

4MD para estudos elétricos

Da modelagem energética para a operação elétrica: expandindo horizontes do planejamento



Entendendo o Modelo 4MD

O que é?

Um modelo que nos ajuda a prever como algo novo (como a energia solar em casas) vai ser adotado pelas pessoas ao longo do tempo.

O padrão de adoção

Geralmente, a adoção começa devagar, depois acelera rapidamente e, por fim, desacelera quando quase todo mundo já aderiu.

Como funciona?

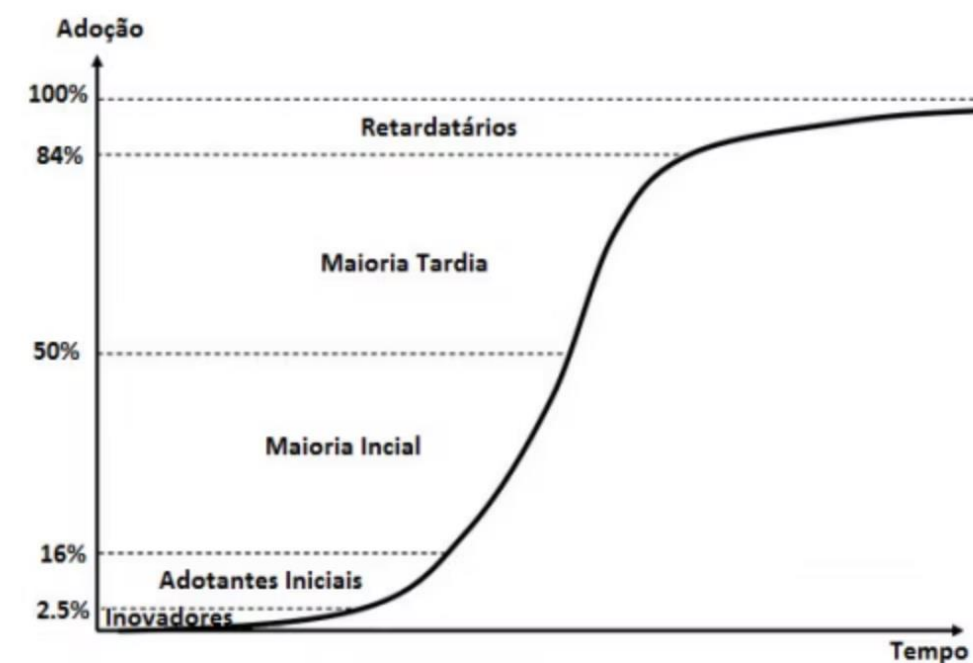
Ele usa um método inteligente que observa como as inovações se espalham, considerando quem adota cedo e quem segue a tendência.

O limite de adoção

Este modelo também estima quantas pessoas ou locais podem, no máximo, adotar essa nova tecnologia ou ideia.

Em resumo, o modelo 4MD nos permite mapear e projetar como novas tecnologias ou soluções se difundem na sociedade, de forma a entender melhor seu impacto e futuro.

Curva S



Fonte: ROGERS, 2003 apud KONZEN, 2014.

Como o modelo funciona

01

Definição do Mercado Potencial

Estabelece o número máximo de unidades consumidoras que podem instalar MMGD em cada Unidade Federativa ou Distribuidora, considerando aspectos técnicos e econômicos.

02

Calibração dos Parâmetros

Ajusta os parâmetros de difusão p (coeficiente de inovação) e q (coeficiente de imitação) utilizando dados históricos da ANEEL.

03

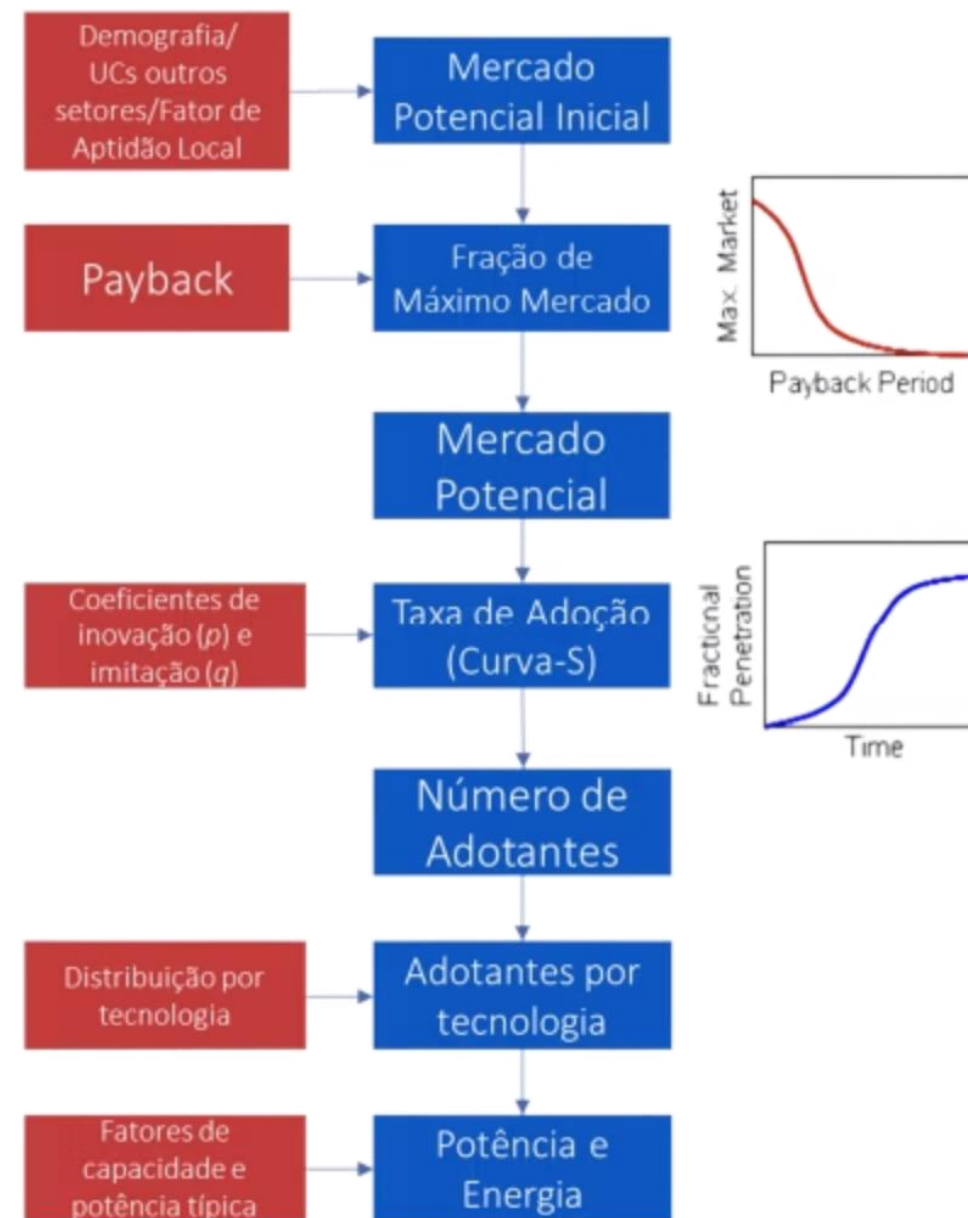
Projeção de Potência

Gera curvas de potência incremental anual e acumulada em MW, refletindo a dinâmica de crescimento da MMGD.

04

