportamento, com variações no fator de carga e na extensão do horário de carregamento máximo a partir das 18h. Um exemplo está na Figura 9.

Figura 9: Tipo 5 das Redes MT Urbanas da CEMIG D com inserção de Micro GD Local



No entanto, o nível MT apresenta relativamente mais redes com carregamento no período diurno que a baixa tensão. Assim, por exemplo, os Tipos de 7 a 10 e o Tipo 13 apresentam redução relevante na sua demanda máxima, apesar transferência da demanda máxima para o final do dia. Pelas redes destes tipos juntos passa 22% da carga das transformações A2/MT.

Figura 10: Tipo 8 das Redes MT Urbanas da CEMIG D com inserção de Micro GD Local



Além desses comportamentos, há alguns tipos, como o 13 e 14, que apesar de terem demanda alta no período diurno, também têm demanda alta no período noturno e a redução de carga induzida com a Micro GD rapidamente transfere o horário de máxima para a noite.

A Tabela 5 mostra que neste nível de tensão há vários tipos de rede nas quais há redução considerável da demanda máxima. Apesar disso, esses tipos representam parcela menor das redes do nível, de modo que a redução total obtida fica próxima da encontrada nas redes de baixa tensão, em torno de 1,2% ao final do período de projeção.

Tabela 5: Redução da Demanda Máxima das Redes MT com inserção da Micro GD Local em dias de GFV mínima

Tipo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12	Tipo 13	Tipo 14	Tipo 15	Total
DMáx. 2020	163	247	346	288	1.023	476	290	220	76	49	41	143	119	79	20	3.581
2020	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	4 1,5%	3 1,4%	0 0,6%	0 0,5%	0 0,1%	2 1,2%	2 1,5%	1 0,9%	0 0,0%	13 0,4%
2021	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	7 2,4%	6 2,9%	1 1,3%	1 1,0%	0 0,3%	3 2,0%	3 3,0%	1 0,9%	0 0,0%	22 0,6%
2022	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	9 3,0%	8 3,9%	1 1,8%	1 1,4%	0 0,4%	4 2,5%	5 4,2%	1 0,9%	0 0,0%	29 0,8%
2023	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	10 3,4%	9 4,3%	2 2,0%	1 1,6%	0 0,4%	4 2,7%	6 4,7%	1 0,9%	0 0,0%	32 0,9%
2024	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	11 3,5%	10 4,5%	2 2,2%	1 1,7%	0 0,5%	4 2,9%	6 5,0%	1 0,9%	0 0,0%	35 0,9%
2025	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	12 3,7%	10 4,7%	2 2,3%	1 1,8%	0 0,5%	5 3,1%	6 5,3%	1 0,9%	0 0,0%	37 0,9%
2026	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	13 3,9%	11 5,0%	2 2,5%	1 1,9%	0 0,5%	5 3,3%	7 5,7%	1 0,9%	0 0,0%	40 1,0%
2027	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	14 4,1%	12 5,4%	2 2,7%	1 2,1%	0 0,5%	6 3,6%	8 6,3%	1 0,9%	0 0,0%	44 1,1%
2028	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	14 4,1%	13 5,9%	2 3,0%	1 2,3%	0 0,6%	6 4,0%	9 6,9%	1 0,9%	0 0,0%	47 1,1%
2029	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	14 4,1%	14 6,2%	3 3,2%	1 2,5%	0 0,6%	7 4,3%	10 7,4%	1 0,9%	0 0,0%	51 1,2%
2030	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	15 4,1%	15 6,5%	3 3,4%	1 2,6%	0 0,6%	8 4,5%	11 7,8%	1 0,9%	0 0,0%	54 1,2%

Em termos de capacidade, cada MWp instalado induz uma redução de demanda máxima destas redes um pouco acima de 2% ou cerca de 20 kWp.

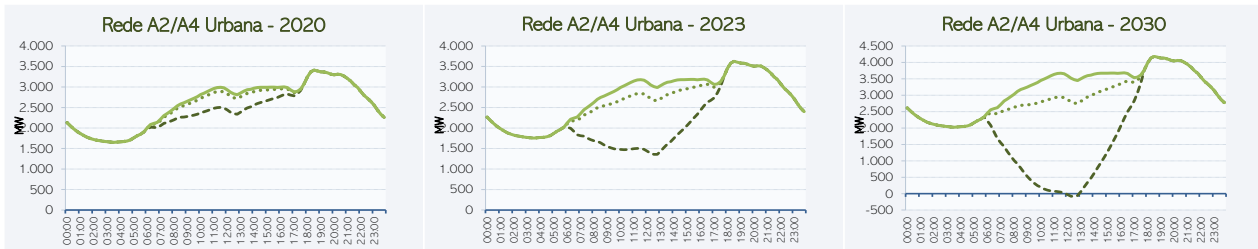
Tabela 6: Redução da demanda máxima em redes MT da CEMIG D em relação à capacidade instalada de Micro GD Local

Ano	Capacidade Instalada MW	GFV Mínima MW	%
2020	413	12,7	3,1%
2021	808	21,8	2,7%
2022	1.116	28,8	2,6%
2023	1.286	32,5	2,5%
2024	1.400	34,7	2,5%
2025	1.527	37,1	2,4%
2026	1.705	40,4	2,4%
2027	1.935	44,0	2,3%
2028	2.194	47,4	2,2%
2029	2.441	50,8	2,1%
2030	2.646	53,6	2,0%

## 4.2. Inserção de Micro GD Local + Remota

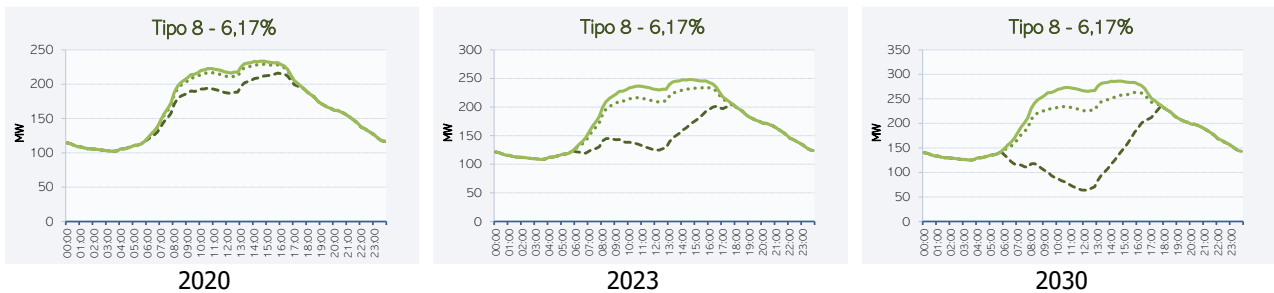
Ao se acrescentar as unidades Remotas na análise da inserção de Micro GD, o efeito esperado sobre as redes de média tensão aumenta significativamente, fazendo a injeção de GFV atingir o mesmo patamar da carga diurna em 2030.

Figura 11: Total das Redes MT Urbanas da CEMIG D com inserção de Micro GD Local + Remota



Ao considerar a geração Remota, a redução de demanda máxima, observada com a inserção somente de geração Local, se amplia, principalmente nos tipos 8, 9, 10 e 12.

Figura 12: Tipo 8 das Redes MT Urbanas da CEMIG D com inserção de Micro GD Local + Remota



A redução das demandas máximas nas redes com carga predominantemente diurna é ampliada com a consideração da inserção de geração Remota, chegando a um total de 74 MW de redução de demanda nas redes de média tensão da empresa. Mesmo assim, pelo fato de estas redes representarem uma parcela reduzida do total da carga, percentualmente o efeito ainda é reduzido, de próximo de 1,7% da soma das demandas máximas das redes do nível.

Tabela 7: Redução da Demanda Máxima das Redes MT com inserção da Micro GD Local + Remota em dias de GFV mínima

Tipo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12	Tipo 13	Tipo 14	Tipo 15	Total
DMáx. 2020	163	247	346	288	1.023	476	290	216	75	49	41	141	116	79	20	3.570
2020	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	6 1,9%	4 2,0%	1 0,9%	0 0,7%	0 0,2%	2 1,5%	2 2,1%	1 0,9%	0 0,0%	16 0,5%
2021	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	9 3,0%	8 3,9%	1 1,8%	1 1,4%	0 0,4%	4 2,5%	5 4,2%	1 0,9%	0 0,0%	28 0,8%
2022	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	12 4,1%	11 5,3%	2 2,6%	1 2,1%	0 0,6%	5 3,3%	7 5,9%	1 0,9%	0 0,0%	38 1,0%
2023	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	13 4,1%	13 6,4%	2 3,3%	1 2,6%	0 0,7%	6 4,0%	9 7,3%	1 0,9%	0 0,0%	45 1,2%
2024	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	13 4,1%	15 7,2%	3 3,9%	1 3,0%	0 0,8%	7 4,6%	10 8,5%	1 0,9%	0 0,0%	50 1,3%
2025	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	13 4,1%	17 7,8%	3 4,4%	2 3,4%	0 0,9%	8 5,1%	12 9,5%	1 0,9%	0 0,0%	55 1,4%
2026	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	13 4,1%	18 8,4%	4 4,8%	2 3,7%	0 0,9%	9 5,6%	13 10,4%	1 0,9%	0 0,0%	60 1,5%
2027	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	14 4,1%	20 8,9%	4 5,2%	2 4,0%	0 1,0%	10 6,1%	14 11,1%	1 0,9%	0 0,0%	64 1,6%
2028	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	14 4,1%	21 9,3%	4 5,5%	2 4,2%	0 1,0%	11 6,5%	15 11,6%	1 0,9%	0 0,0%	68 1,6%
2029	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	14 4,1%	22 9,6%	4 5,7%	2 4,4%	1 1,1%	11 6,7%	16 12,0%	1 0,9%	0 0,0%	71 1,7%
2030	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	15 4,1%	23 9,8%	5 5,9%	2 4,5%	1 1,1%	12 6,9%	16 12,2%	1 0,9%	0 0,0%	74 1,7%

Em termos de redução da demanda por unidade de capacidade instalada, o percentual de redução cai em relação ao visto somente com geração Local, já que uma proporção maior de capacidade foi adicionada a redes que não apresentam redução de demanda máxima.

Tabela 8: Redução da demanda máxima em redes MT da CEMIG D em relação à capacidade instalada de Micro GD Local + Remota

Ano	Capacidade Instalada MW	GFV Mínima MW	%
2020	667	16,4	2,5%
2021	1.205	28,1	2,3%
2022	1.709	38,5	2,3%
2023	2.147	44,7	2,1%
2024	2.559	50,3	2,0%
2025	2.959	55,3	1,9%
2026	3.348	60,0	1,8%
2027	3.728	64,4	1,7%
2028	4.082	68,2	1,7%
2029	4.386	71,4	1,6%
2030	4.623	74,1	1,6%

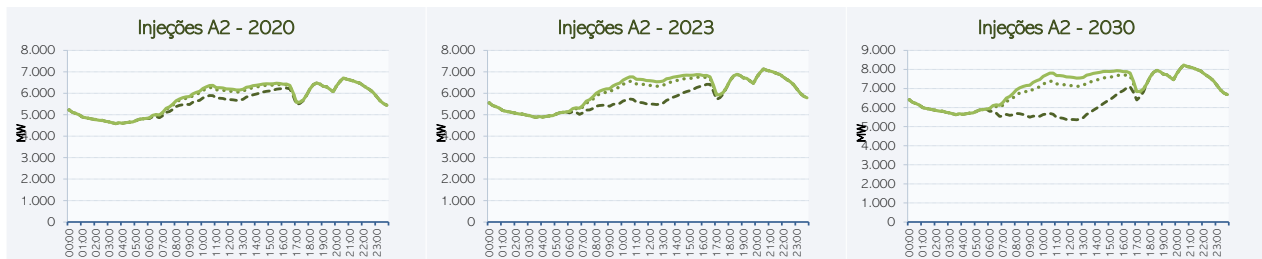
Observa-se que as redes MT podem também incorrer em aumento dos custos de operação, principalmente a partir de 2023, mesmo que em menor grau que as redes de baixa tensão.

## 5. EFEITO NAS REDES A2

### 5.1. Inserção de Mico GD Local

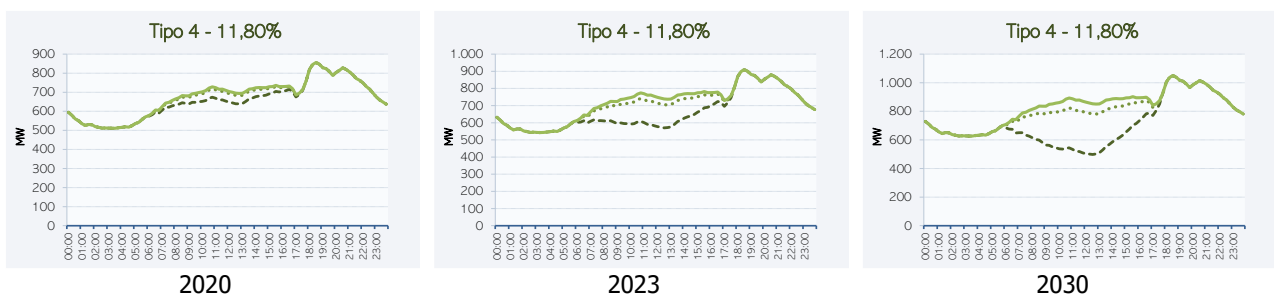
As redes de alta tensão da CEMIG D têm um perfil total com fator de carga bastante alto, principalmente devido à forte modulação da carga de grandes consumidores do A4, A3a e A2, que compensam a carga maior no horário de Ponta dos clientes da baixa tensão. Assim, atualmente, a carga diurna é quase a mesma da carga no horário de Ponta, como se pode ver na Figura 13.

Figura 13: Total das Redes A2 da CEMIG D com inserção de Micro GD Local



Ainda assim, cerca de 30% da energia que transita por redes com carga maior no posto tarifário de Ponta, similares ao Tipo 4, mostrado na Figura 14.

Figura 14: Tipo 4 das Redes A2 da CEMIG D com inserção de Micro GD Local + Remota



Além das redes com este comportamento, há uma parte que têm um perfil com carga maior no período diurno, como os Tipos 21, 22 e o Tipo 7, mostrado na Figura 15.

Figura 15: Tipo 7 das Redes A2 da CEMIG D com inserção de Micro GD Local + Remota

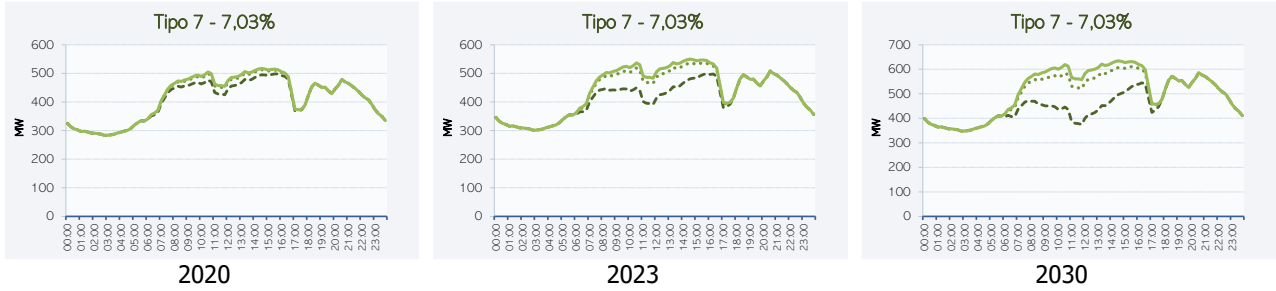


Tabela 9: Redução da Demanda Máxima das Redes A2com inserção da Micro GD Local em dias de GFV mínima

Tipo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12	Tipo 13	Tipo 14	Tipo 15	Tipo 16	Tipo 17	Tipo 18	Tipo 19	Tipo 20	Tipo 21	Tipo 22	Total
DMáx. 2020	337	293	529	856	822	688	498	174	538	473	258	101	158	441	29	176	22	52	137	80	394	80	7.136
2020	0 0,0%	0 0,0%	3 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	4 0,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	3 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,2%	0 0,0%	11 0,2%
2021	0 0,0%	0 0,0%	3 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	9 1,7%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	3 1,1%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,2%	0 0,0%	16 0,2%
2022	0 0,0%	0 0,0%	3 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	12 2,3%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	3 1,1%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,2%	0 0,0%	19 0,3%
2023	0 0,0%	0 0,0%	3 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	13 2,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	3 1,1%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,2%	0 0,0%	21 0,3%
2024	0 0,0%	0 0,0%	3 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	14 2,7%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	3 1,1%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,2%	0 0,0%	22 0,3%
2025	0 0,0%	0 0,0%	4 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	15 2,8%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	3 1,1%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,2%	0 0,0%	23 0,3%
2026	0 0,0%	0 0,0%	4 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	16 3,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	3 1,1%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,2%	0 0,0%	25 0,3%
2027	0 0,0%	0 0,0%	4 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	18 3,3%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	3 1,1%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,2%	0 0,0%	27 0,3%
2028	0 0,0%	0 0,0%	4 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	20 3,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	3 1,1%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,2%	0 0,0%	29 0,3%
2029	0 0,0%	0 0,0%	4 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	22 3,8%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	4 1,1%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,2%	0 0,0%	31 0,4%
2030	0 0,0%	0 0,0%	4 0,6%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	24 4,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	4 1,1%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,2%	0 0,0%	33 0,4%

O potencial de redução de demanda máxima com inserção de GFV nas redes do nível A2 da CEMIG D é, portanto, muito pequeno, até menor que na média tensão. Com a inserção de Micro GD Local, chega-se em 2030 a uma redução de 33 MW de demanda máxima, cerca de 0,4% do total das demandas máximas das redes desse nível.

Em relação à capacidade inserida de GFV, isto representa 1,2% de demanda máxima reduzida por capacidade de GFV adicionada.

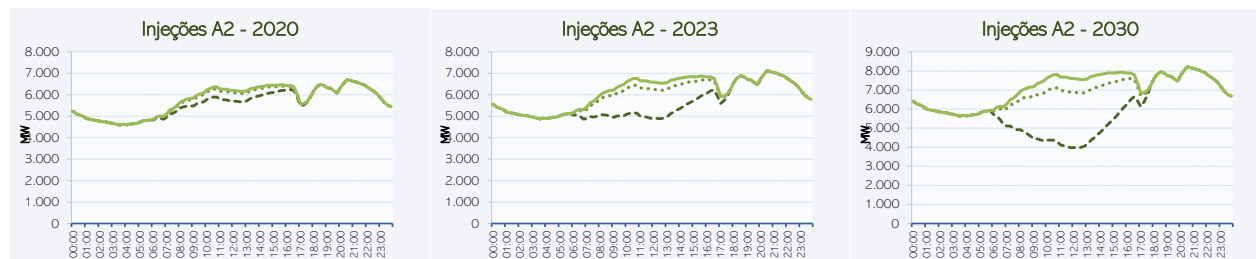
Tabela 10: Redução da demanda máxima em redes A2 da CEMIG D em relação à capacidade instalada de Micro GD Local

Ano	Capacidade Instalada MW	GFV Mínima MW....%
2020	413	11,3 2,7%
2021	808	16,1 2,0%
2022	1.116	19,2 1,7%
2023	1.286	20,8 1,6%
2024	1.400	21,8 1,6%
2025	1.527	23,0 1,5%
2026	1.705	24,6 1,4%
2027	1.935	26,5 1,4%
2028	2.194	28,7 1,3%
2029	2.441	30,8 1,3%
2030	2.646	32,5 1,2%

## 5.2. Inserção de Micro GD Local + Remota

Considerando também a geração Remota, o impacto sobre as redes do nível aumenta consideravelmente. Aqui é importante notar que, além da inserção de Micro GD modelada neste estudo, ainda se prevê para 2023 a entrada de cerca de mais 1,1 GW de unidades de Mini GD e um total de 3,2 GW até 2030.

Figura 16: Total das Redes A2 da CEMIG D com inserção de Micro GD Local + Remota





Conforme apontado na seção anterior, as possibilidades de redução de demanda máxima nas redes de A2 são reduzidas. No entanto, a inserção de GFV permite uma maior redução da demanda do Tipo 7.

Figura 17: Tipo 7 das Redes A2 da CEMIG D com inserção de Micro GD Local + Remota

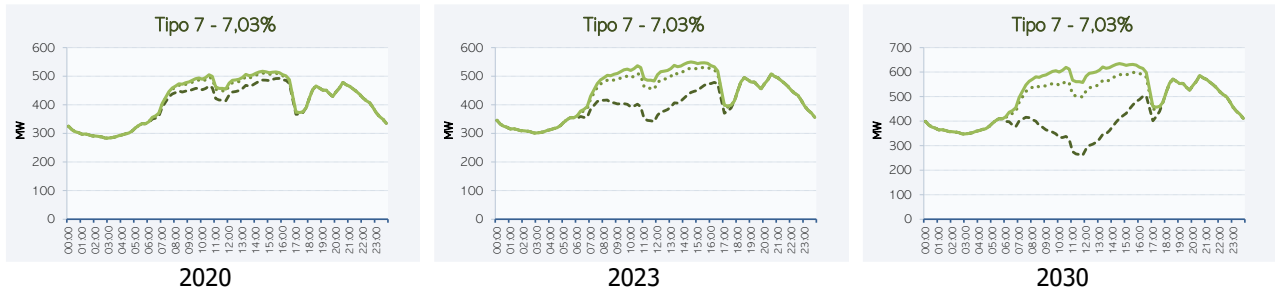


Tabela 11: Redução da Demanda Máxima das Redes A2 com inserção da Micro GD Local + Remota em dias de GFV mínima

Tipo	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12	Tipo 13	Tipo 14	Tipo 15	Tipo 16	Tipo 17	Tipo 18	Tipo 19	Tipo 20	Tipo 21	Tipo 22	Total	
DMáx. 2020	337	293	529	856	822	688	492	174	538	473	258	101	158	441	29	176	22	52	137	80	394	80	7.130	
2020	0	0	3	0	0	0	6	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	13	
	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,2%
2021	0	0	3	0	0	0	11	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	19	
	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	2,3%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,3%
2022	0	0	3	0	0	0	15	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	23	
	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	3,1%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,3%
2023	0	0	3	0	0	0	19	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	26	
	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	3,7%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,3%
2024	0	0	3	0	0	0	22	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	30	
	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	4,2%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,4%
2025	0	0	4	0	0	0	25	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	33	
	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	4,6%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,4%
2026	0	0	4	0	0	0	27	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	35	
	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,4%
2027	0	0	4	0	0	0	29	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	38	
	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	5,3%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,5%
2028	0	0	4	0	0	0	32	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	40	
	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	5,6%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,5%
2029	0	0	4	0	0	0	34	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	43	
	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	5,9%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,5%
2030	0	0	4	0	0	0	35	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	44	
	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	6,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,5%

No conjunto, no entanto, a inserção maior diminui a redução percentual de demanda máxima nas redes por cada unidade de capacidade de GFV adicionada, caindo para 1% em 2030.

Tabela 12: Redução da demanda máxima em redes A2 da CEMIG D em relação à capacidade instalada de Micro GD Local + Remota

Ano	Capacidade Instalada	GFV Min	
2020	573	13,5	2,3%
2021	1.089	18,8	1,7%
2022	1.579	22,9	1,4%
2023	1.997	26,4	1,3%
2024	2.382	29,6	1,2%
2025	2.749	32,6	1,2%
2026	3.101	35,2	1,1%
2027	3.447	37,8	1,1%
2028	3.779	40,3	1,1%
2029	4.073	42,5	1,0%
2030	4.306	44,4	1,0%

## 6. CONCLUSÃO

Mostrou-se neste trabalho que o impacto esperado da inserção da MMGD no comportamento da carga das redes de distribuição da CEMIG D é muito relevante.

Mesmo desconsiderando as projeções para além de 2023, que supõem a entrada mais massiva de unidades geradoras de menor porte, a inserção projetada até o ano da próxima revisão da empresa já irá trazer alterações significativas na configuração das redes. Como pode ser visto na projeção da inserção apresentada no Anexo I - *Projeção da Inserção da MMGD na CEMIG D*, em 2023, a MMGD Local e Remota possivelmente já atenderá a cerca de 5% dos clientes de baixa tensão e 19% do consumo de energia desse nível de tensão.

A apresentação dos gráficos, tanto da geração máxima quanto da geração mínima tem um propósito pois, do ponto de vista do planejamento e operação do sistema as duas condições são importantes.

Em primeiro lugar, as redes devem ser dimensionadas de modo que atendam à carga mesmo nos dias nublados. Logo, do ponto de vista de economia de investimento, só é possível levar em consideração a geração mínima verificando, nessa condição, a redução da demanda máxima das redes em cada nível. E nos dias nublados concluiu-se que, de fato, a redução dos custos de expansão na rede de distribuição com a inserção da MMGD é pouco significativa, principalmente em empresas como a CEMIG D. O alívio da demanda máxima das redes representa apenas 0,7% das demandas máximas somadas das redes de baixa tensão, 1,7% das demandas máximas das redes de média tensão e 0,5% das demandas máximas das redes de 138 kV da CEMIG D.

Por outro lado, as redes também devem ser capazes de transportar toda a geração nos dias de geração máxima. Assim, é a geração máxima que deve ser levada em conta quando se analisa os casos de fluxo inverso nas redes e transformadores. Essa análise foi feita no Anexo IV - *Impacto nas Curvas de Carga e nas Perdas das Redes de Distribuição utilizando Simulação de Fluxo de Potência*, na qual se constatou que alguns alimentadores, conforme o nível de inserção, podem ter aumento de fluxo máximo, no sentido reverso, principalmente nos finais de semana, em que a carga

é menor, devido à presença de clientes do Subgrupo B3 e de média tensão, que demandam menos nesses dias, ensejando custo de investimento.

Além disso, a situação de geração máxima é a que mostra a alteração mais significativa do fluxo diurno na rede, com o declínio da carga no início do dia, podendo ser seguida de inversão de fluxo, como também a rampa ainda maior ao final do dia, podendo sair de um fluxo reverso para uma carga de pico às 18 h, na maioria das redes, o que deve gerar grandes problemas operativos, para os quais a distribuidora deve estar preparada, e provavelmente custos adicionais, inclusive de investimentos.

De forma que a conclusão é que não existe redução de custos de rede com a inserção da MMGD na rede de distribuição. Haverá apenas redução das perdas técnicas de energia, cujos estudos estão também apresentados no Anexo IV.

Por fim, deve-se reiterar que toda a análise apresentada neste relatório foi feita com curvas médias e com insolação mínima coincidente e máxima coincidente em todos transformadores, alimentadores e redes de alta tensão. As redes individuais irão apresentar comportamentos muito mais variados que os mostrados aqui.

Em todos os níveis foram vistas redes com uma inserção de MMGD que chega a igualar ou até ultrapassar a carga atual do conjunto de redes agrupadas no tipo. No entanto, o que ocorrerá em cada unidade é que haverá redes com mais geração que a média e outras com menos. Assim, em algumas redes o fluxo irá inverter muito e em outras menos ou nada. Este mesmo efeito pode ser observado quando se compara as curvas dos tipos com a curva total. Enquanto na curva total das redes de baixa tensão com inserção de geração Local e Remota se começa a ter inversão de fluxo em 2025, nos tipos separadamente, observa-se que a inversão de fluxo ocorre em várias redes já a partir de 2022 e 2023.

Por outro lado, a geração máxima não ocorrerá simultaneamente em todos os transformadores de toda área de concessão. O reflexo nos alimentadores da microgeração na baixa tensão pode ser menor por conta da não coincidência de geração máxima (pleno sol) de cada GFV, mas é possível que haja coincidência, a depender do tamanho do alimentador. No entanto na alta tensão, com certeza haverá uma diversidade no nível de insolação nas unidades de GFV de toda área atendida pelas subestações AT/AT, AT/MT e linhas de alta tensão, que reduzirá o nível máximo de injeção coincidente nesses elementos da rede em comparação à geração máxima em cada unidade.

Na próxima revisão a CEMIG D deve ampliar sua amostra da Campanha de Medidas de forma a estudar mais detalhadamente o comportamento dos *prosumidores* e o reflexo nas redes levando em consideração essa diversidade no nível de geração de cada unidade de geração fotovoltaica.

## 7. EVOLUÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE REDE COM INSERÇÃO DA MMGD

---

Os gráficos a seguir apresentam a evolução do comportamento das redes de baixa, média e alta tensão com a inserção da MMGD de 2020 a 2030.

Figura 18: Efeito da Inserção de Micro GFV Local nas redes Urbanas de Baixa Tensão com tarifação vigente da CEMIG-D em 2020

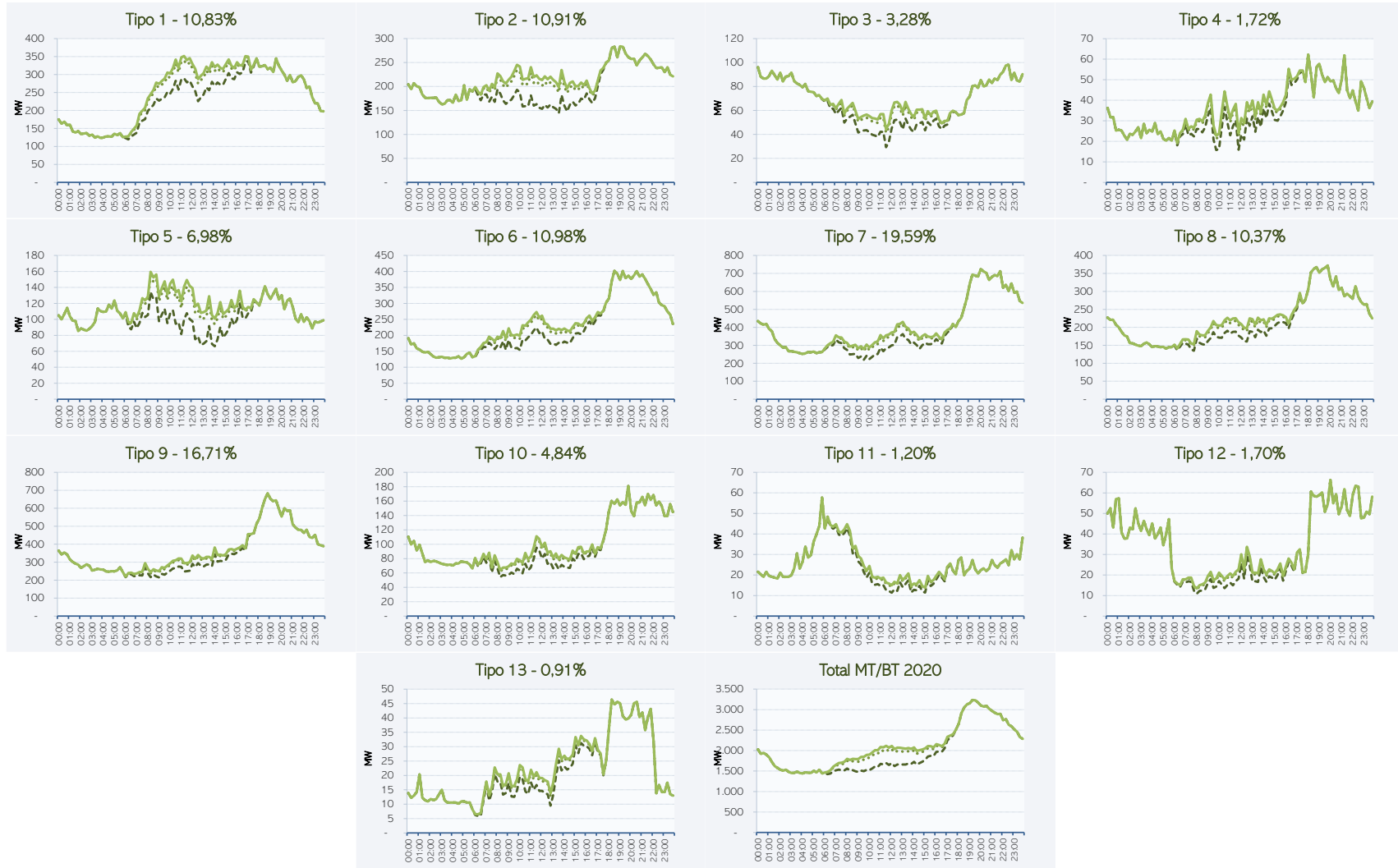


Figura 19: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2021

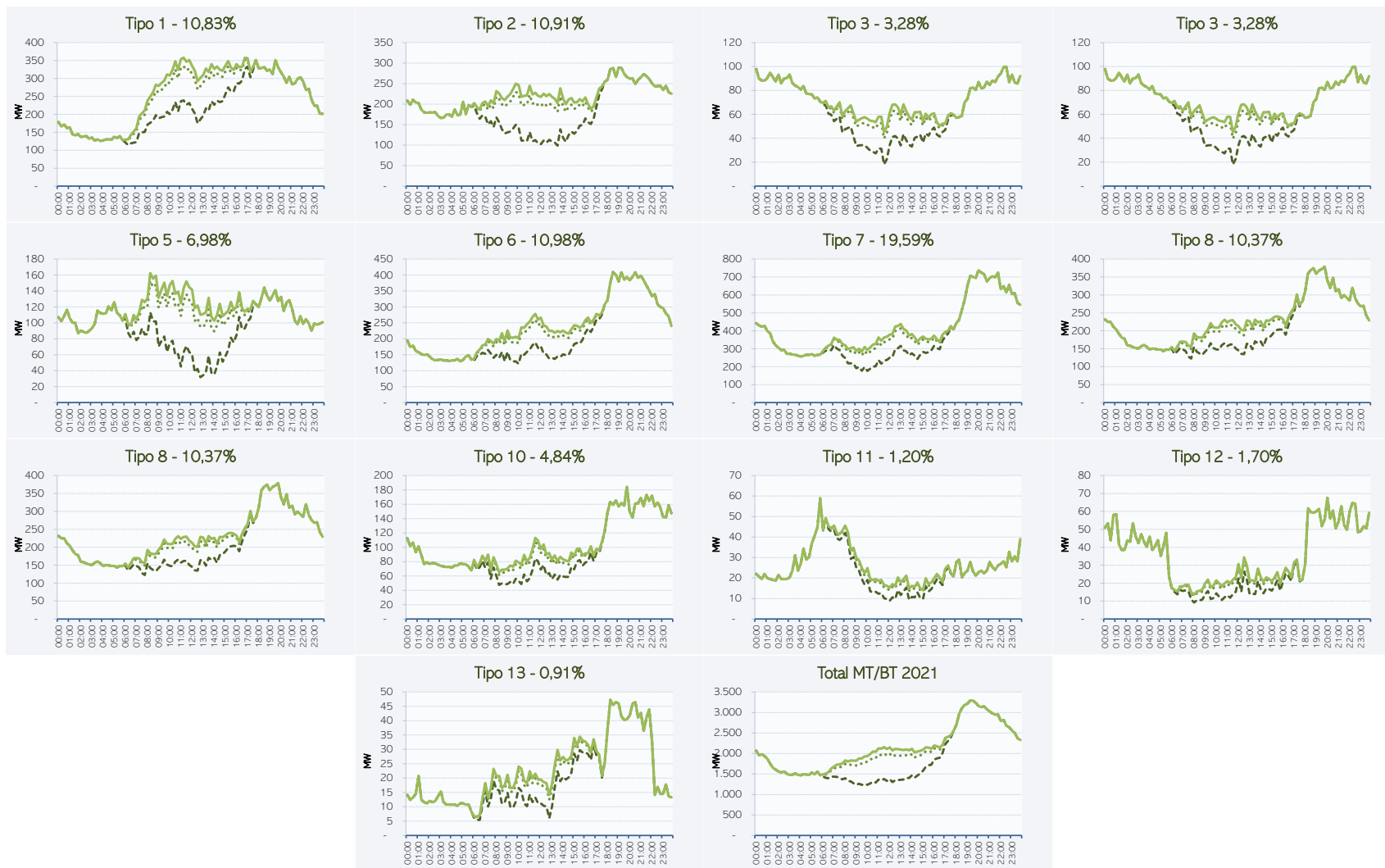


Figura 20: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2022

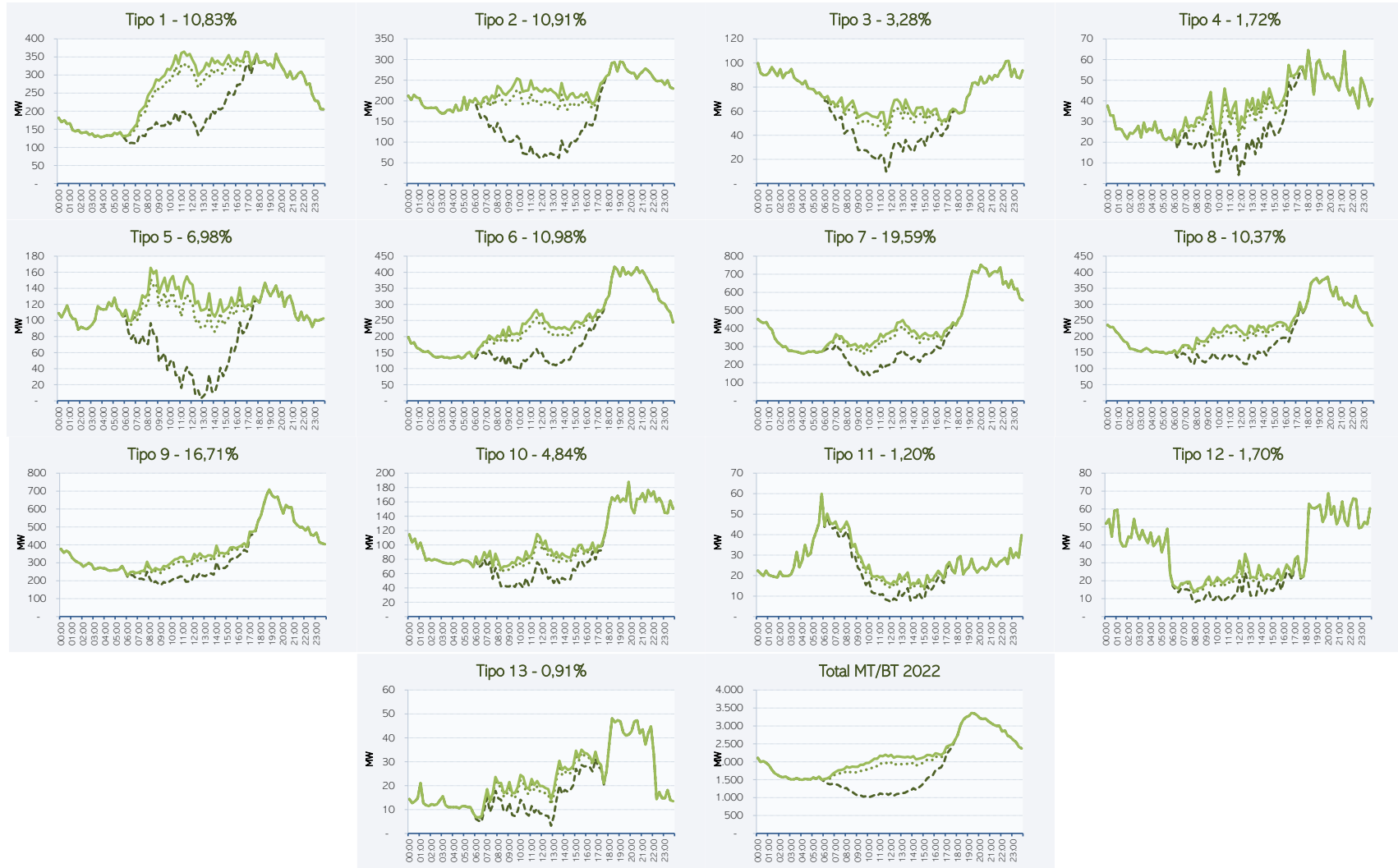




Figura 21: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2023

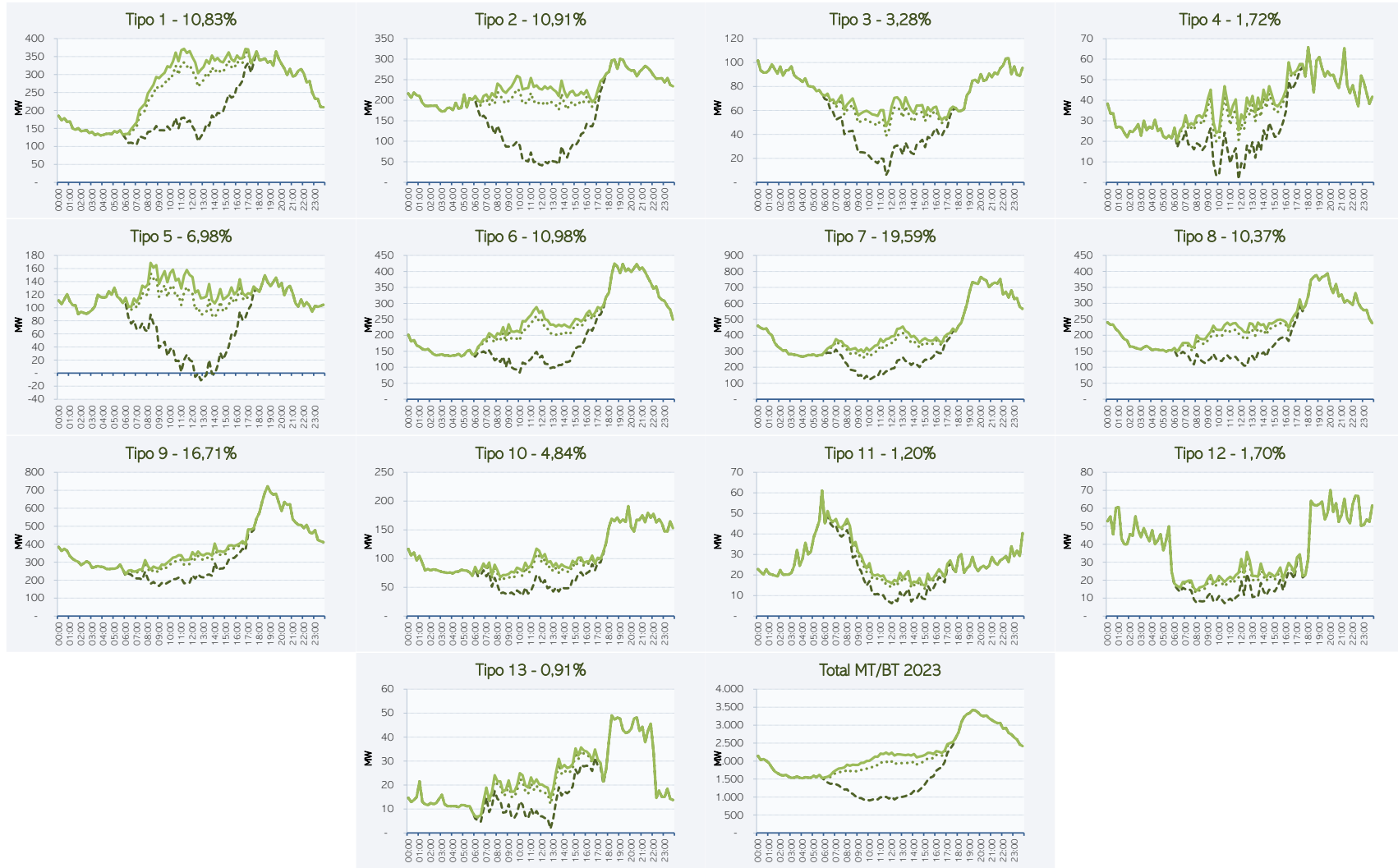


Figura 22: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2024

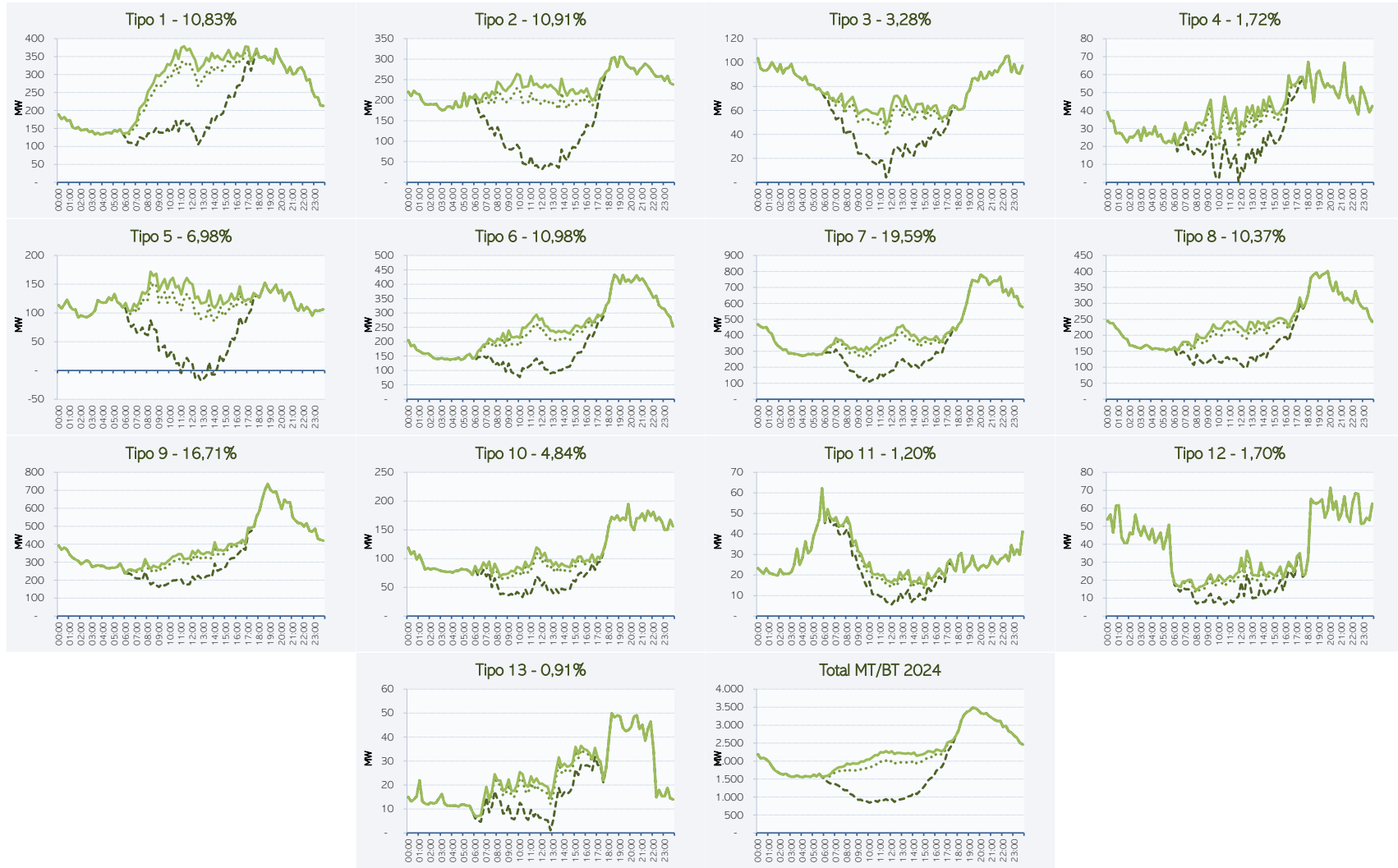


Figura 23: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2025

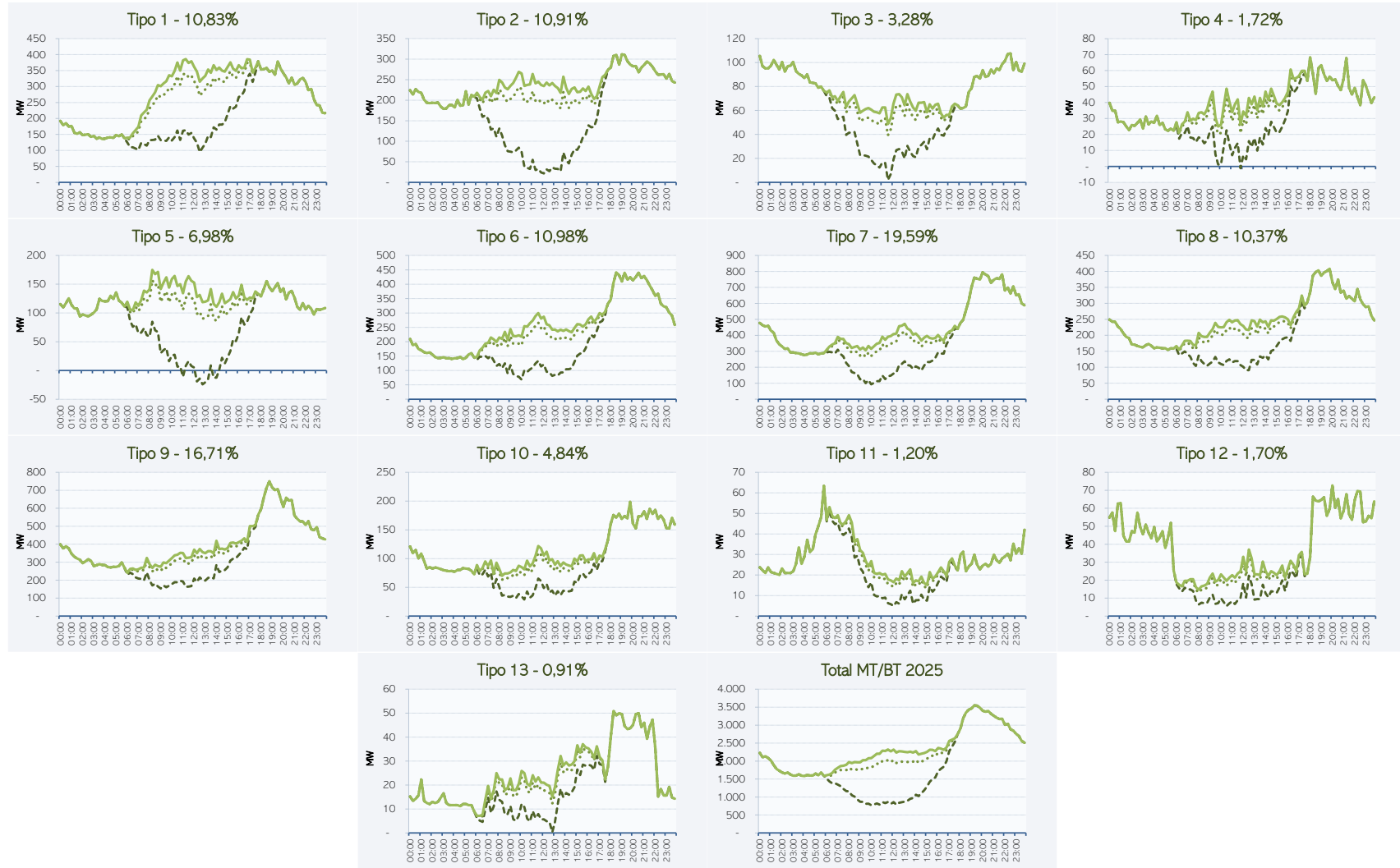


Figura 24: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2026

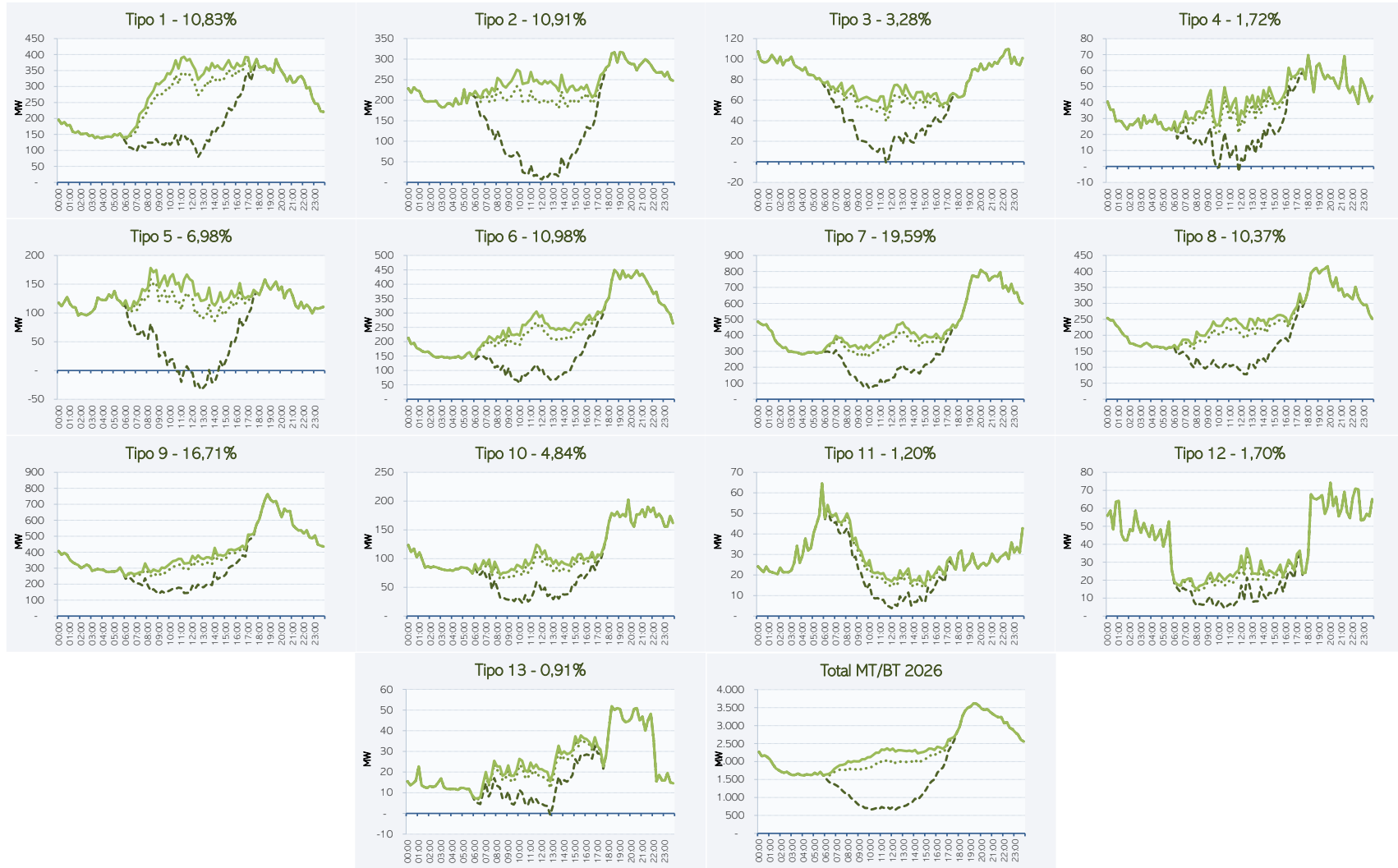


Figura 25: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2027

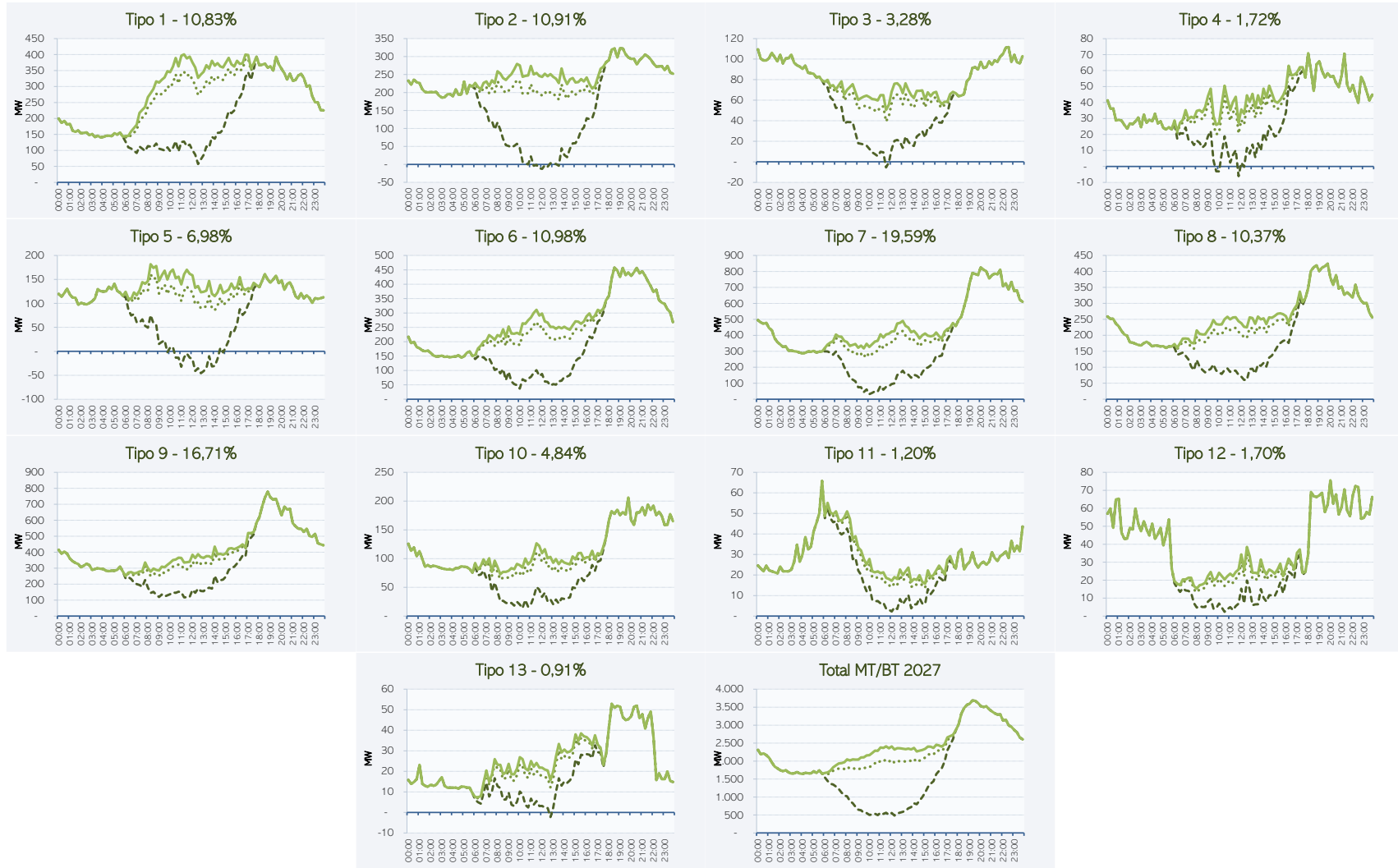


Figura 26: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2028

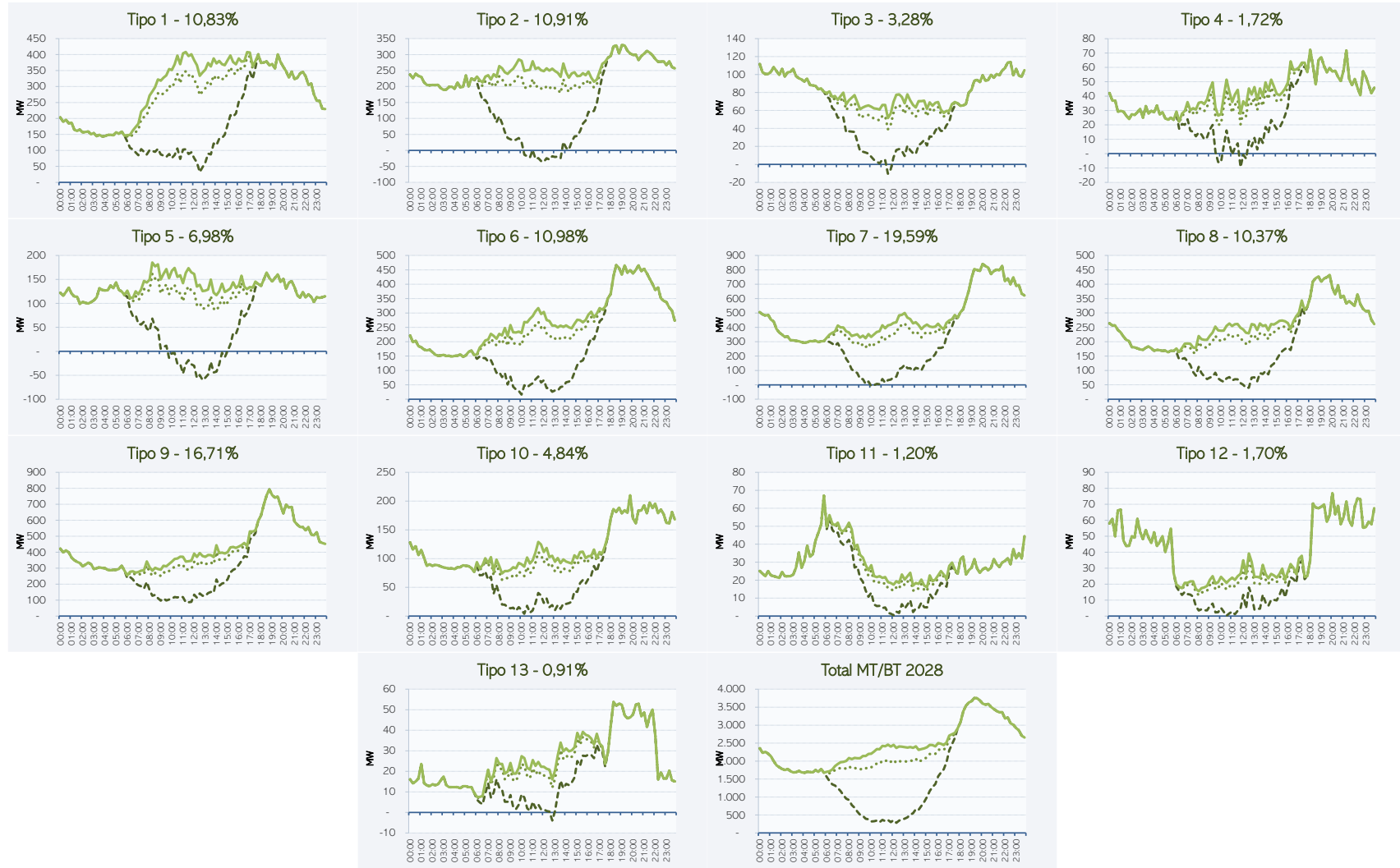


Figura 27: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2029

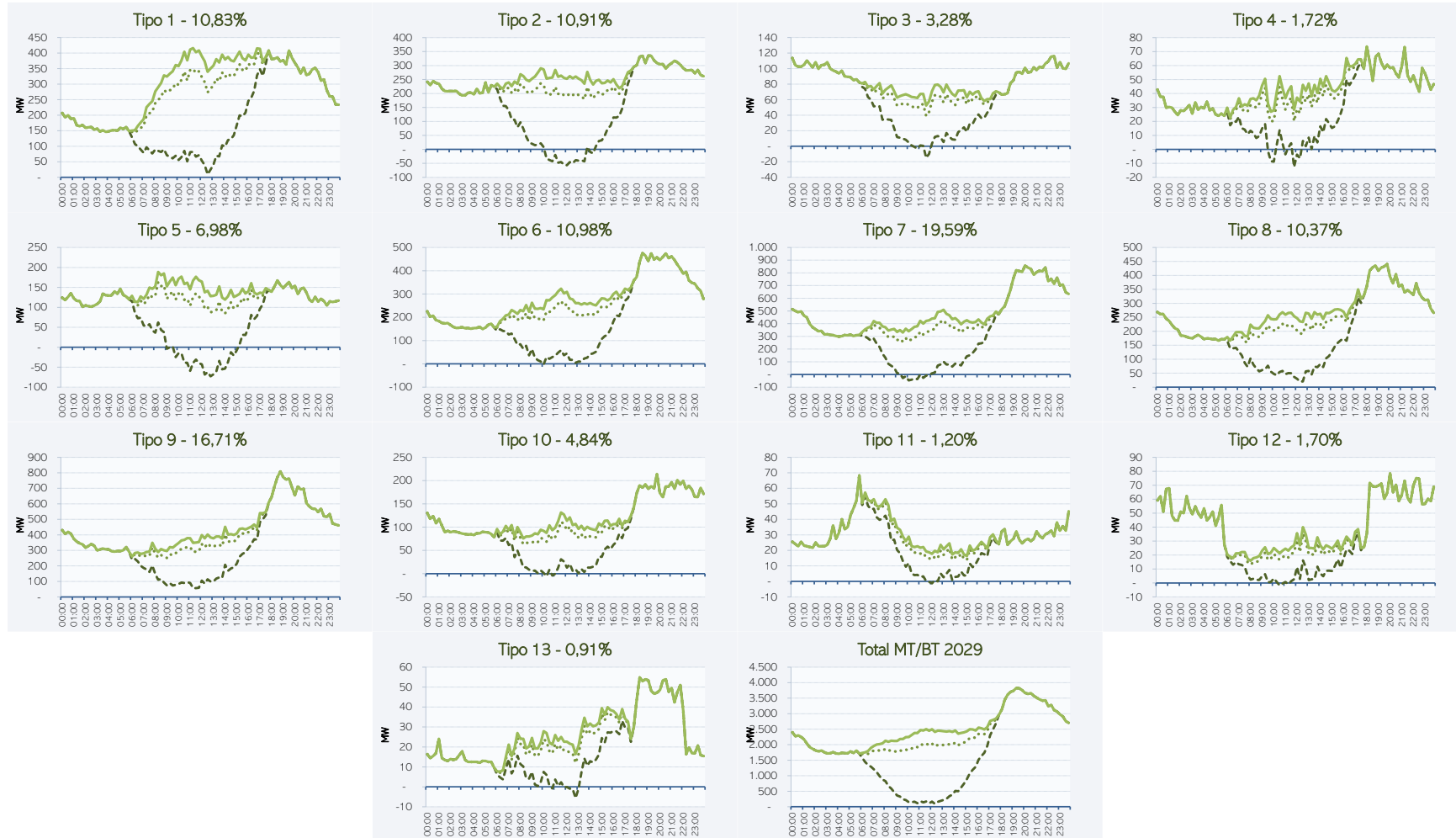




Figura 28: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2030

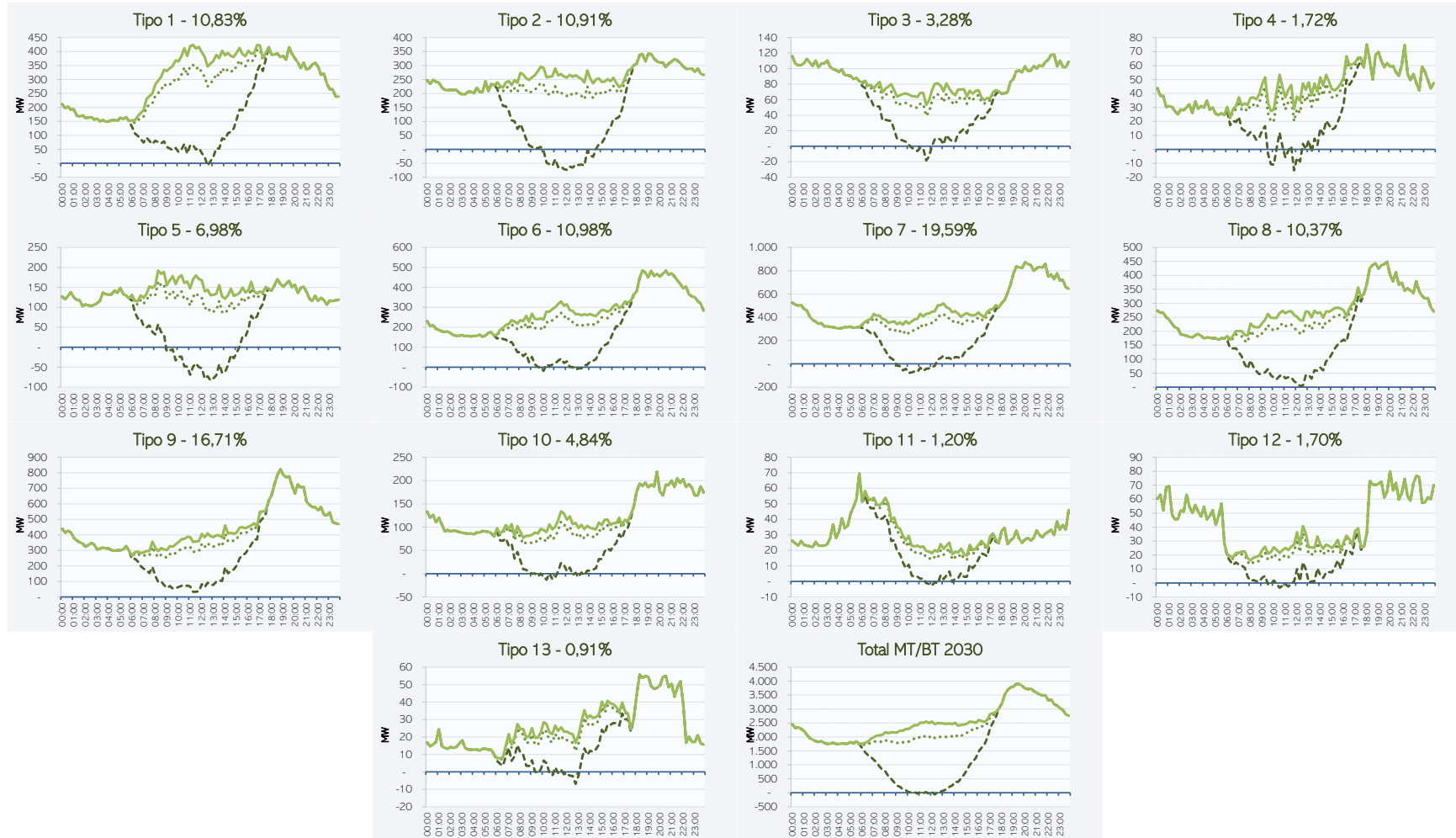




Figura 29: Efeito da Inserção de Micro GFV Local nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2020

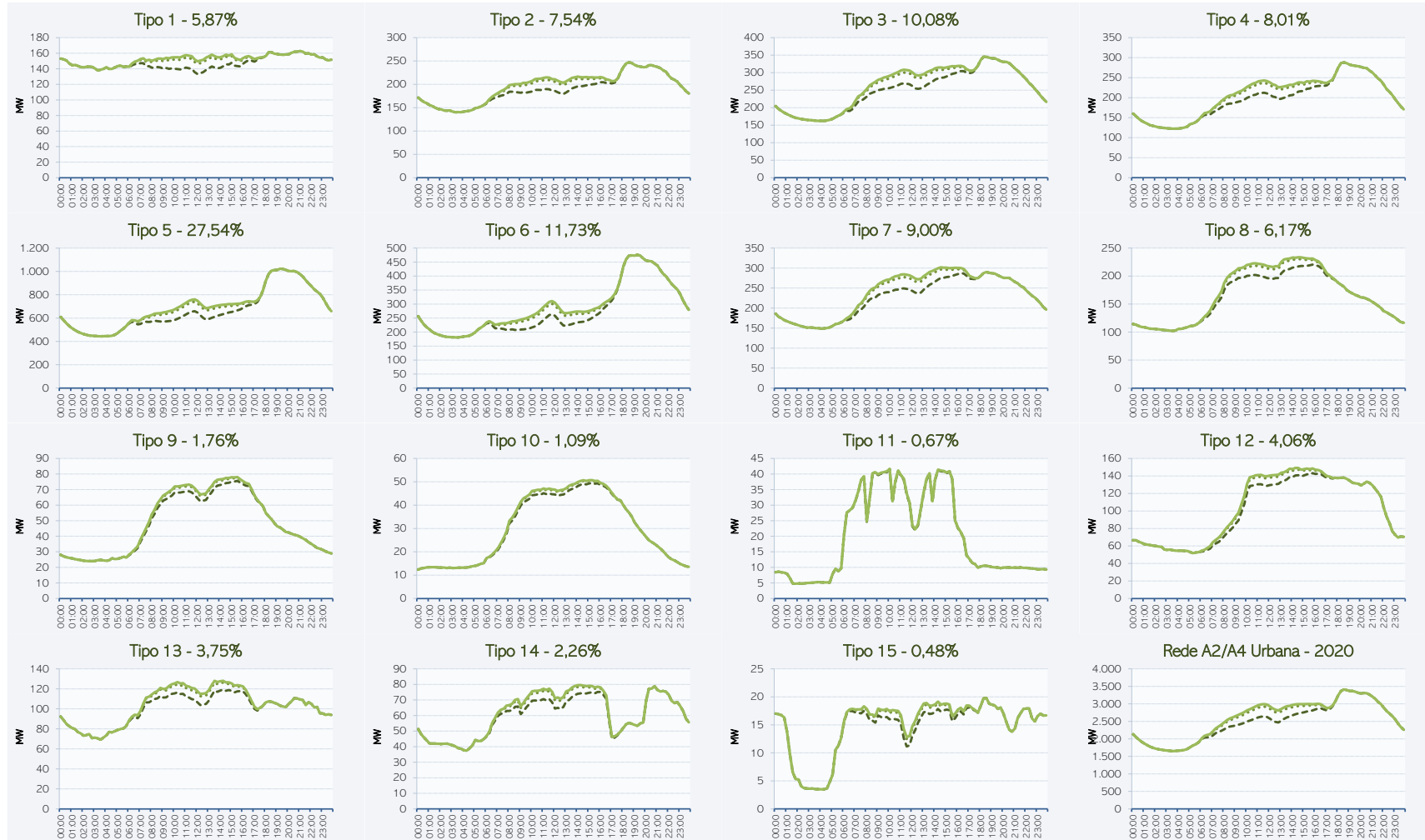


Figura 30: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2021

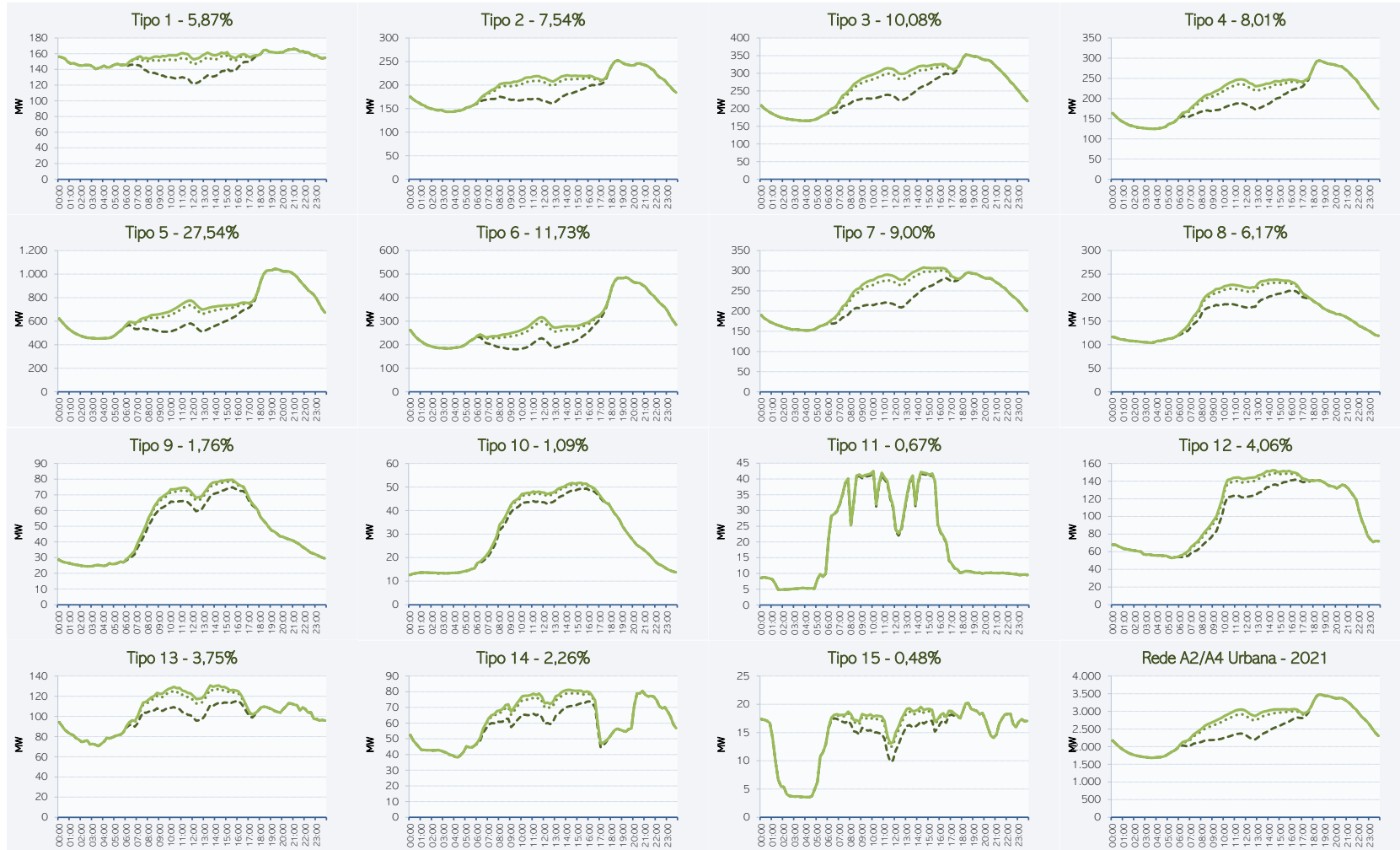


Figura 31: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2022



Figura 32: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2023



Figura 33: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2024



Figura 34: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2025

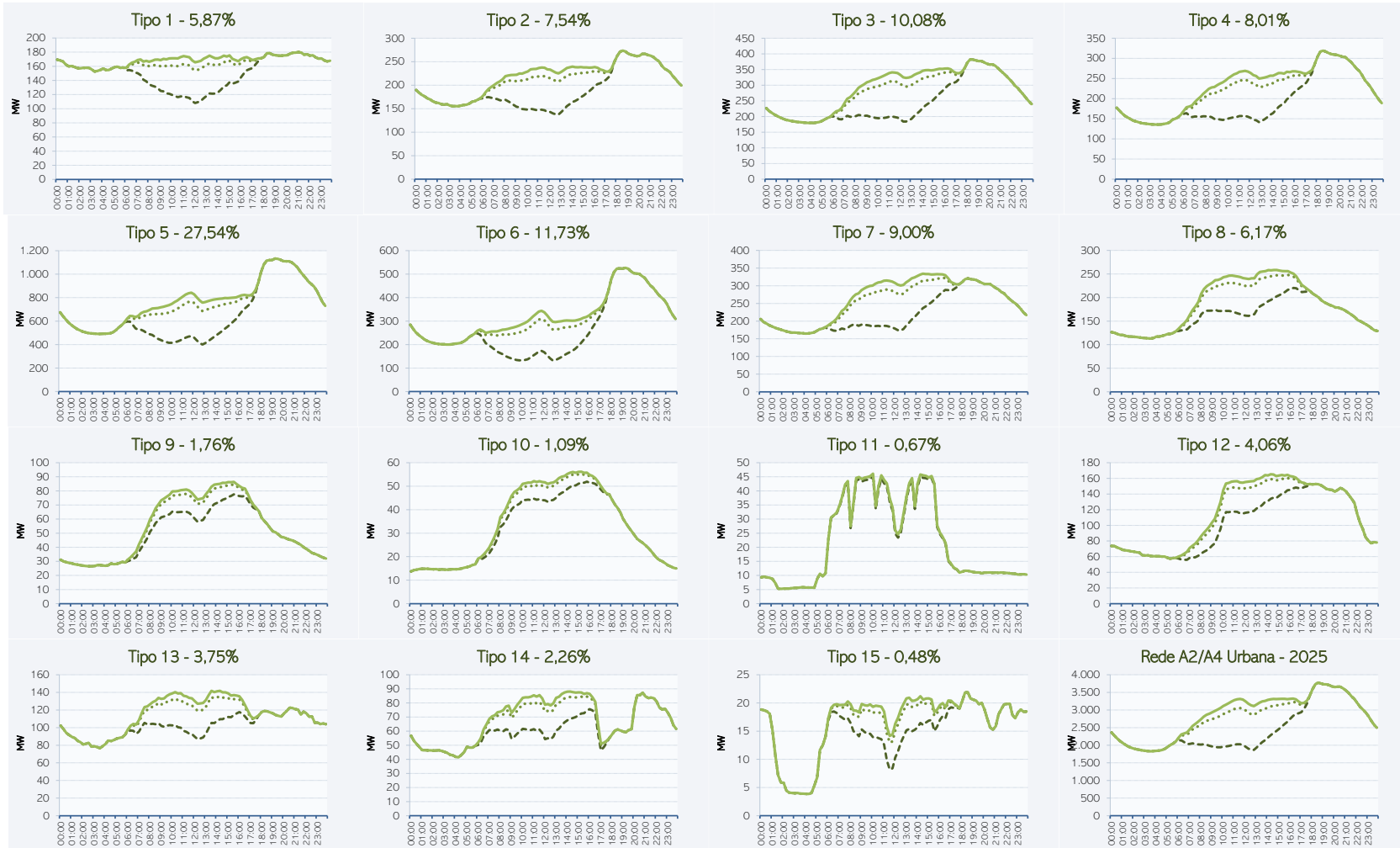


Figura 35: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2026



Figura 36: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2027





Figura 37: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2028



Figura 38: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2029

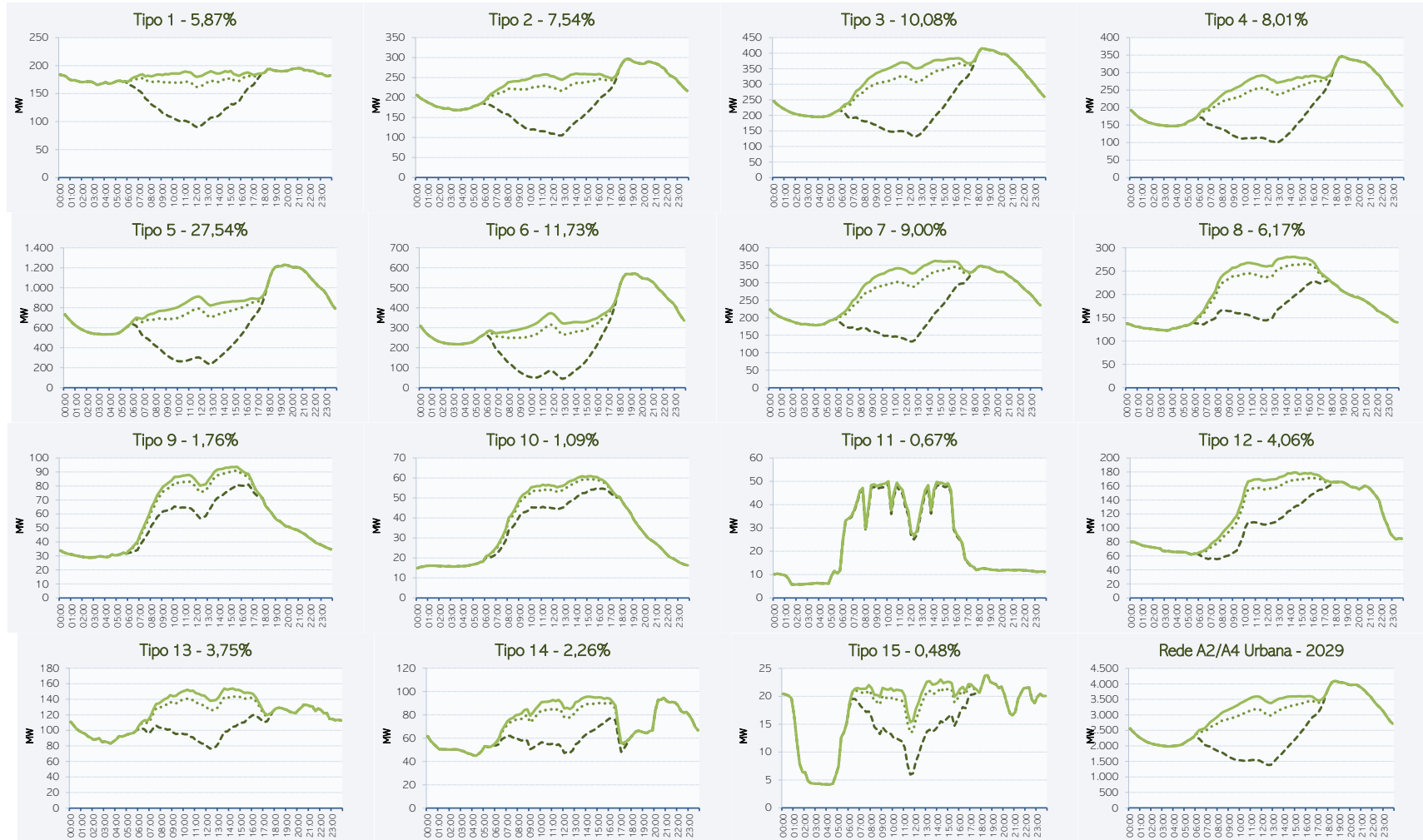


Figura 39: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2030



Figura 40: Efeito da Inserção de Micro GFV Local nas redes A2 da CEMIG-D em 2020

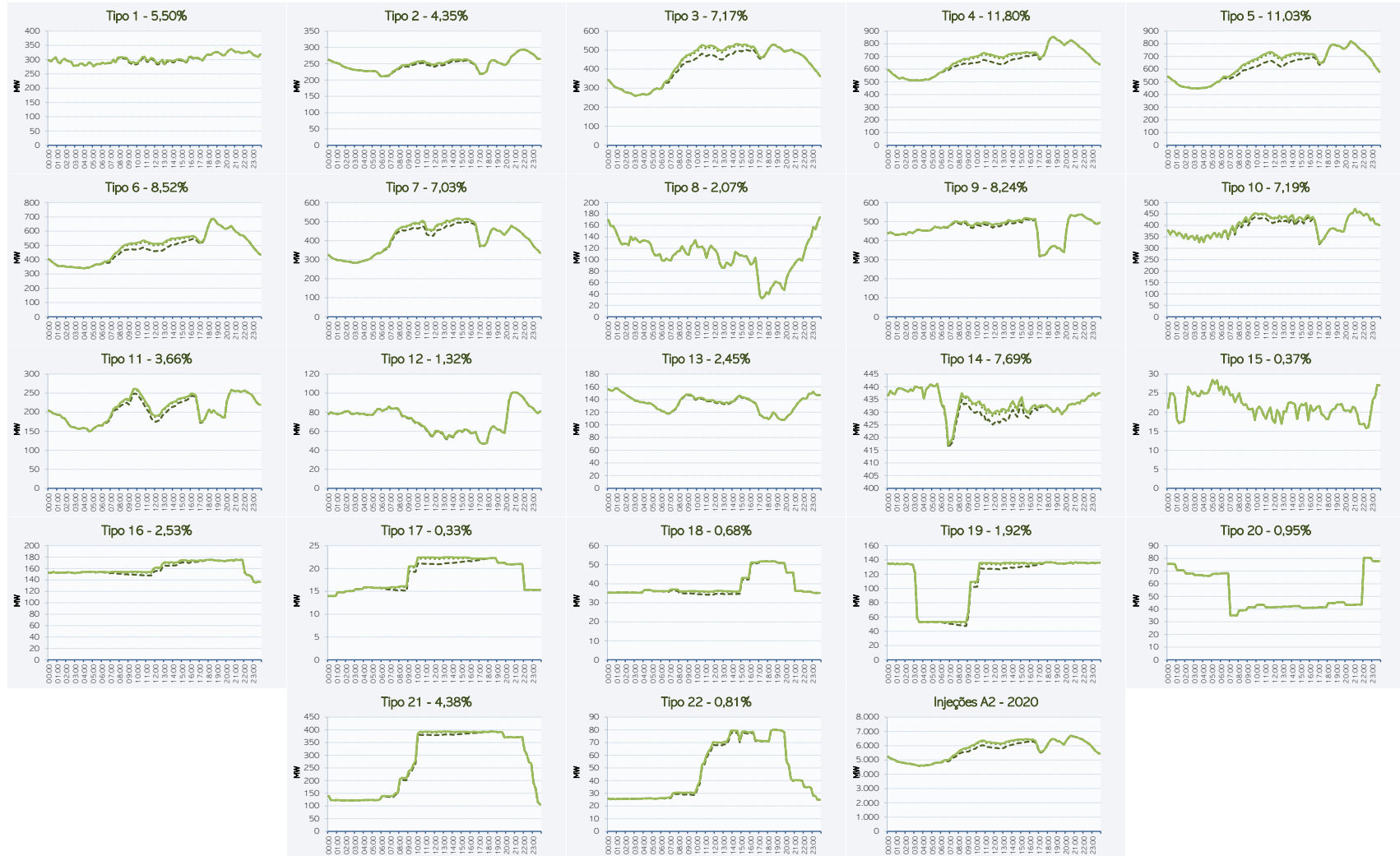


Figura 41: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2021

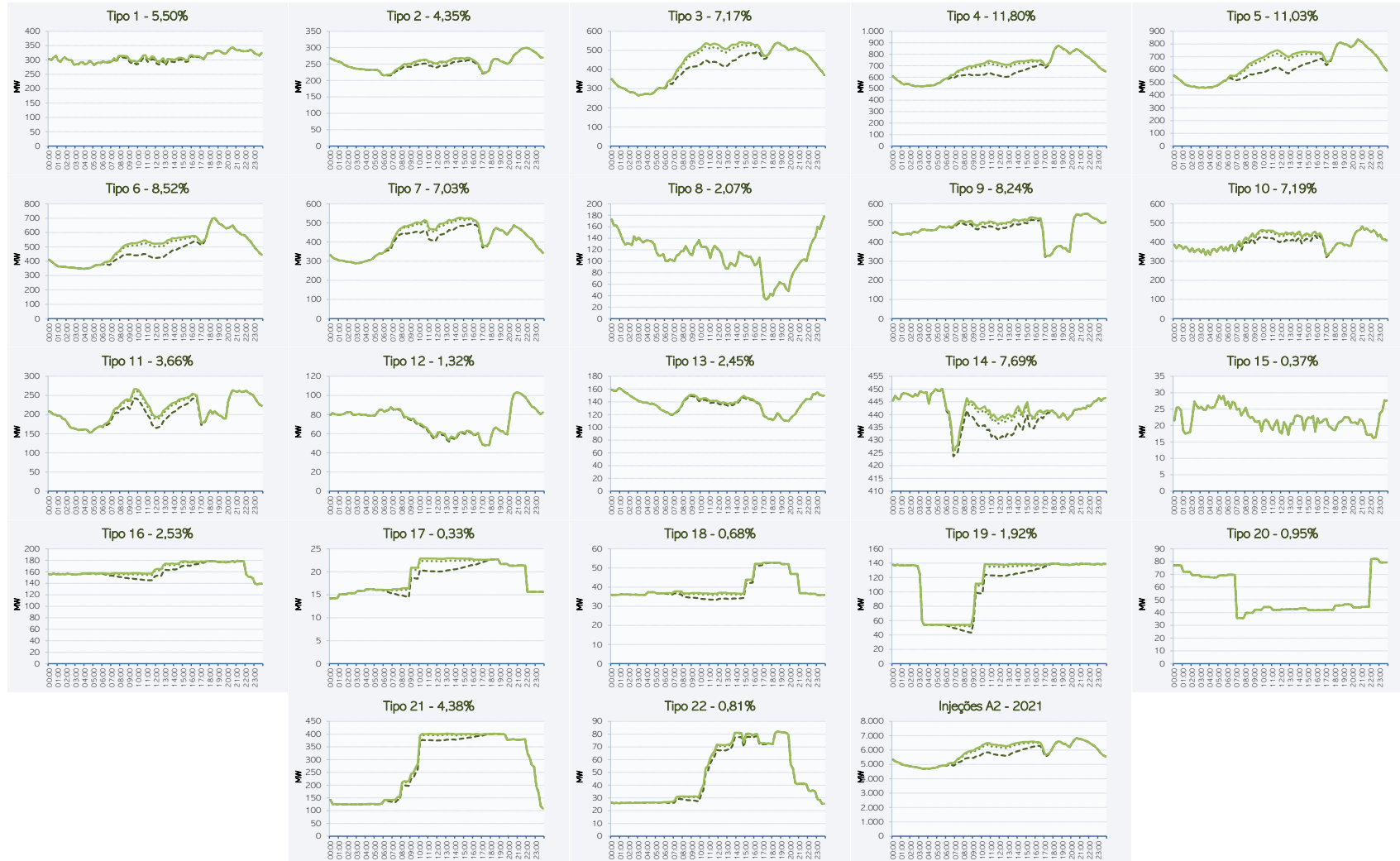


Figura 42: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2022

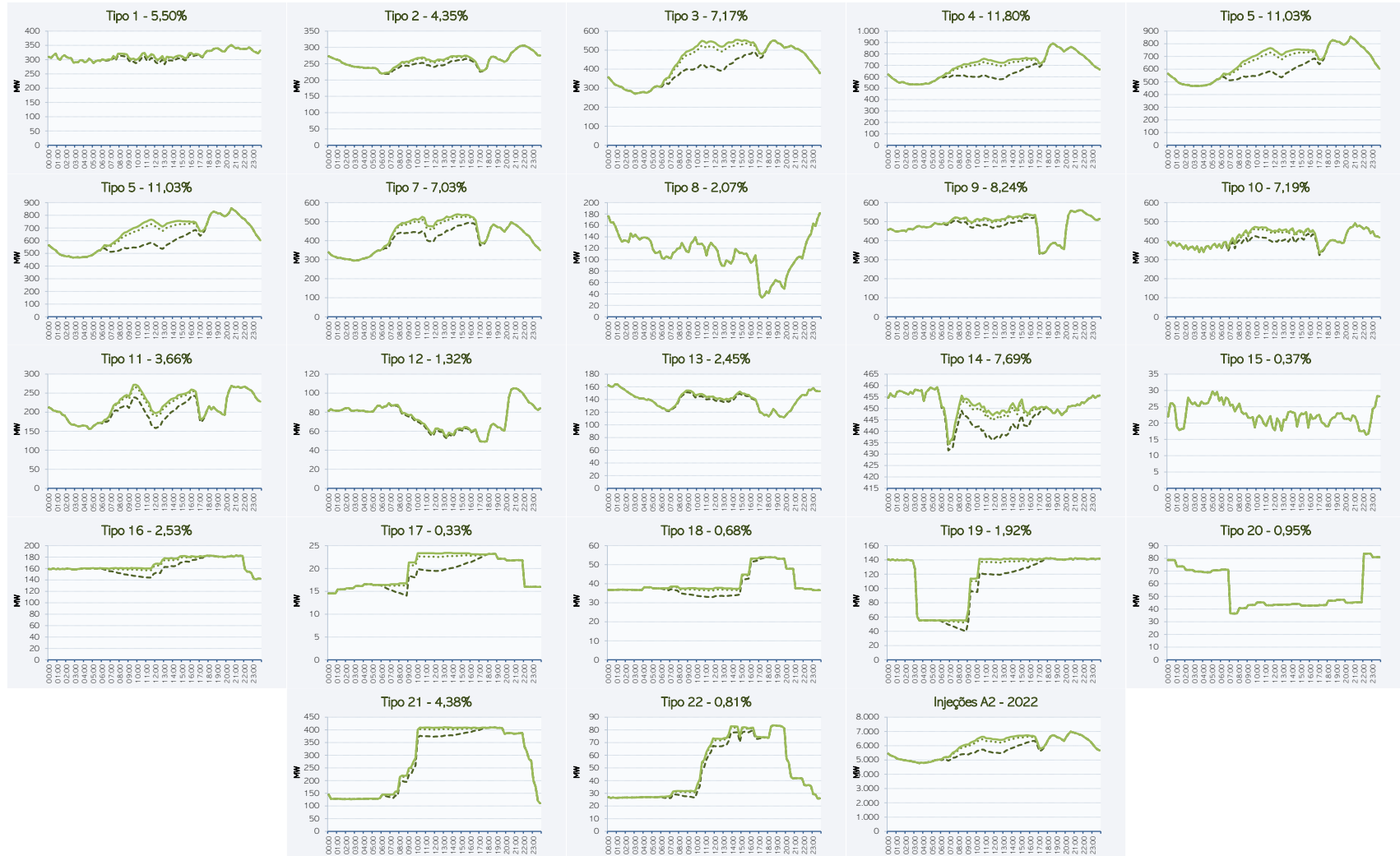


Figura 43: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2023

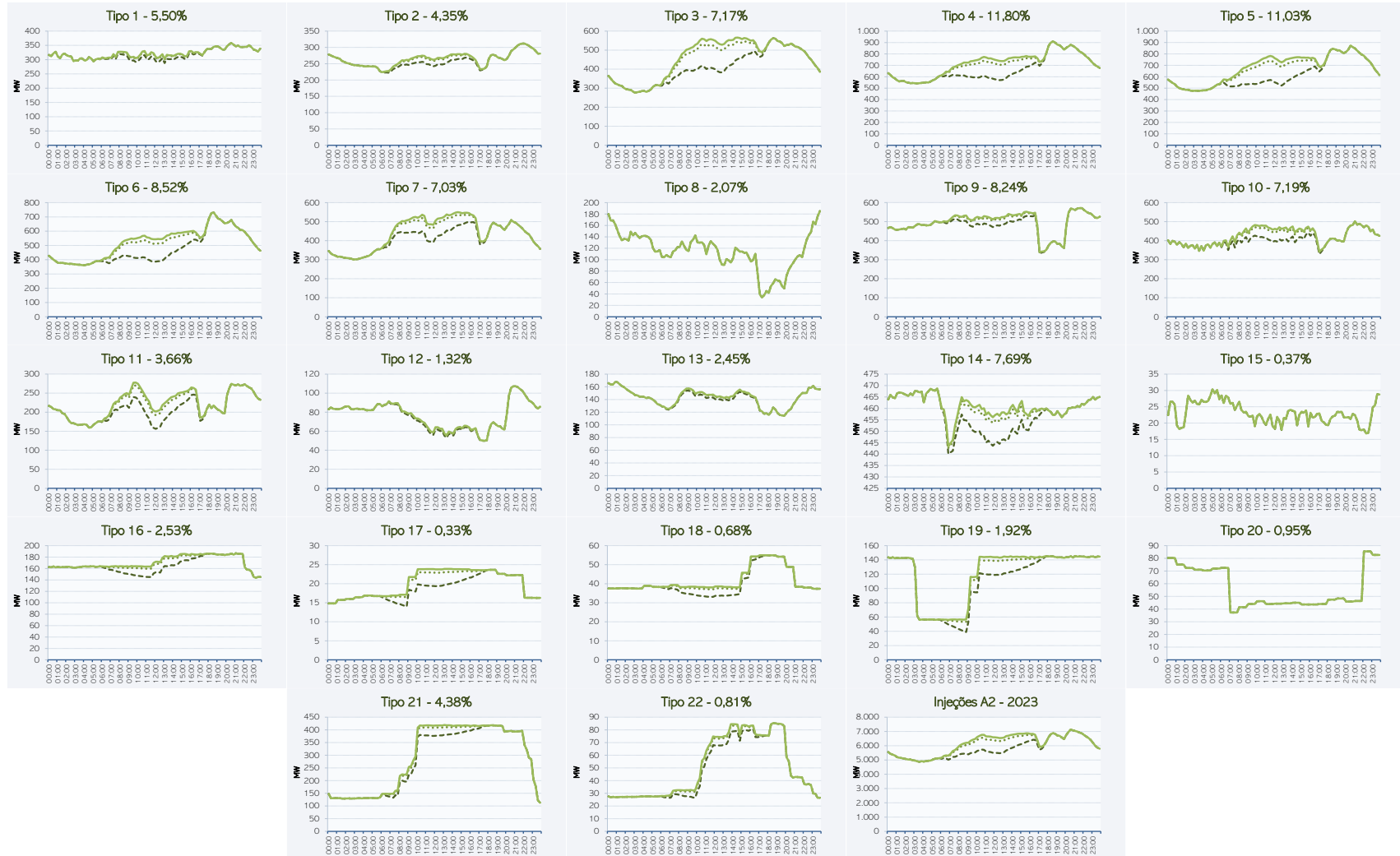


Figura 44: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2024

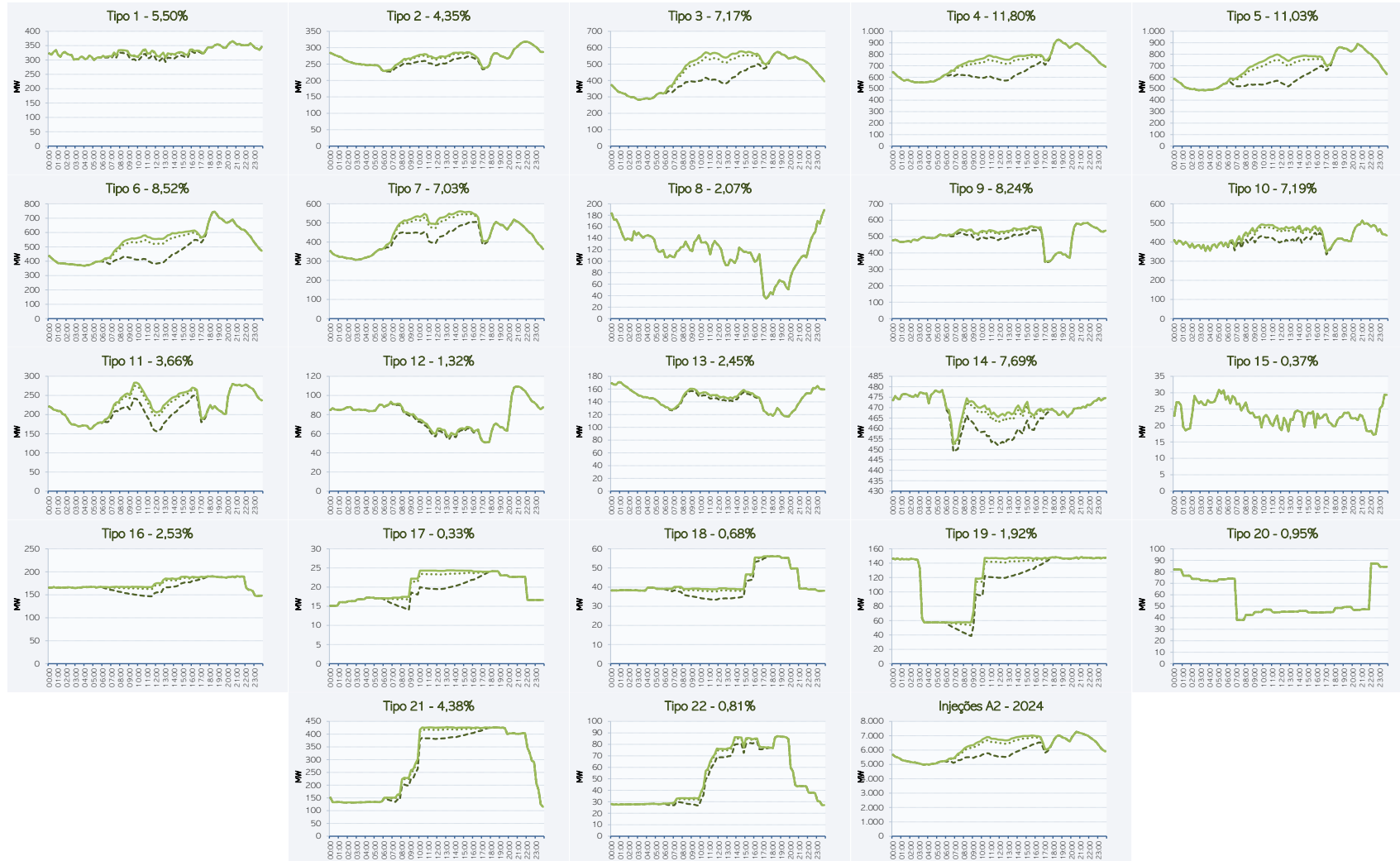




Figura 45: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2025

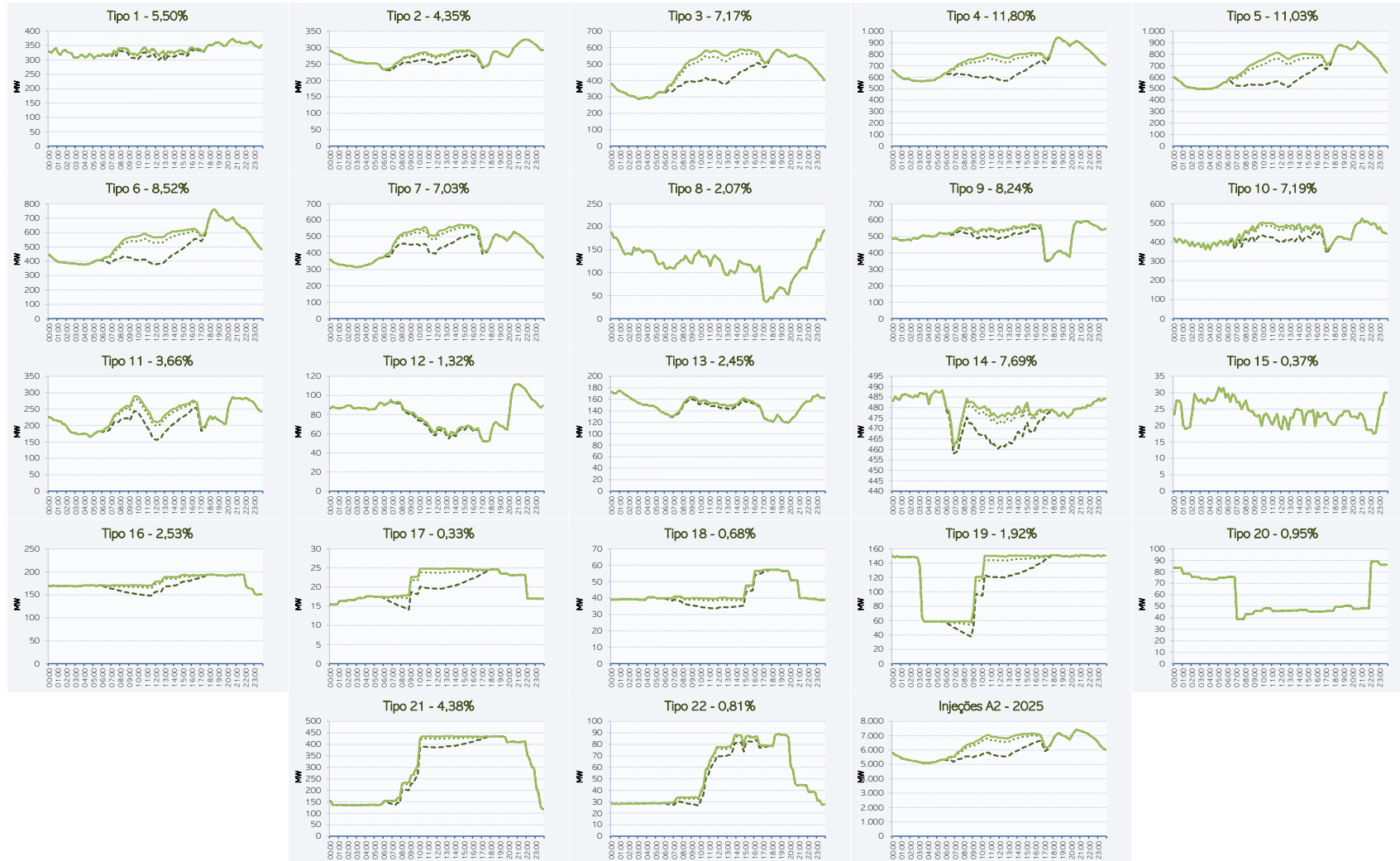


Figura 46: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2026

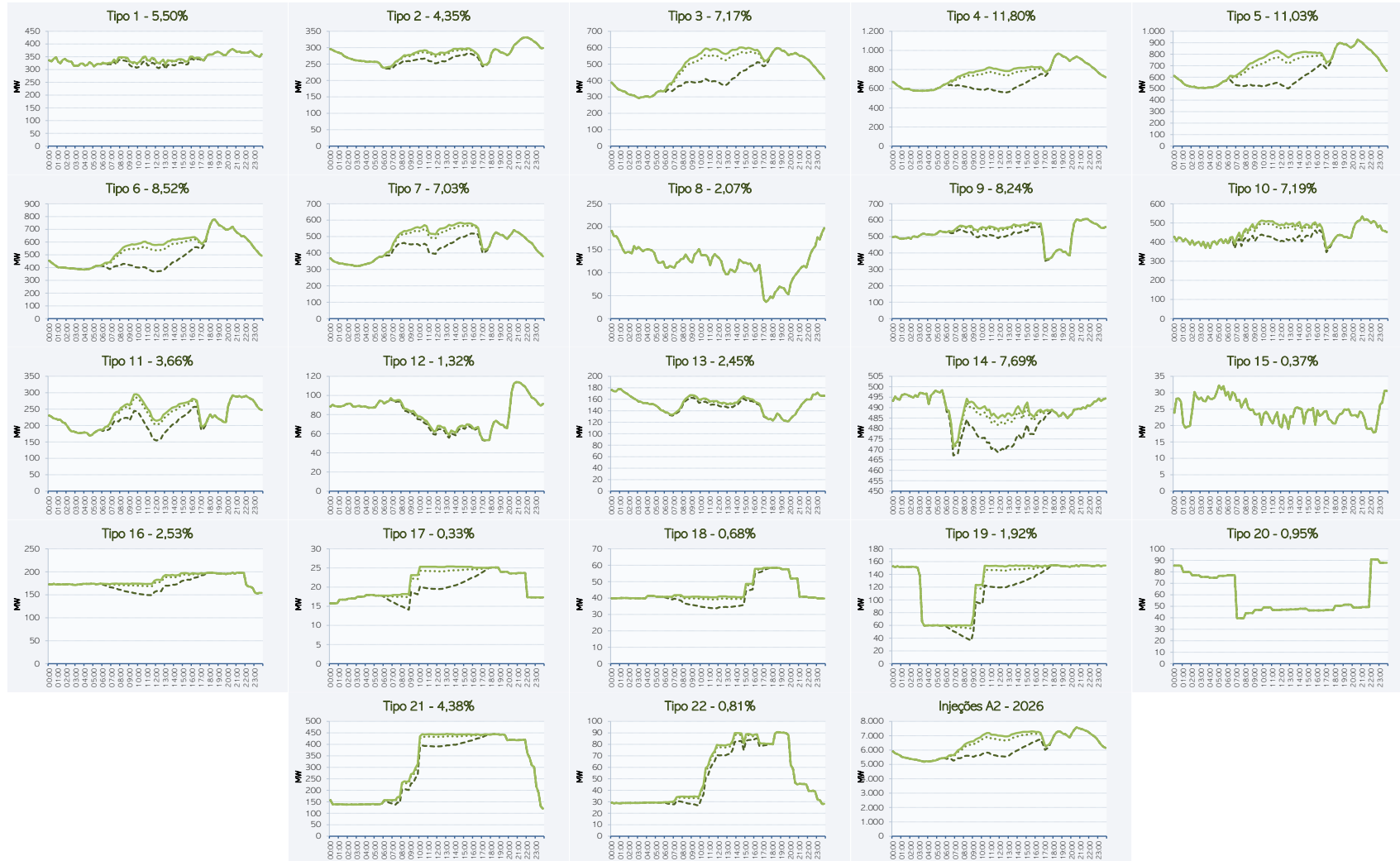


Figura 47: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2027

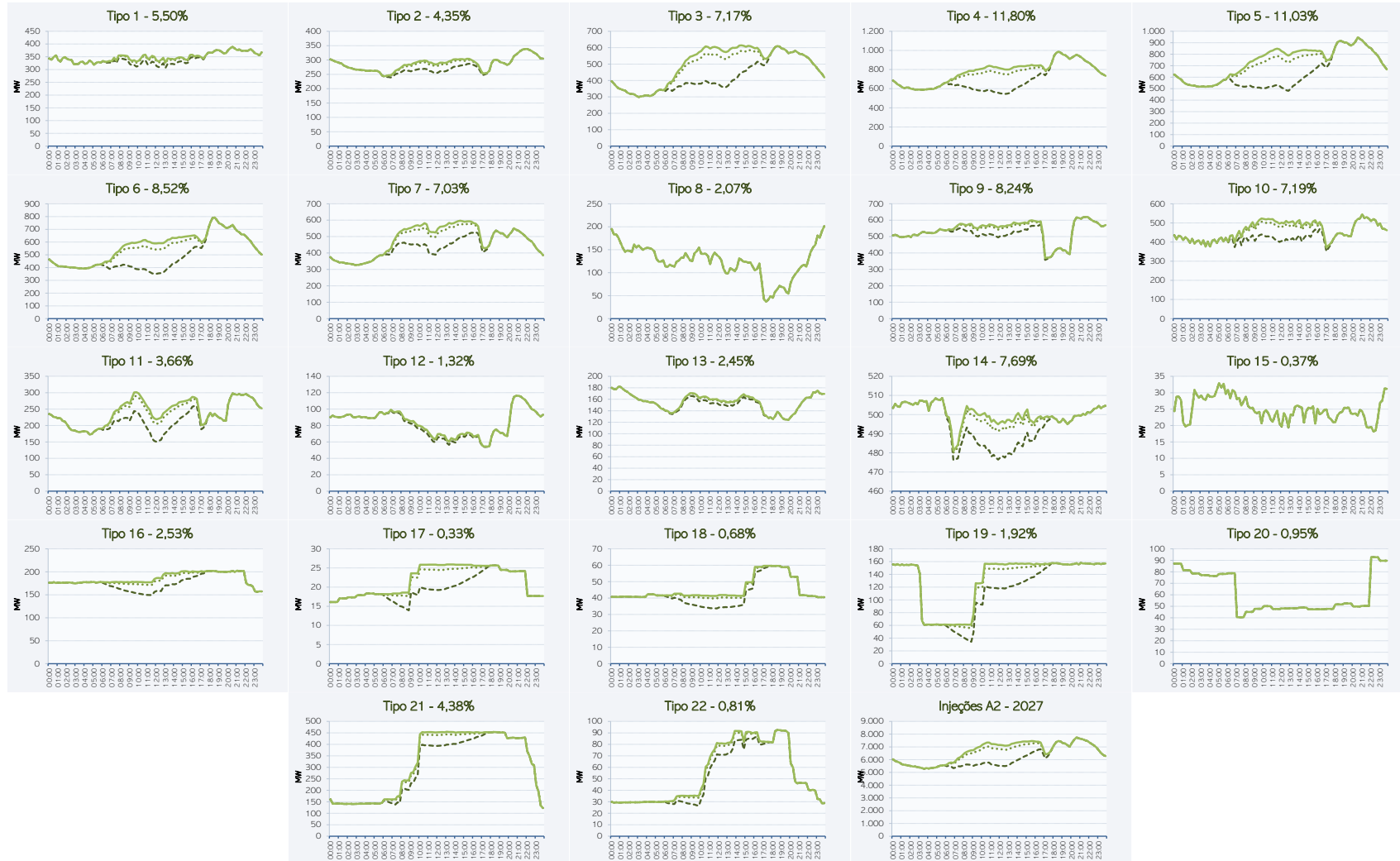


Figura 48: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2028

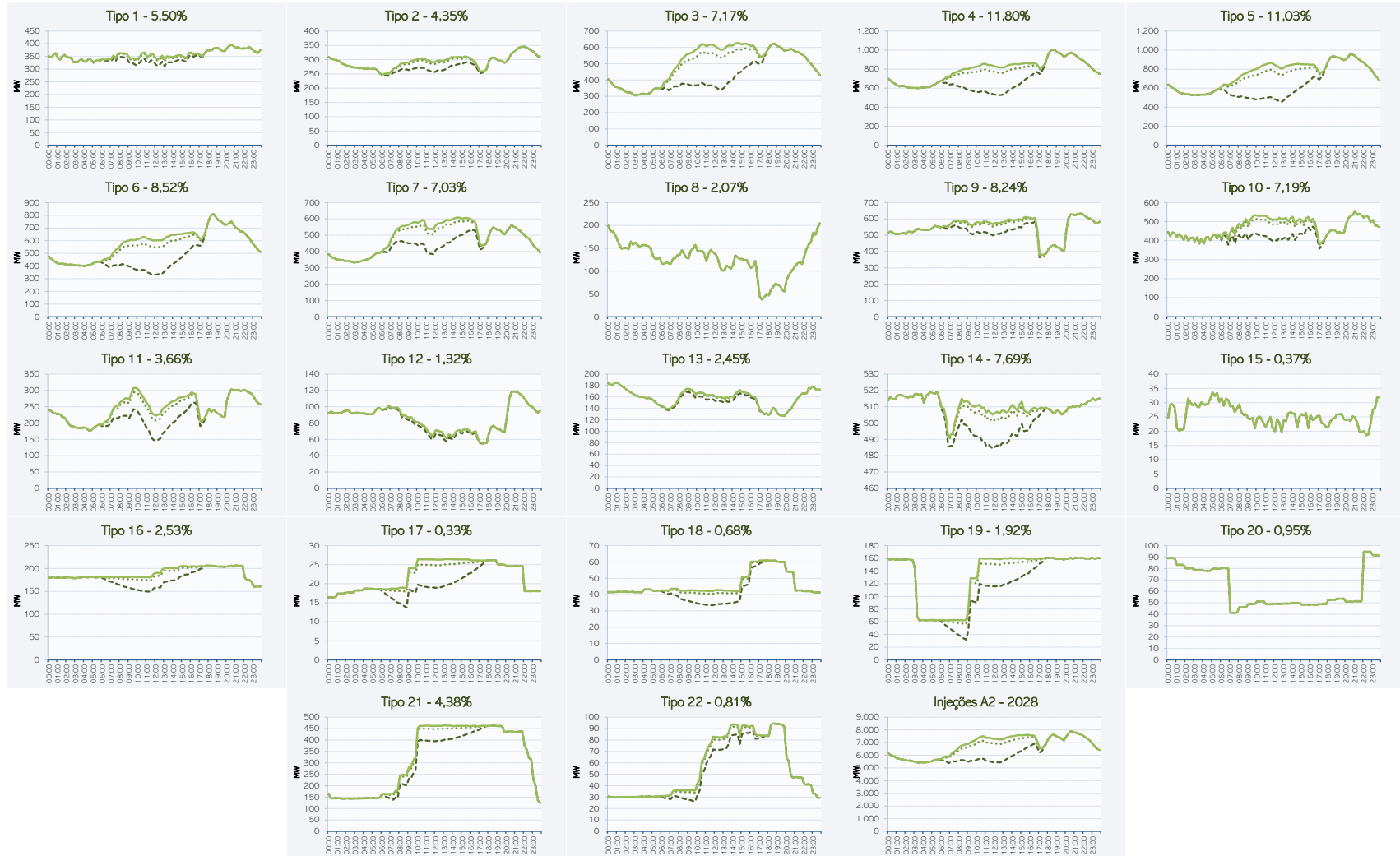


Figura 49: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2029

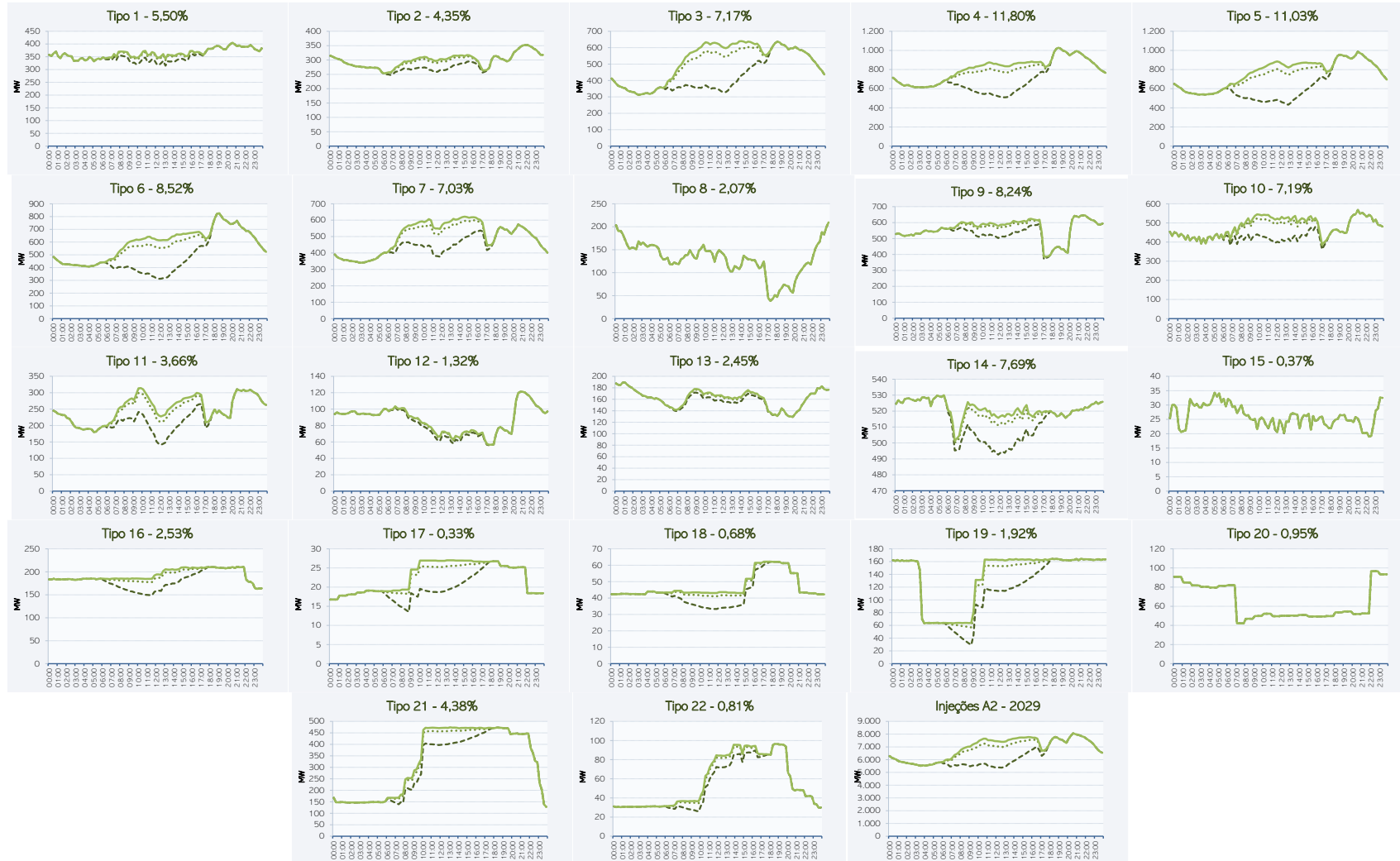


Figura 50: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2030

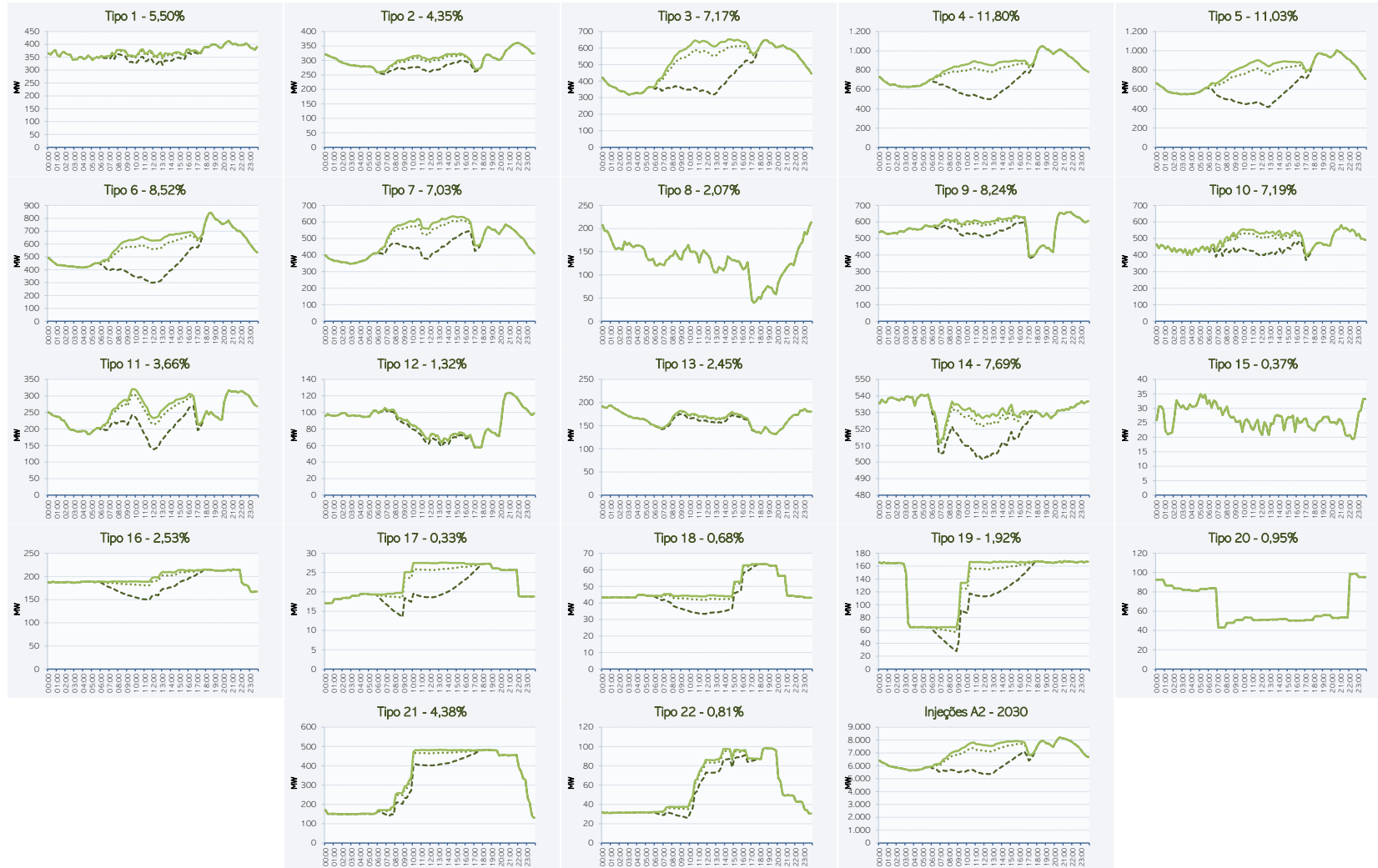


Figura 51: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2020

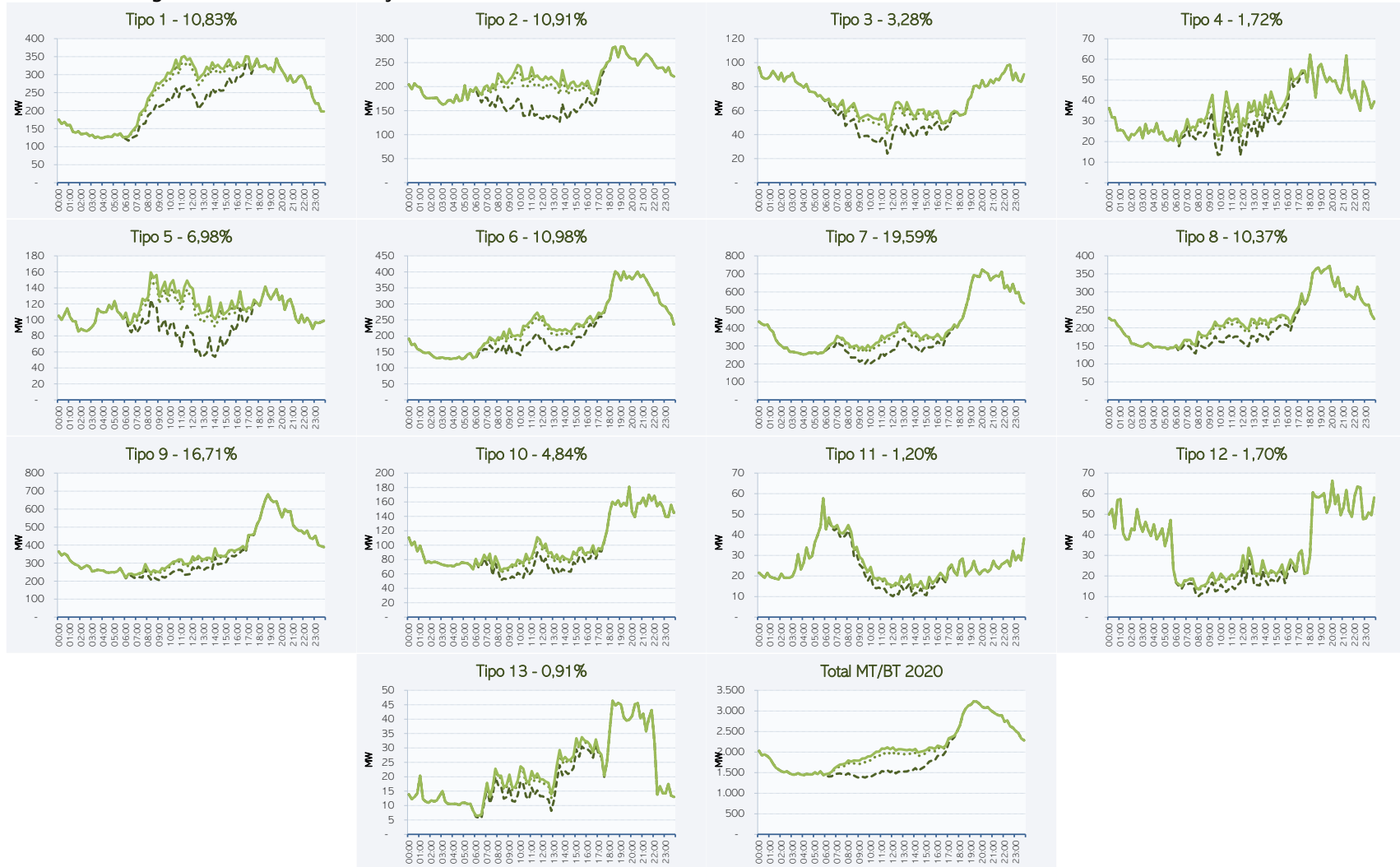


Figura 52: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2021

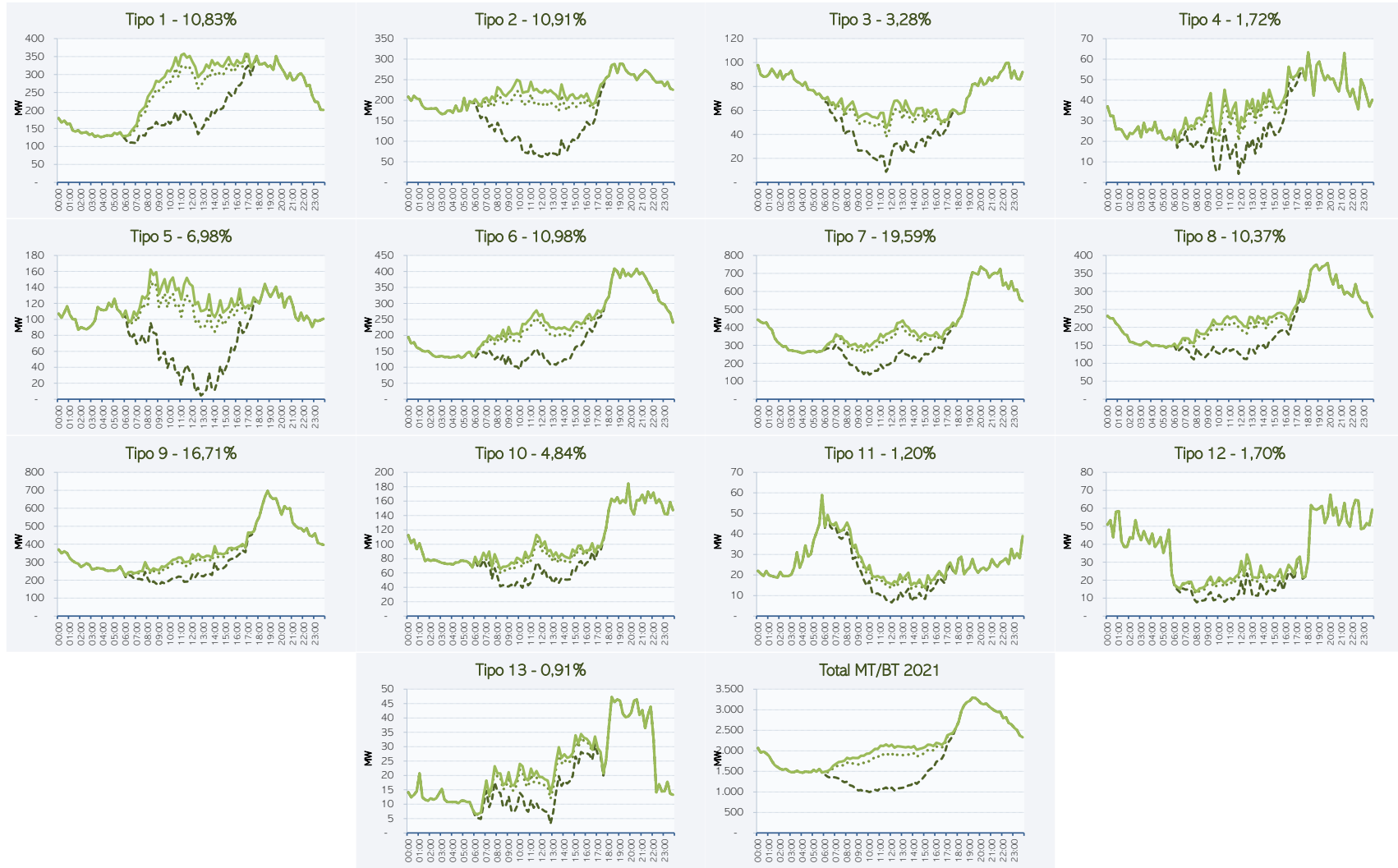




Figura 53: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2022

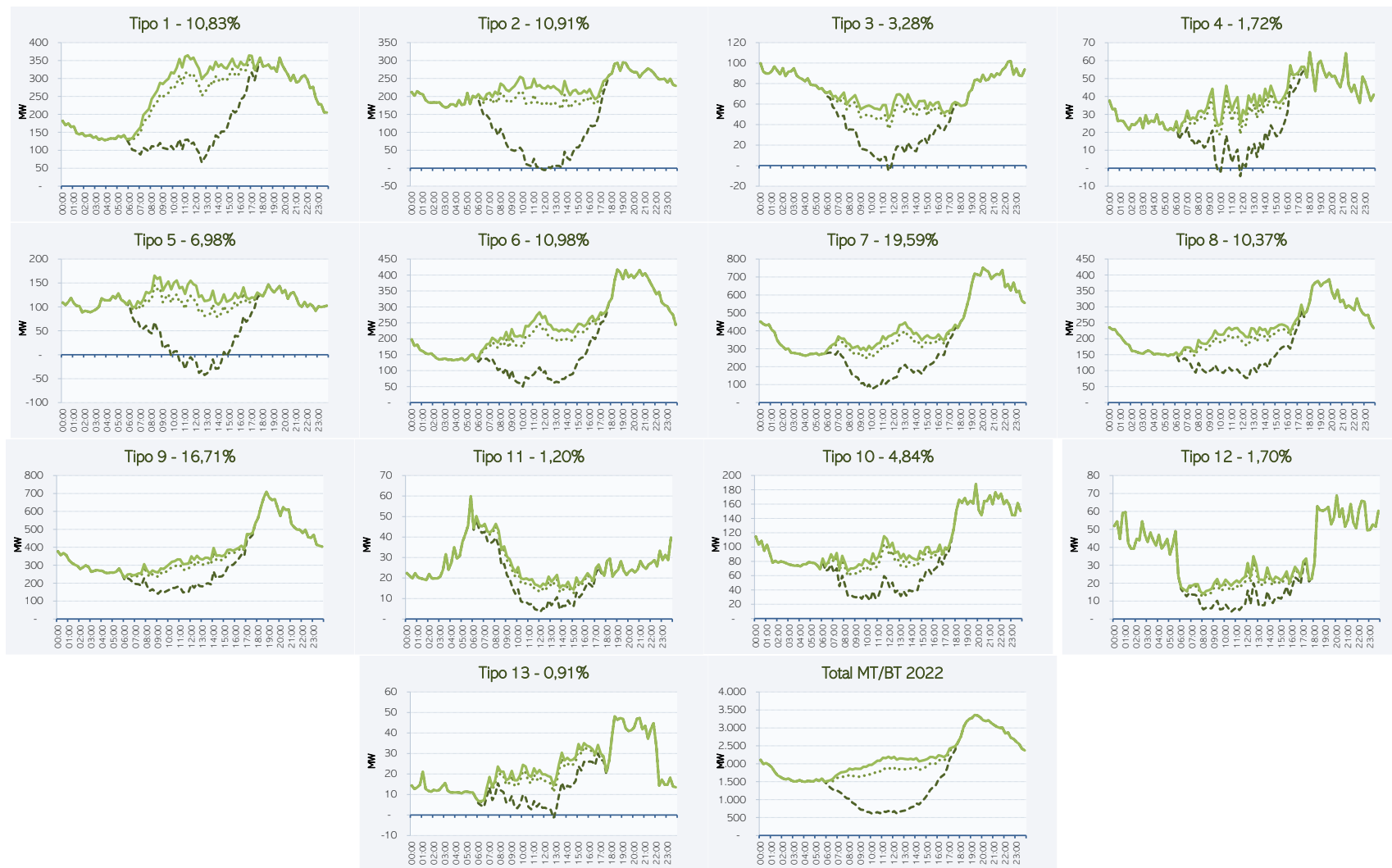


Figura 54: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2023

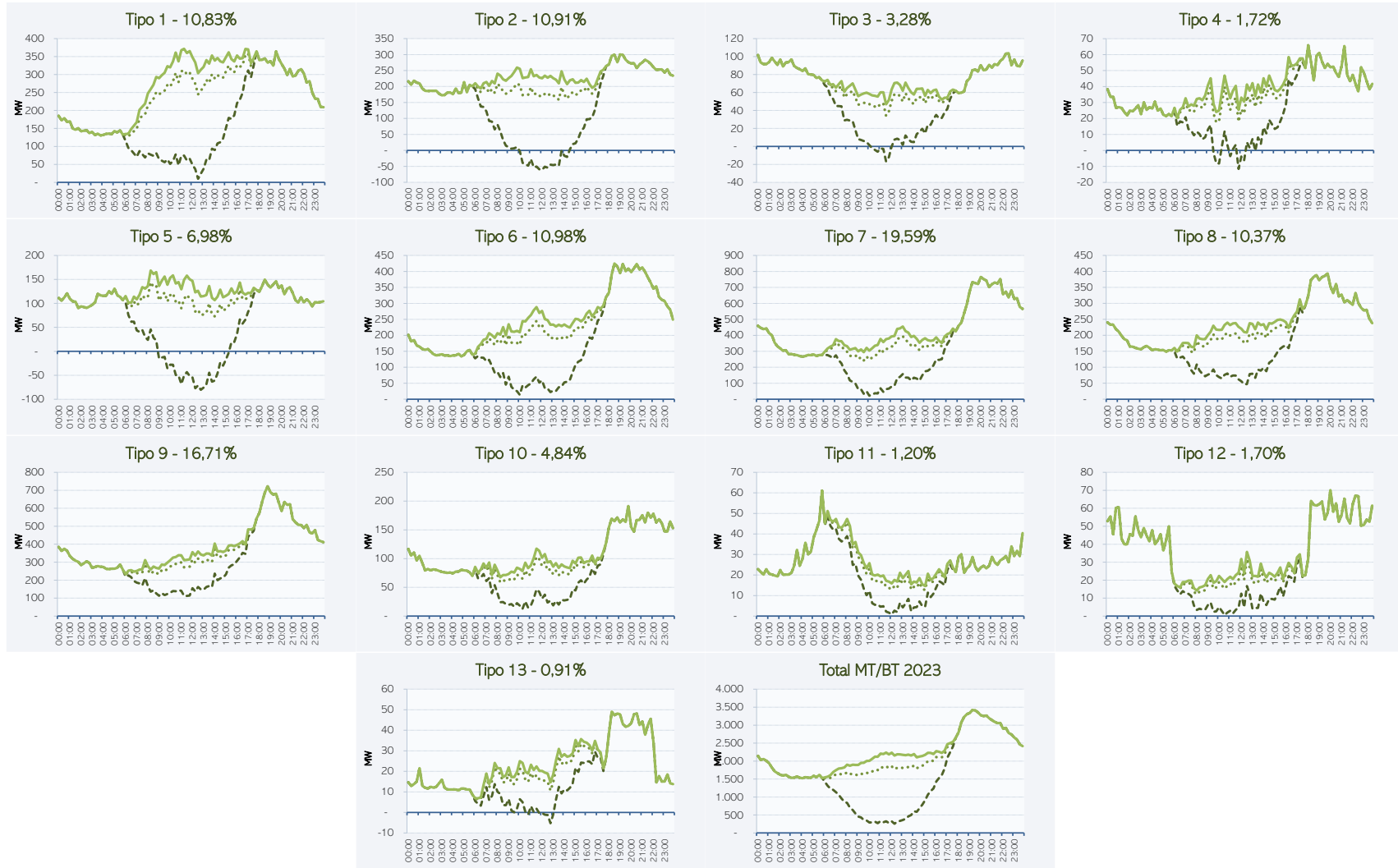


Figura 55: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2024

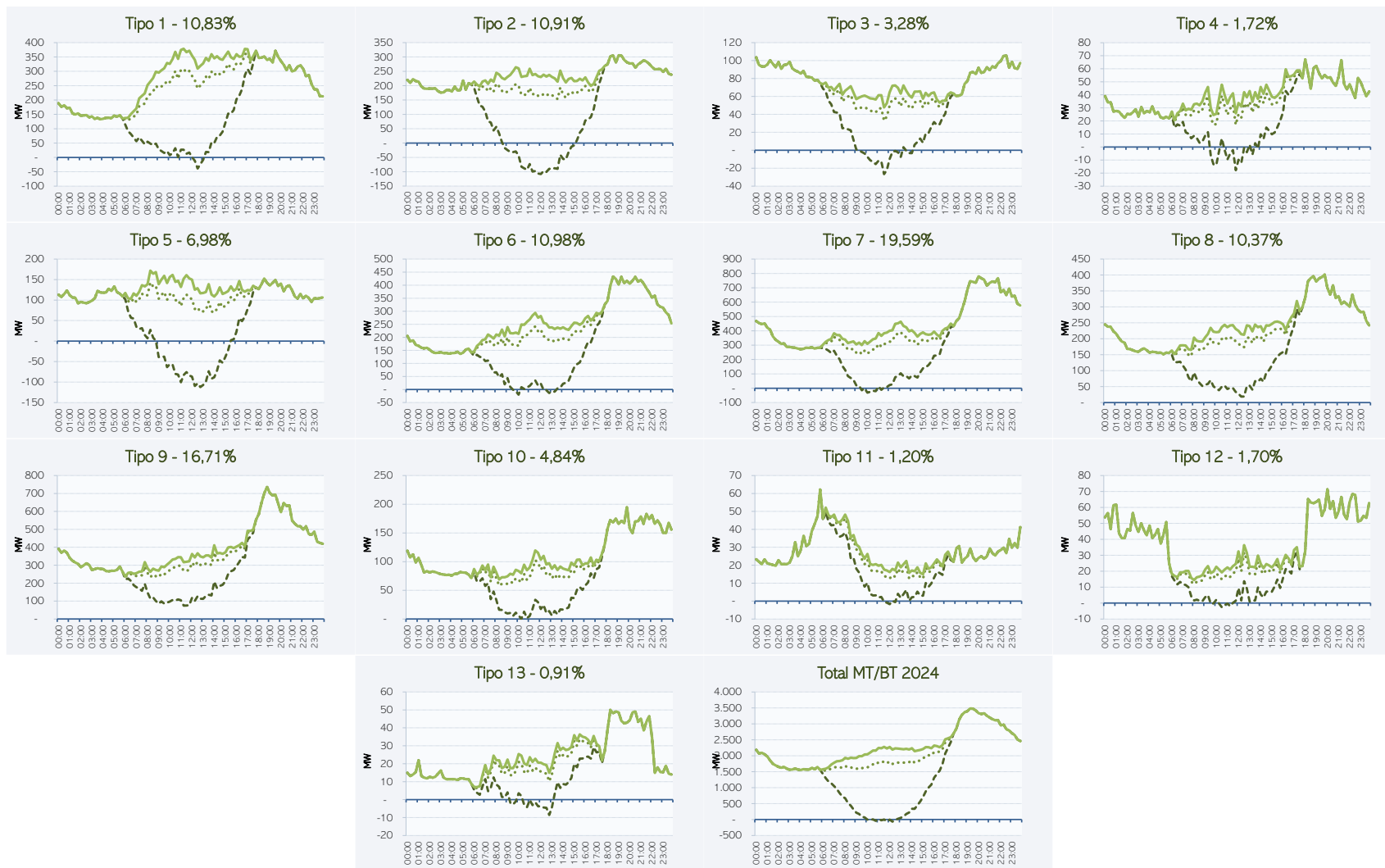


Figura 56: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2025

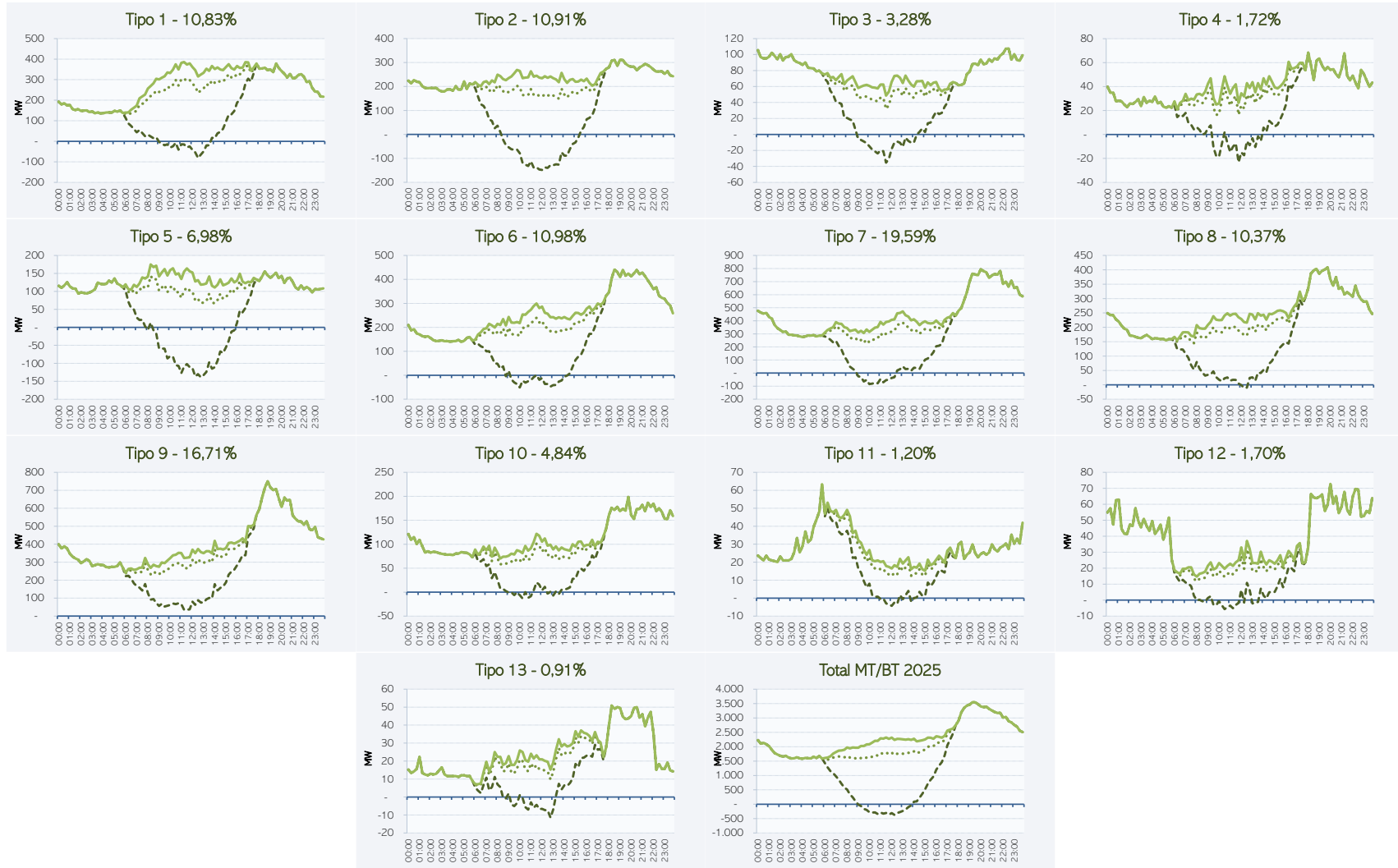


Figura 57: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2026

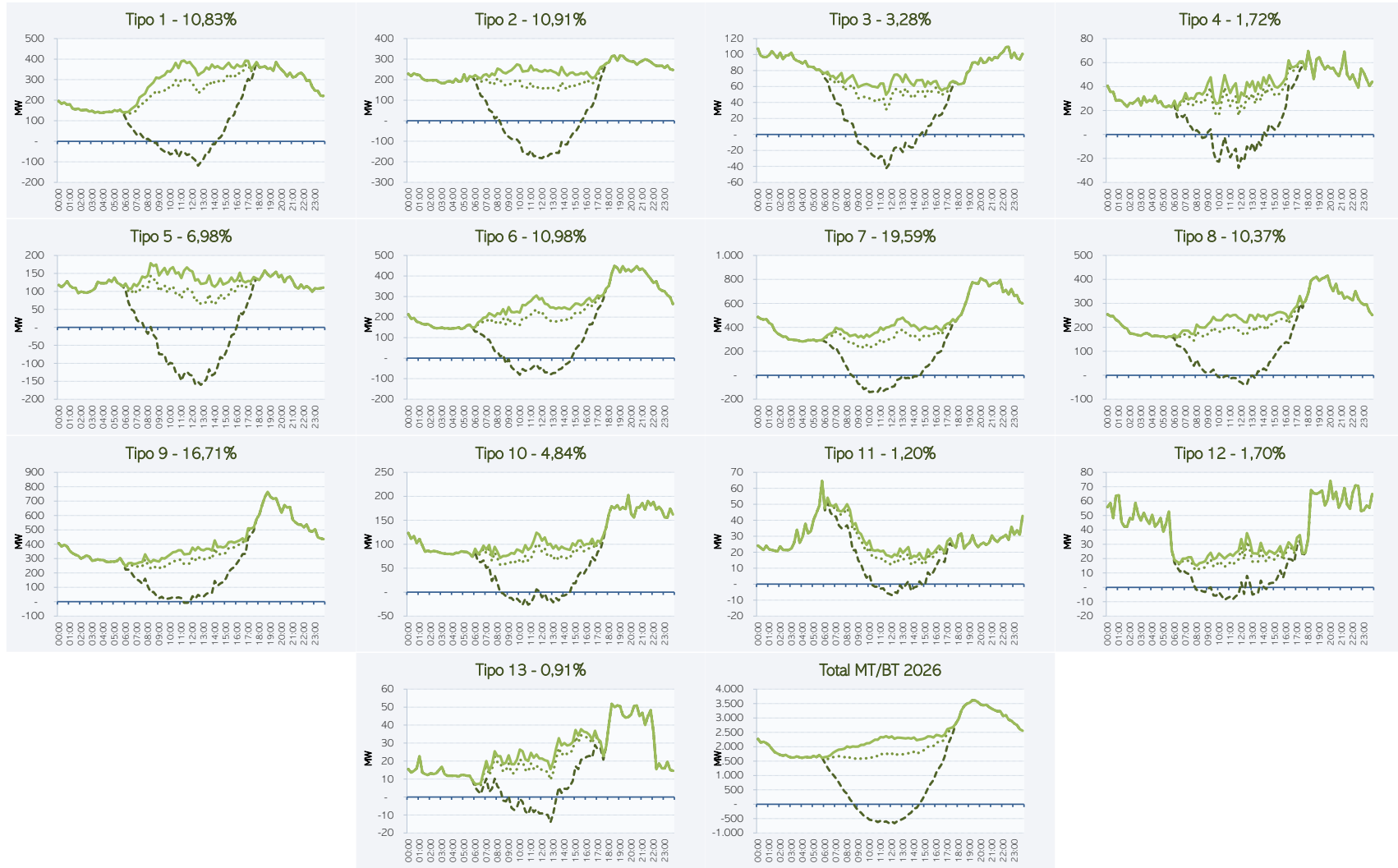


Figura 58: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2027

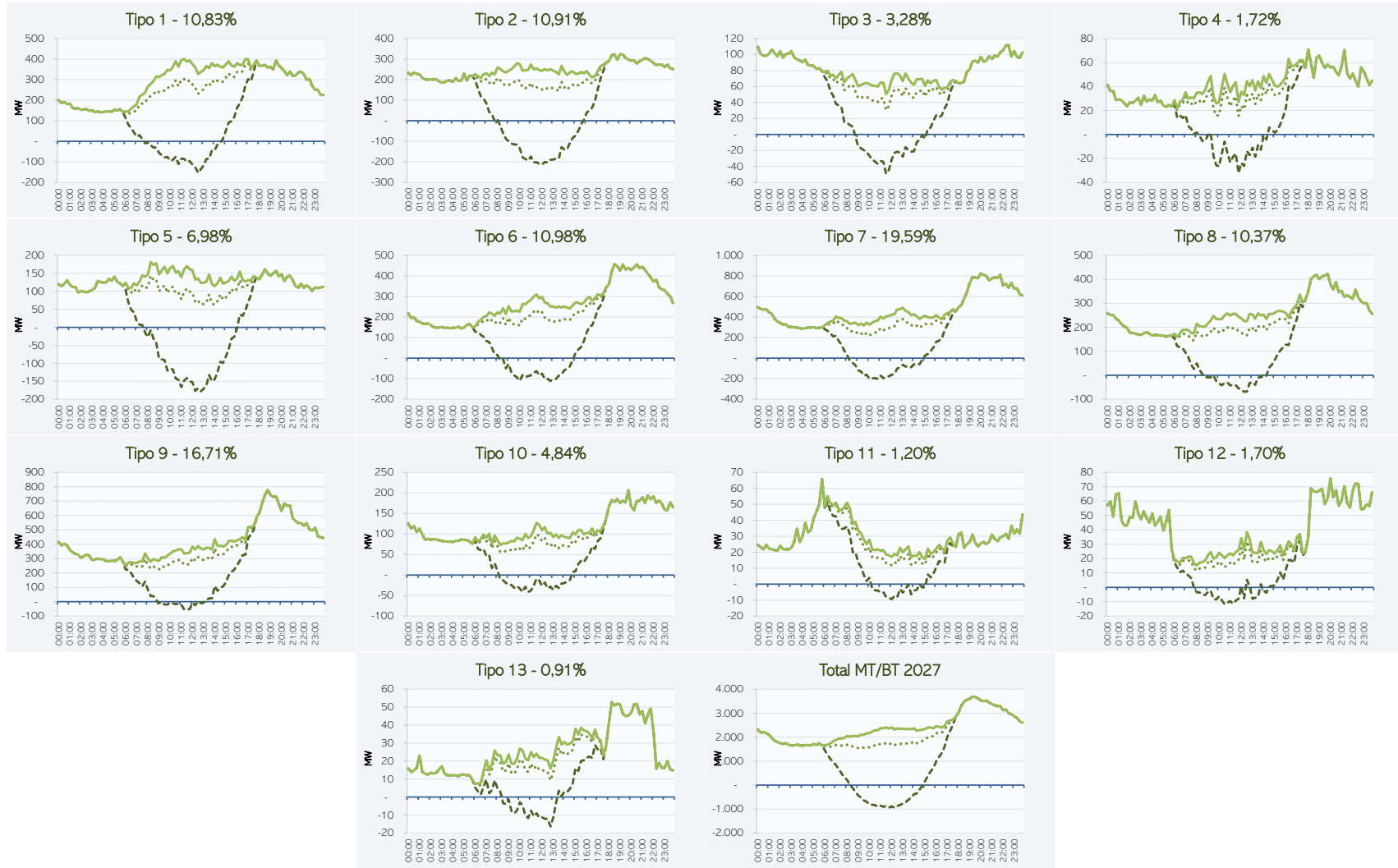


Figura 59: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2028

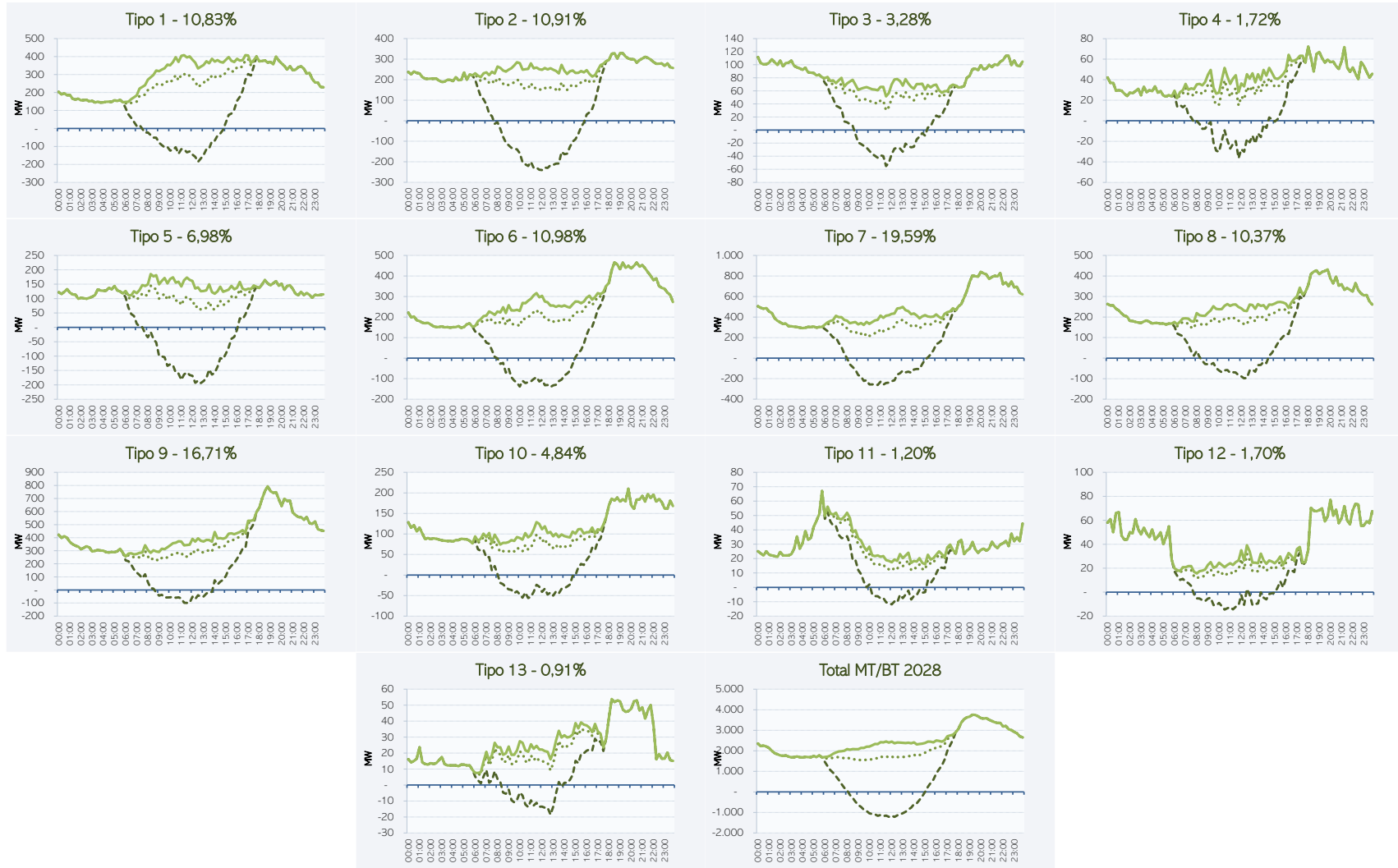


Figura 60: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2029

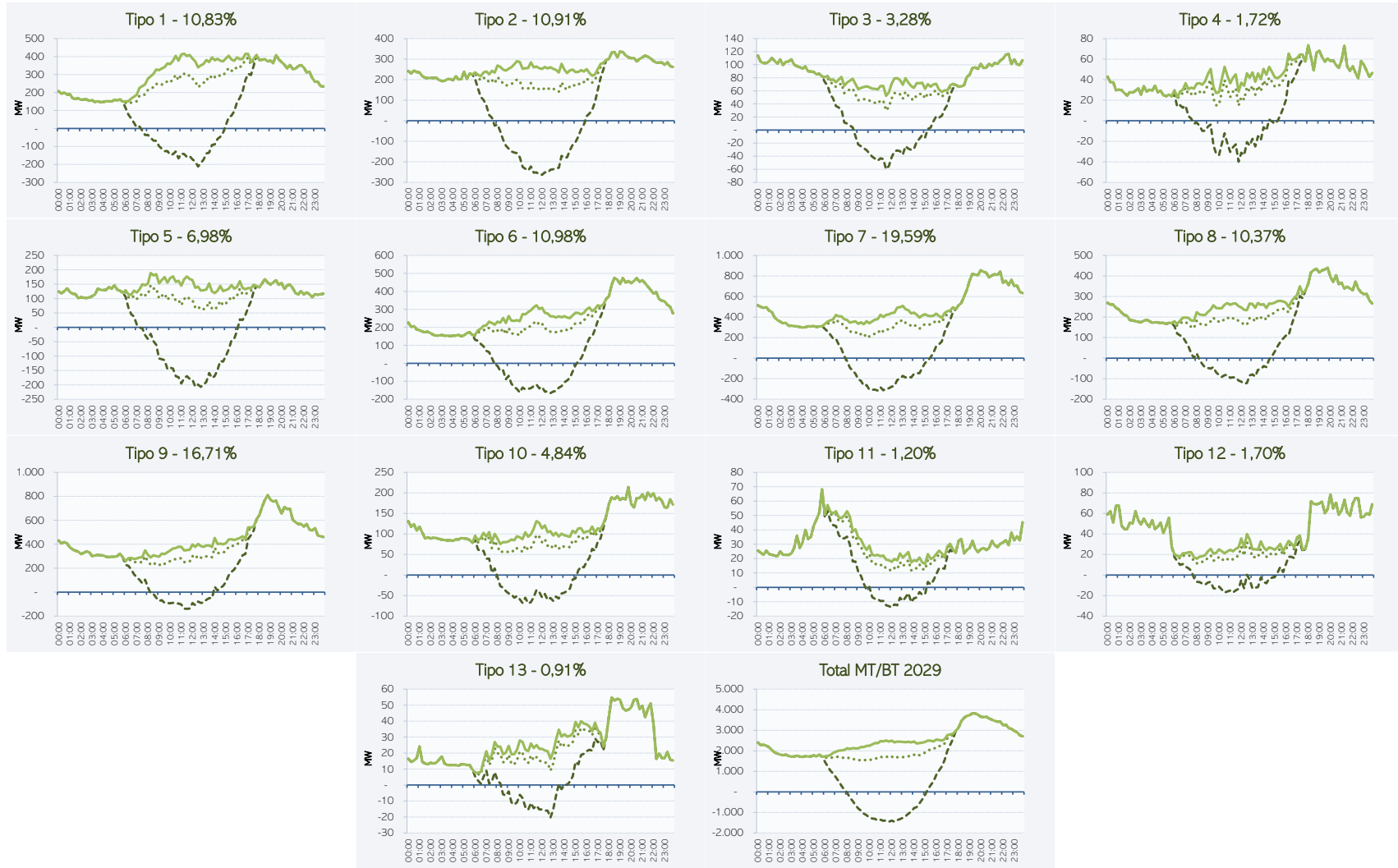




Figura 61: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Baixa Tensão da CEMIG-D em 2030

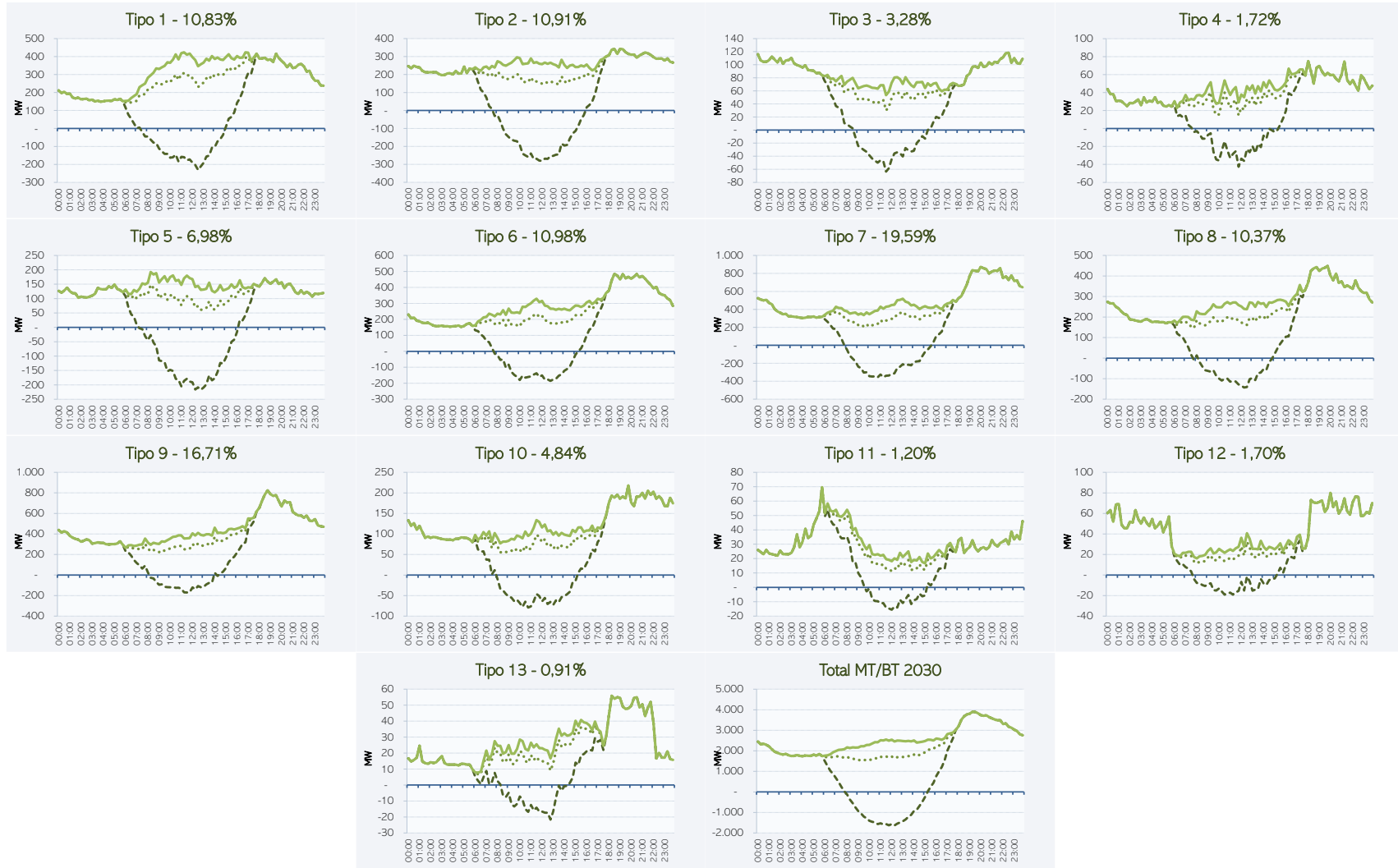


Figura 62: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2020

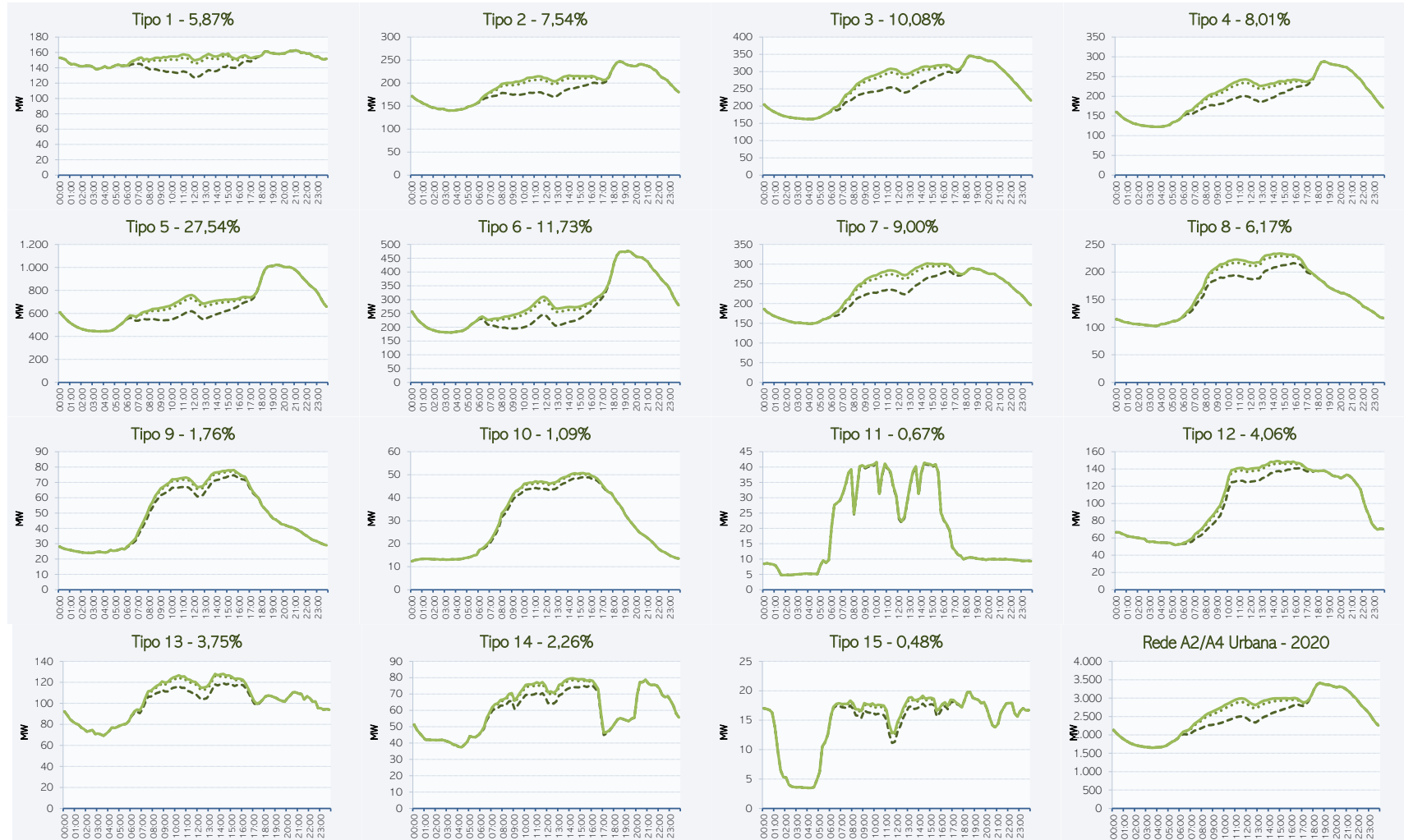


Figura 63: Efeito da Inserção de Micro GFV Local com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2021



Figura 64: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2022



Figura 65: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2023



Figura 66: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2024



Figura 67: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2025

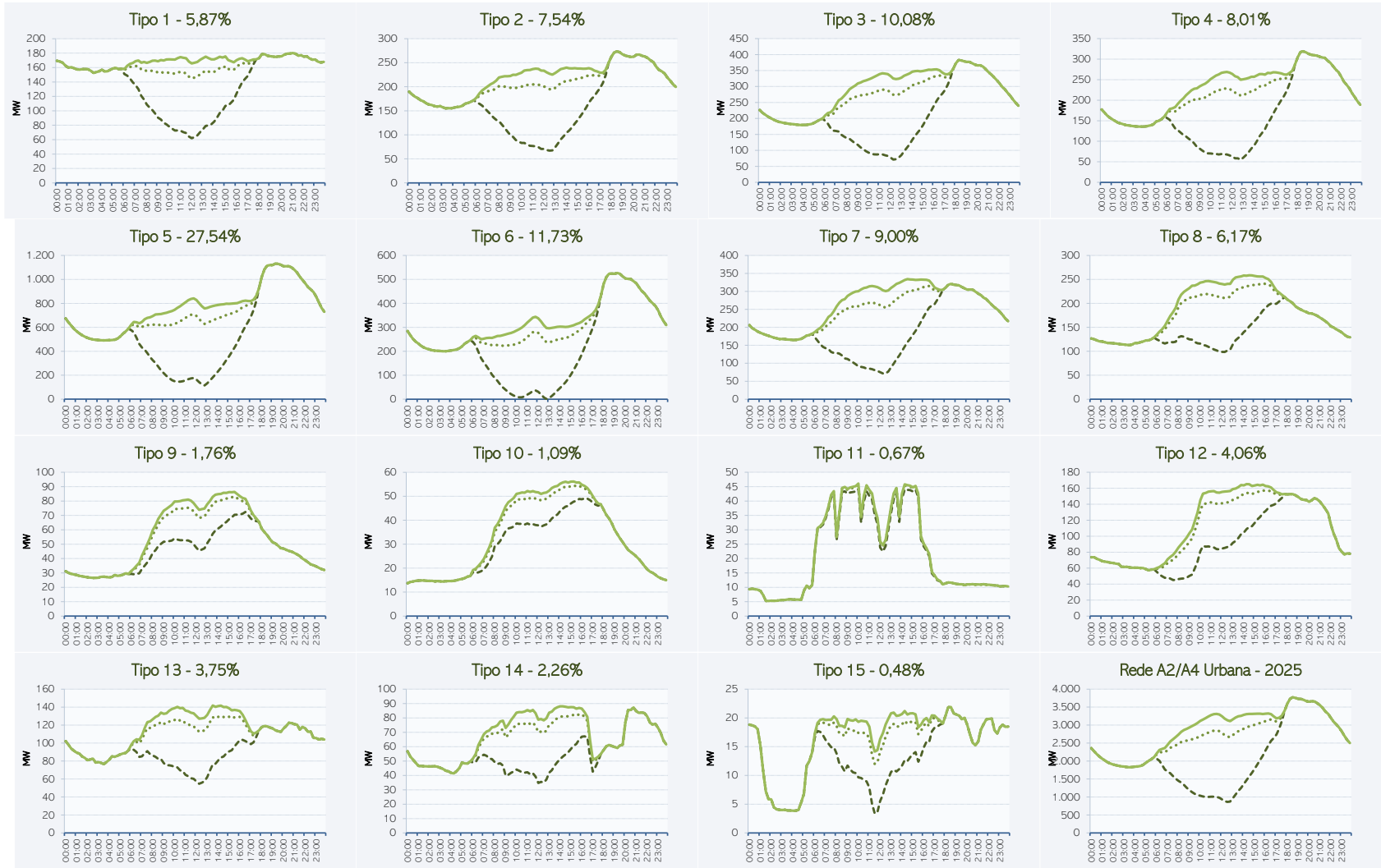


Figura 68: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2026

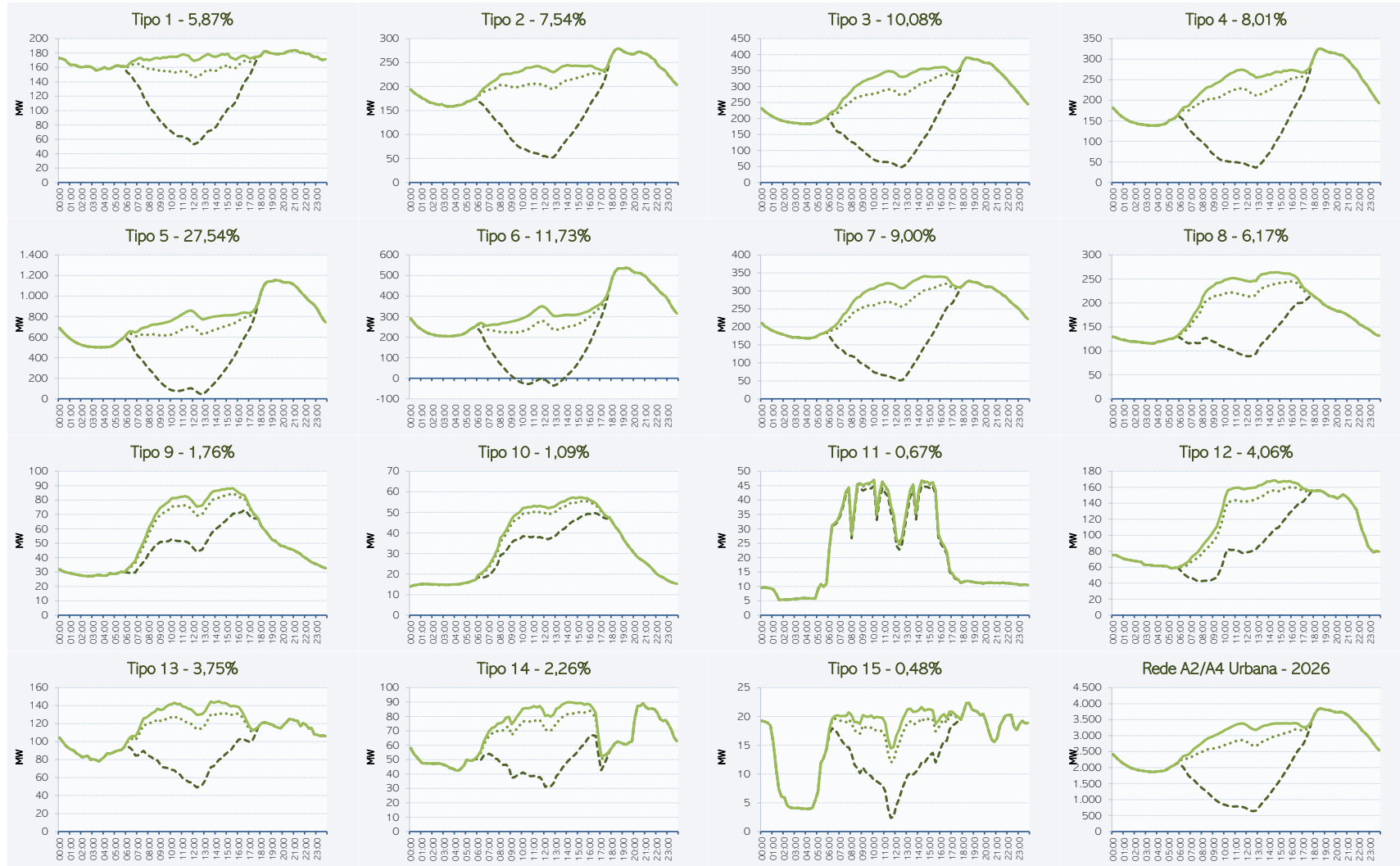




Figura 69: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2027

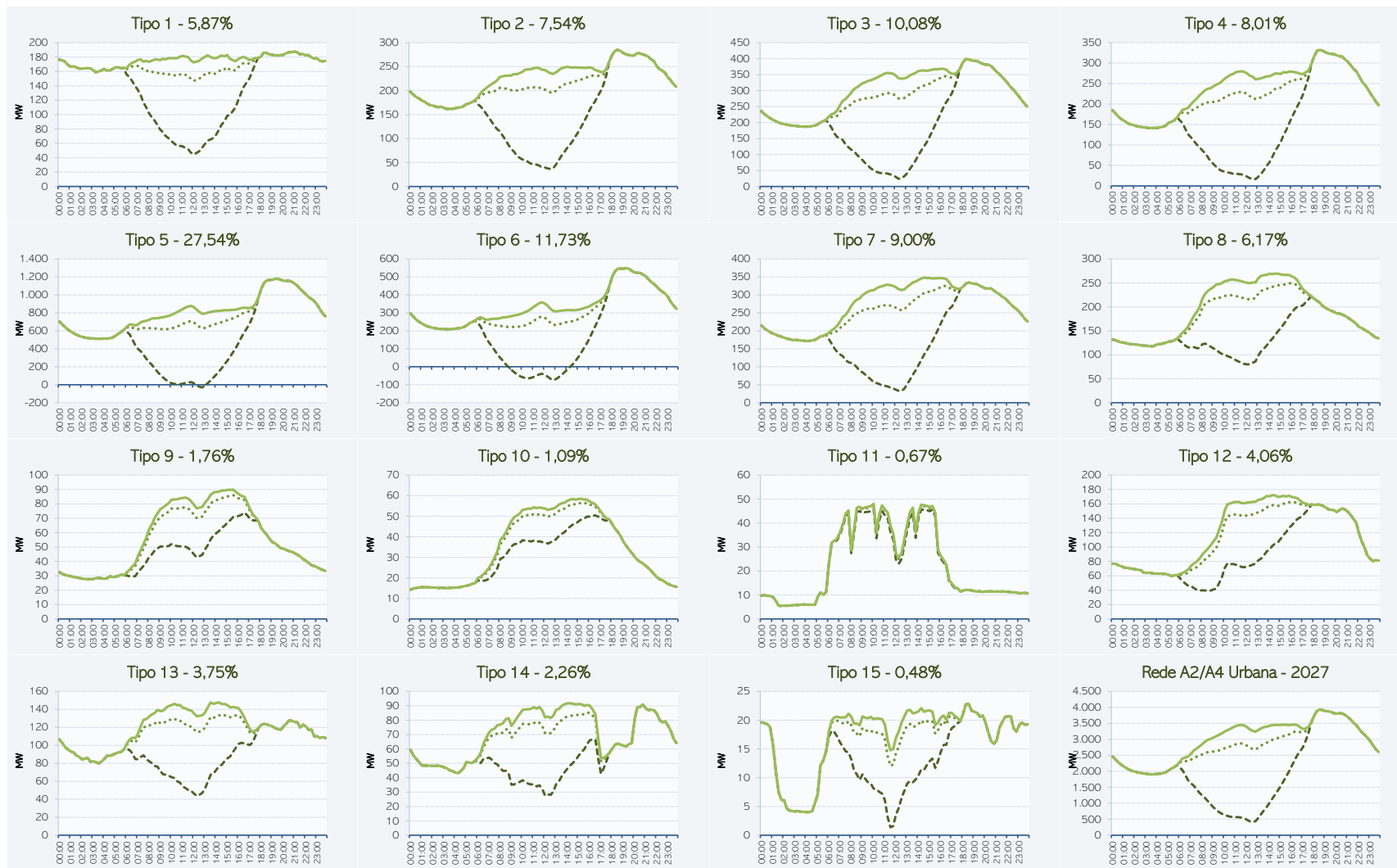


Figura 70: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2028



Figura 71: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2029

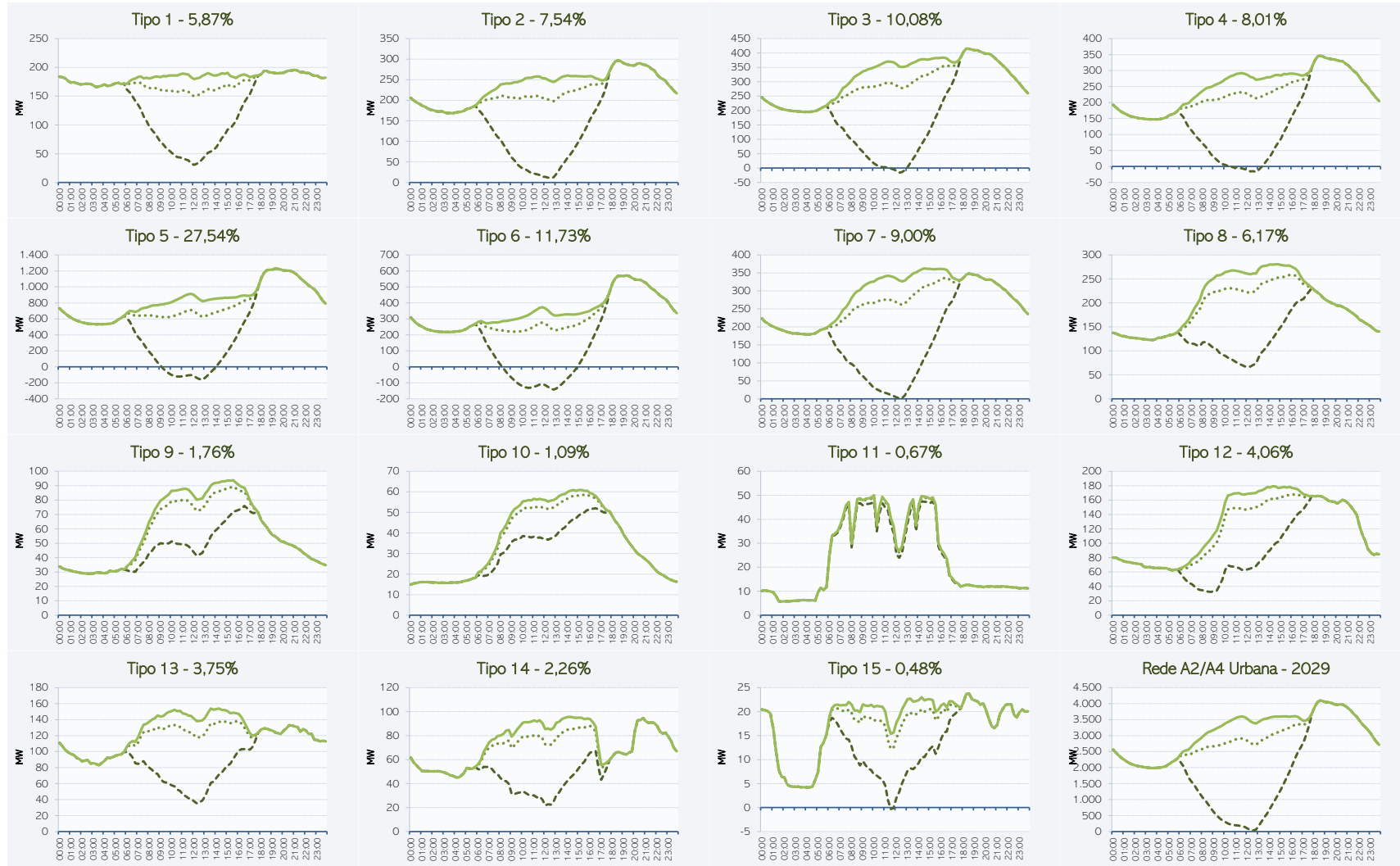


Figura 72: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes Urbanas de Média Tensão da CEMIG-D em 2030

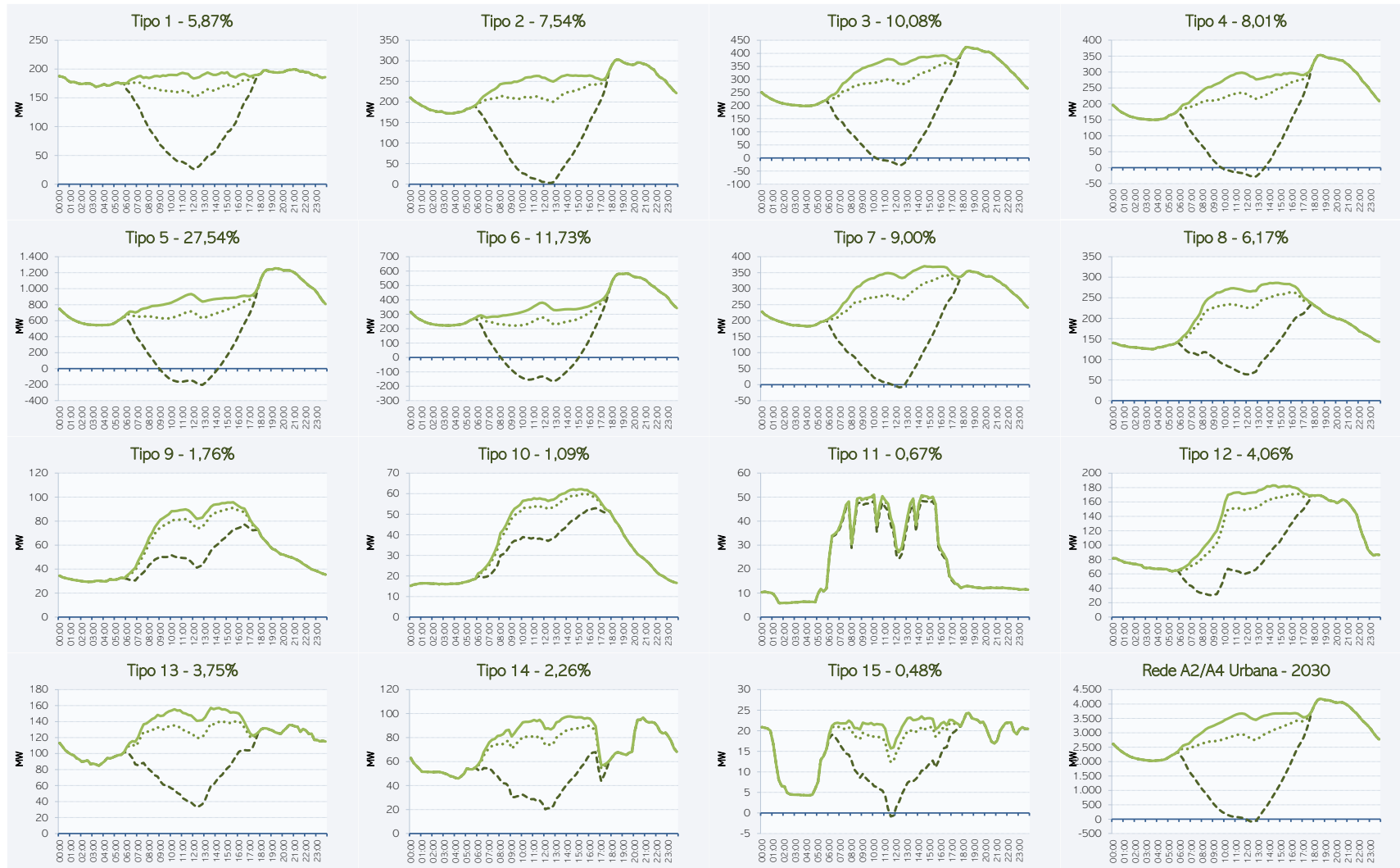


Figura 73: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota nas redes A2 da CEMIG-D em 2020

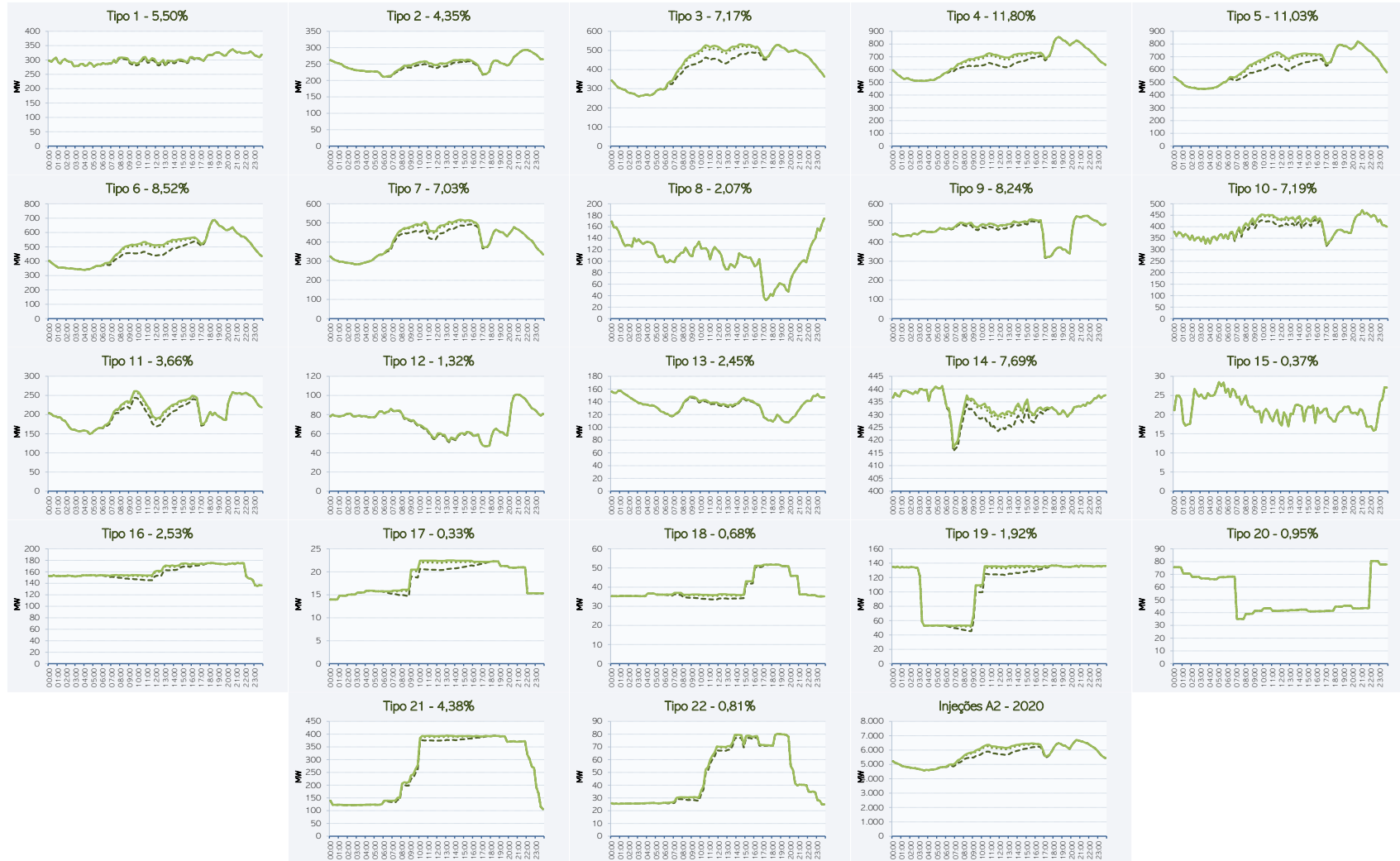


Figura 74: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2021

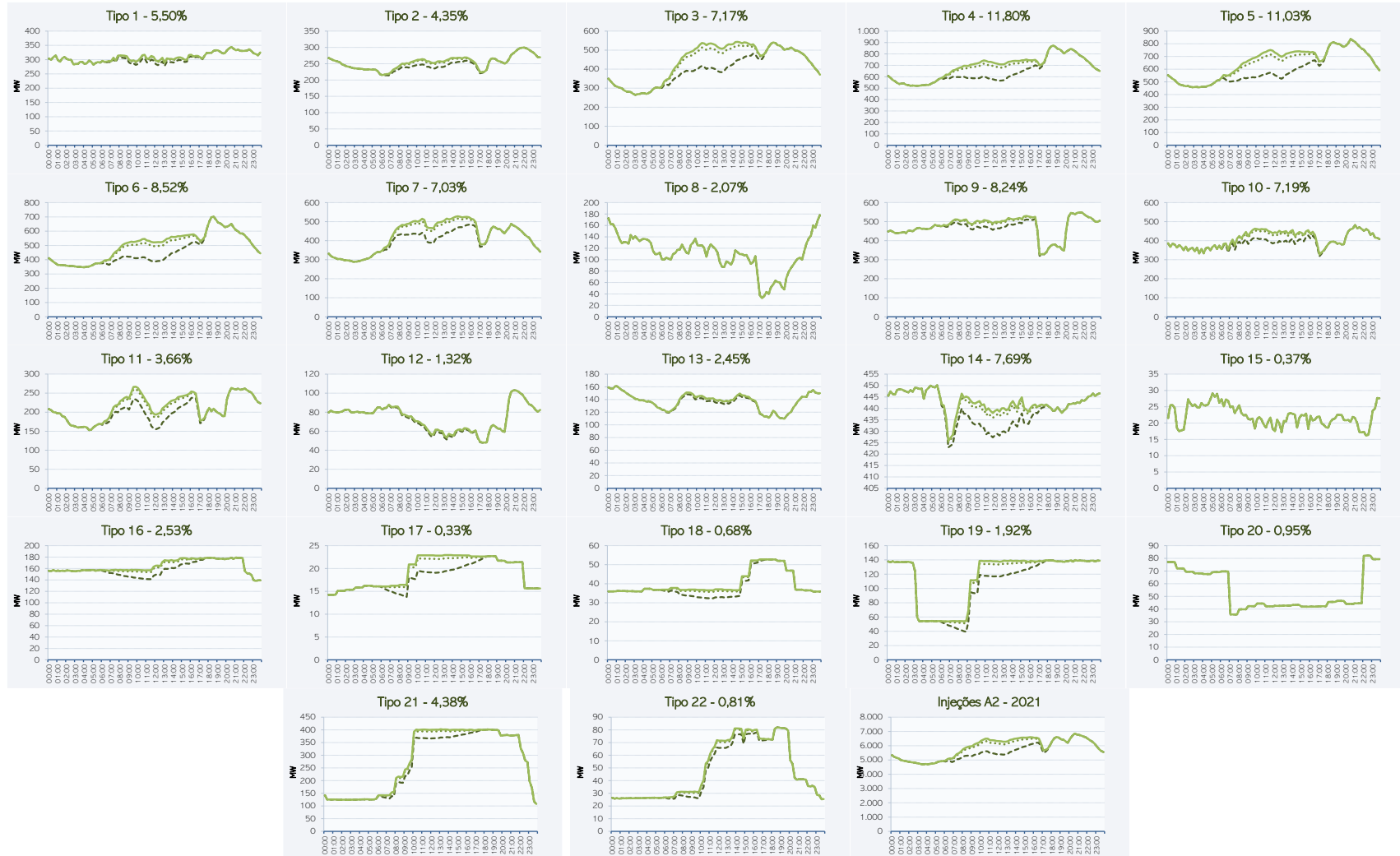


Figura 75: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2022

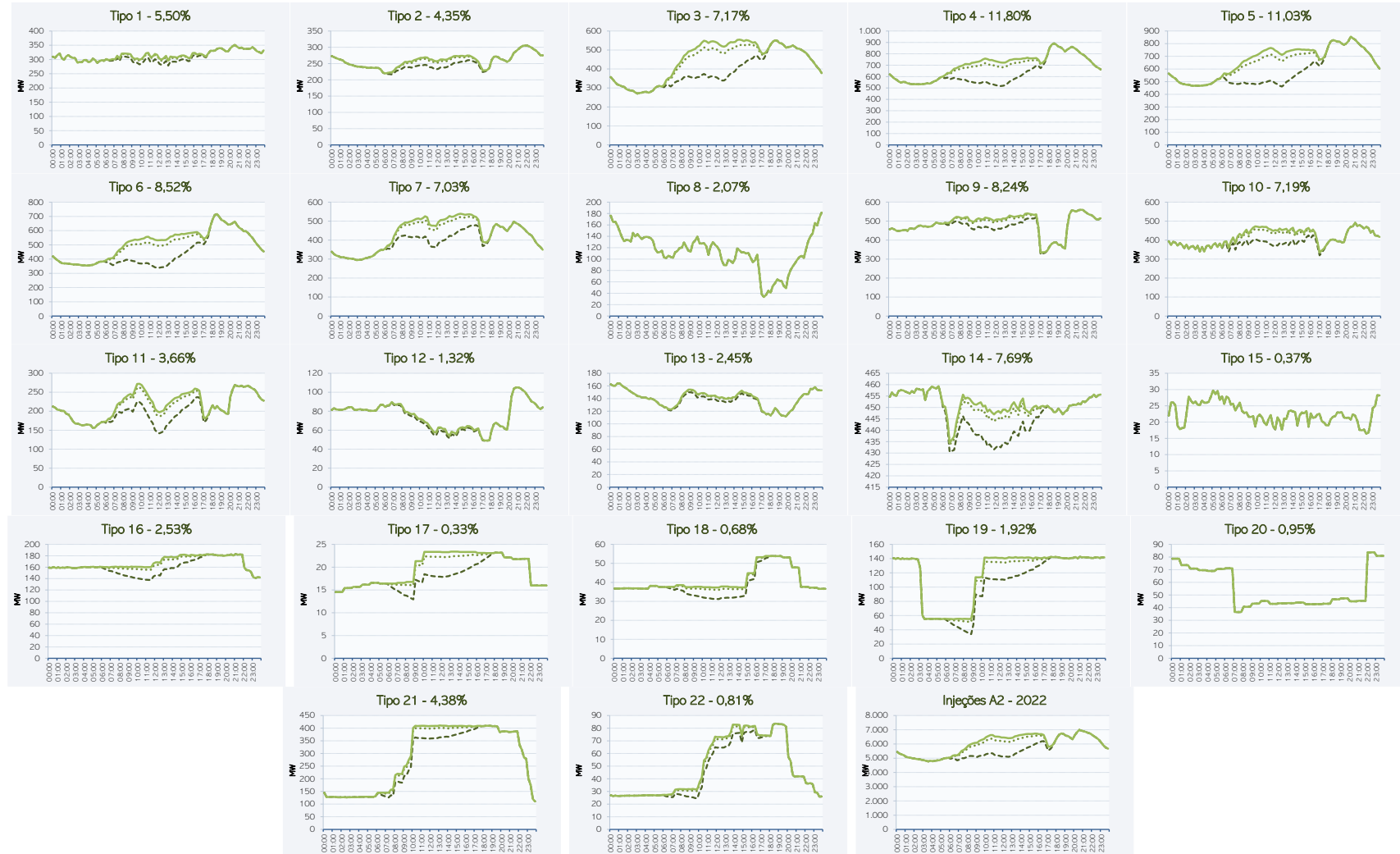




Figura 76: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2023

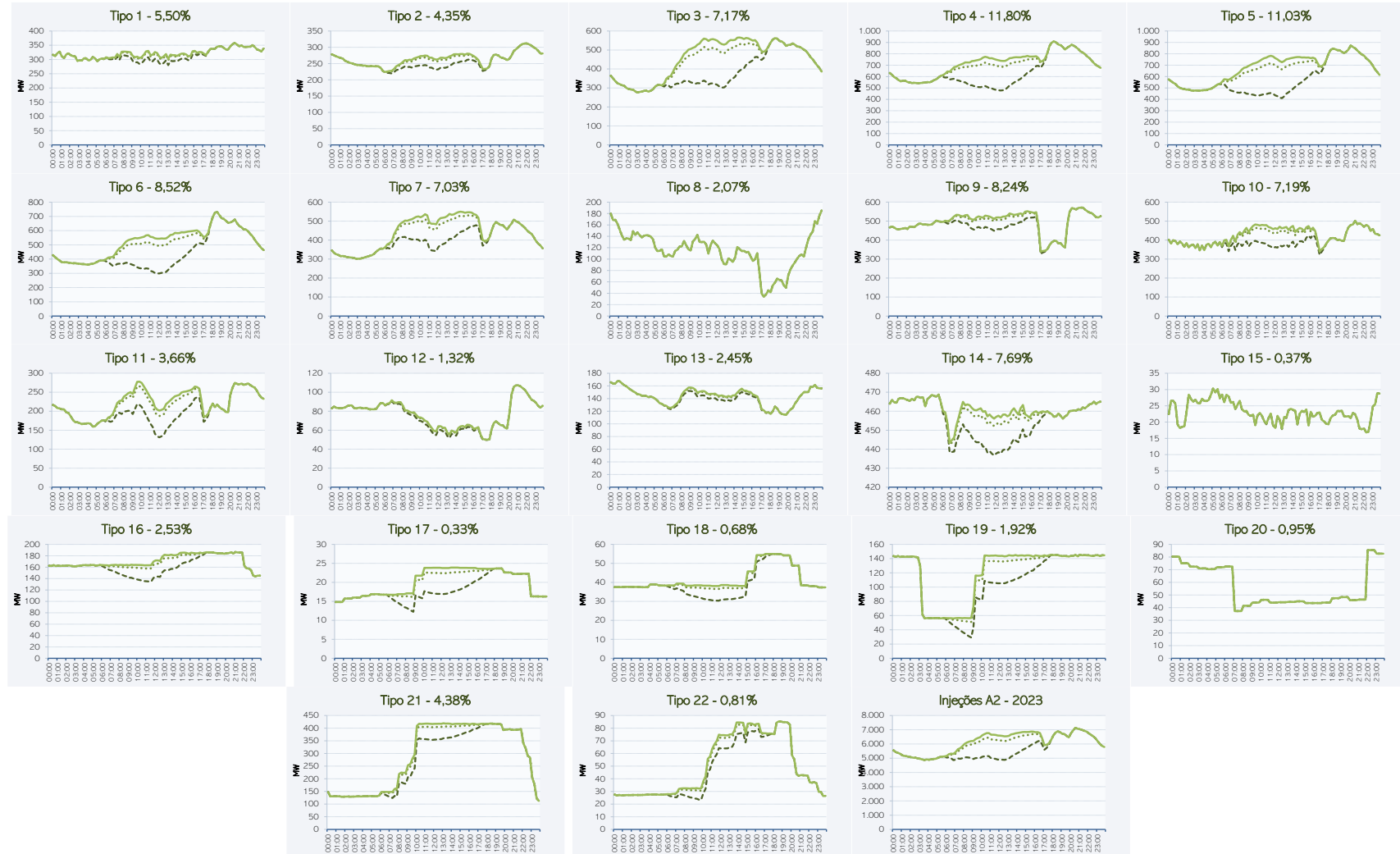




Figura 77: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2024

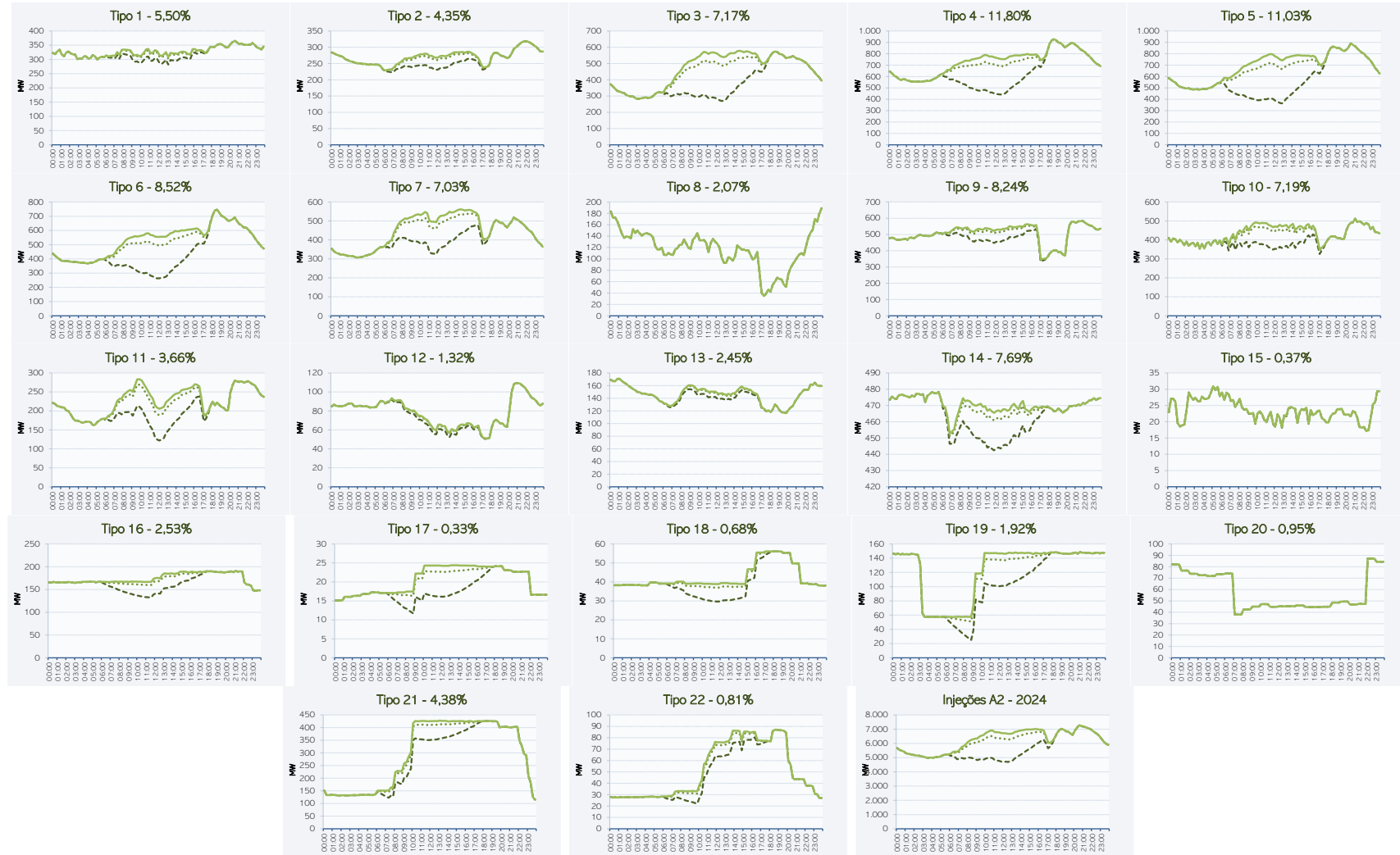


Figura 78: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2025

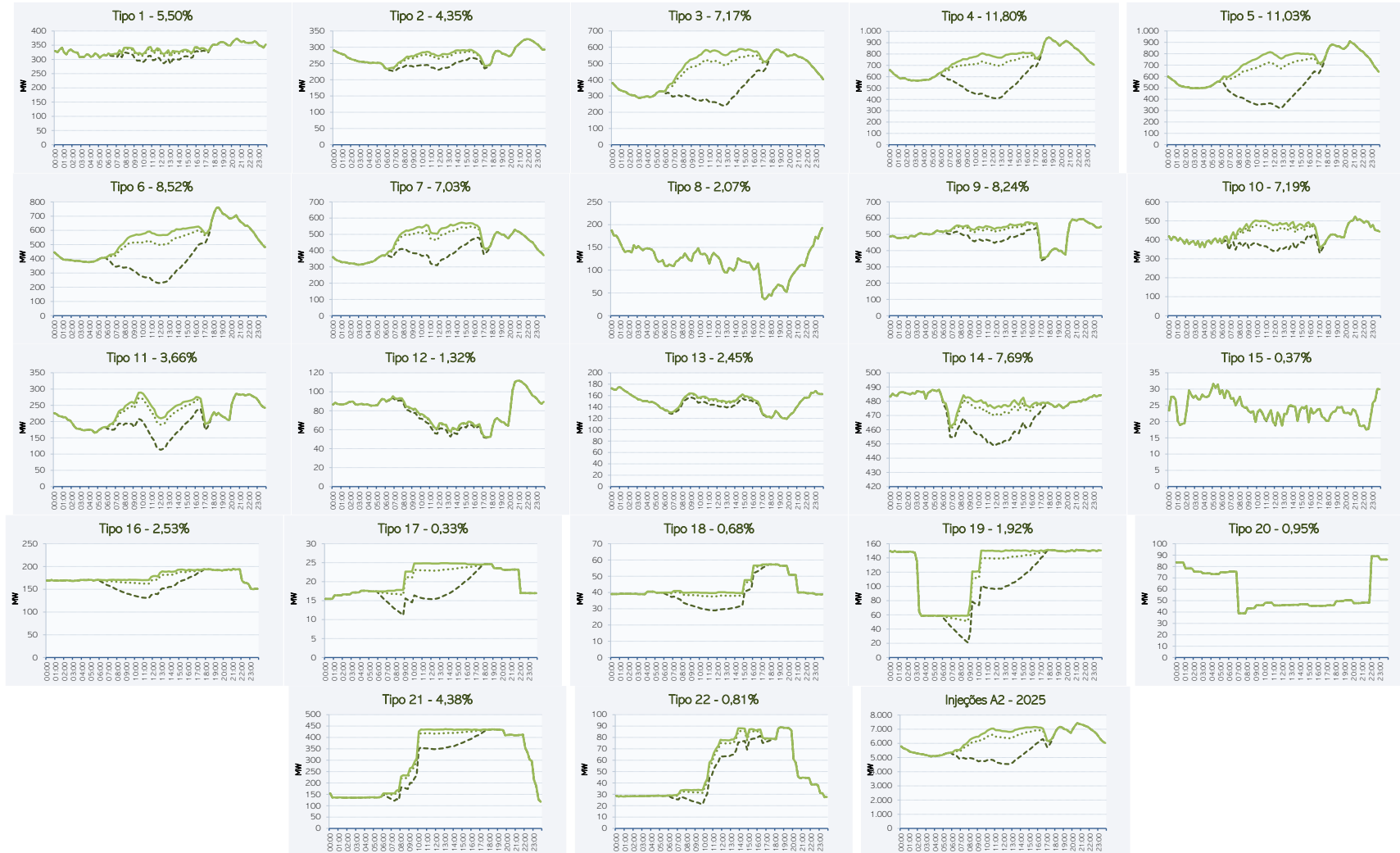


Figura 79: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2026

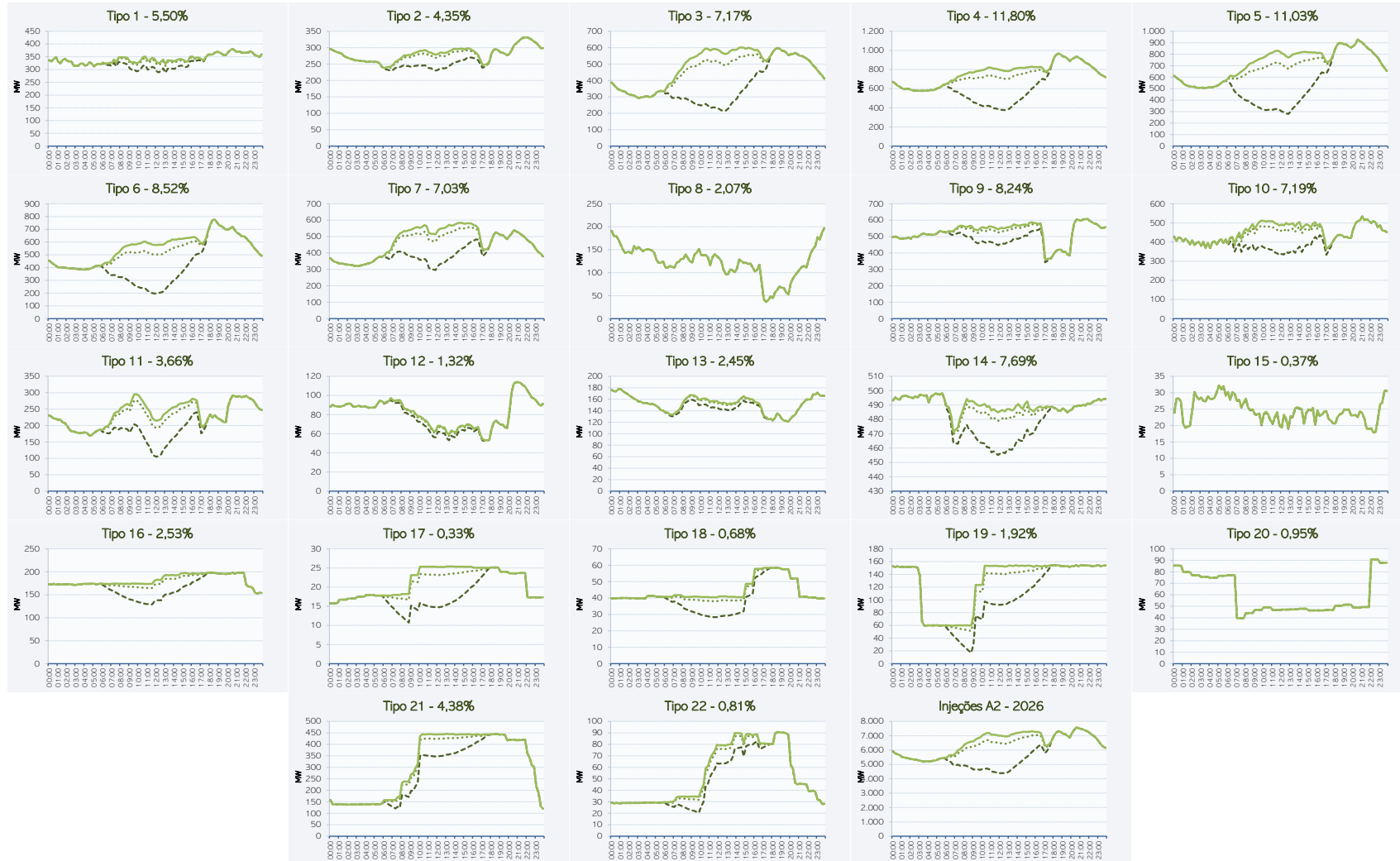


Figura 80: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2027

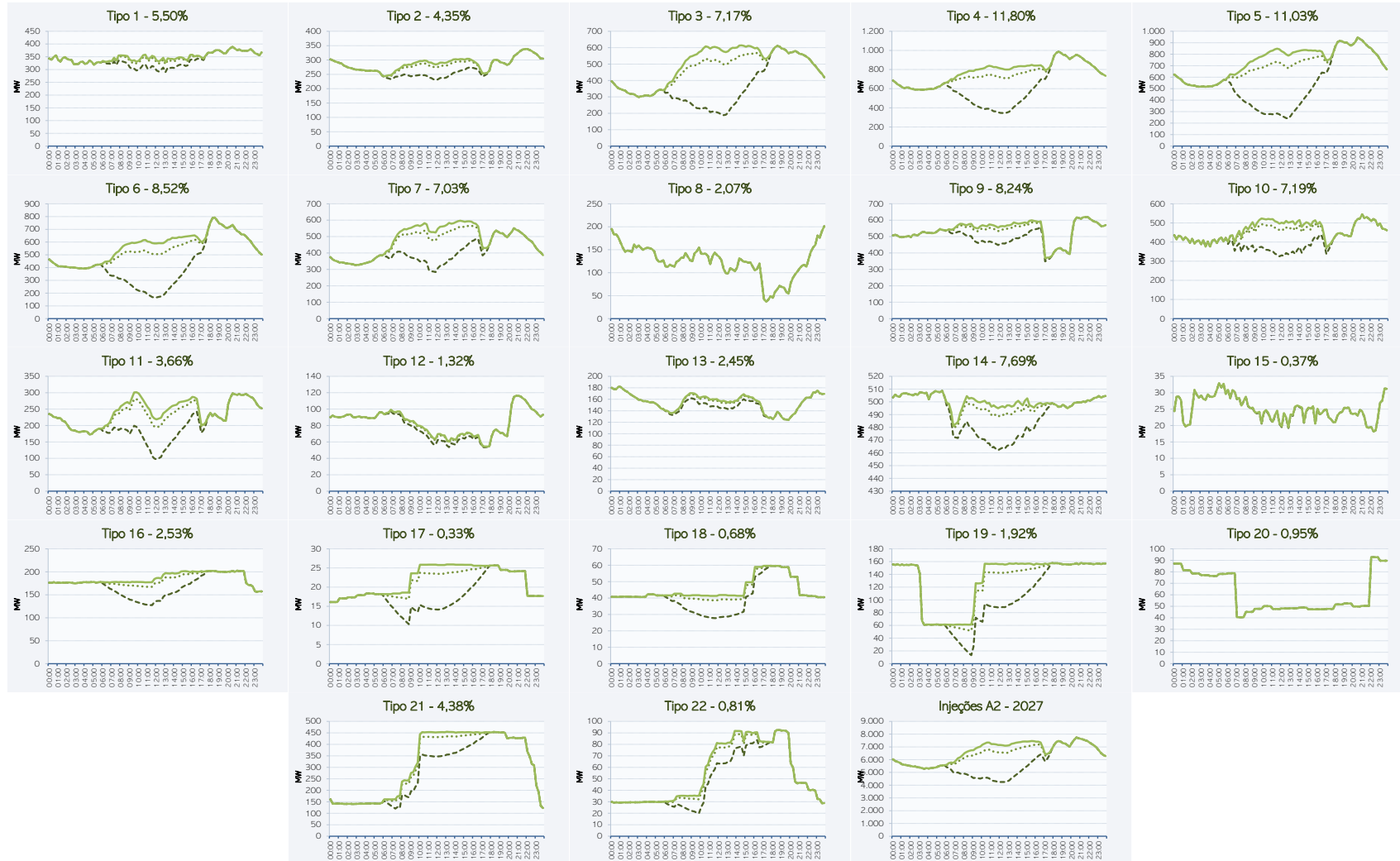


Figura 81: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2028

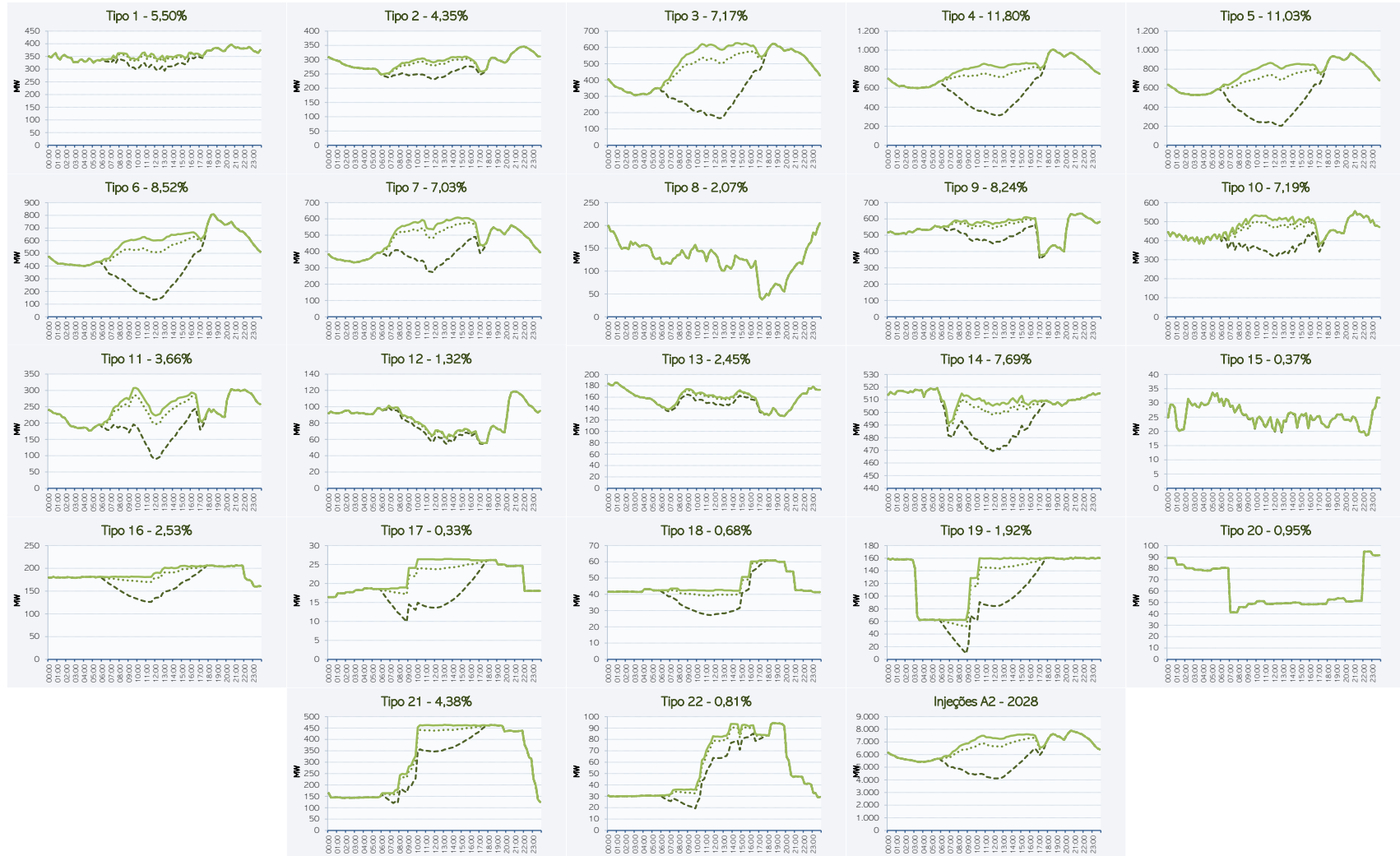


Figura 82: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2029

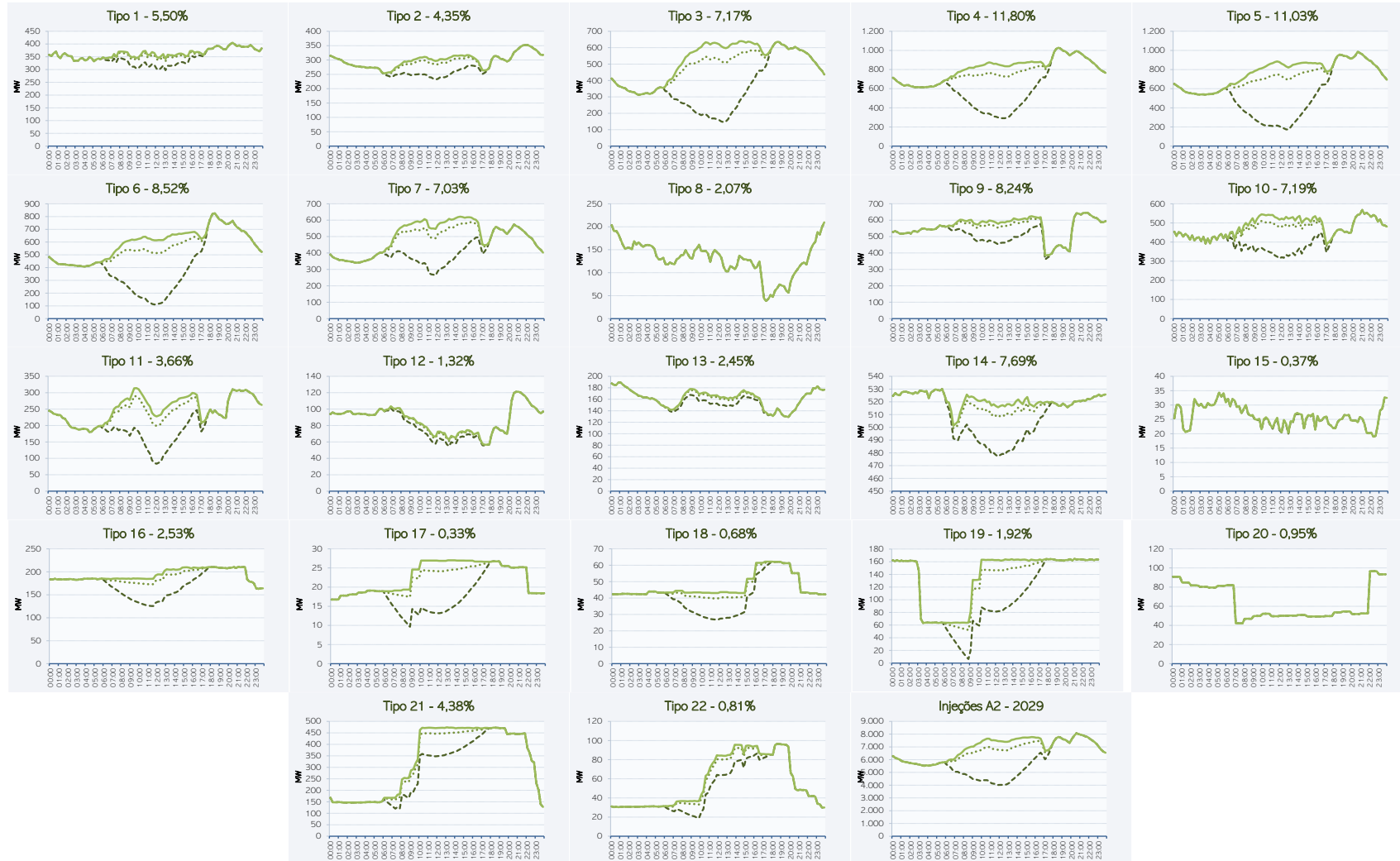


Figura 83: Efeito da Inserção de Micro GFV Local e Remota com tarifação proposta nas redes A2 da CEMIG-D em 2030

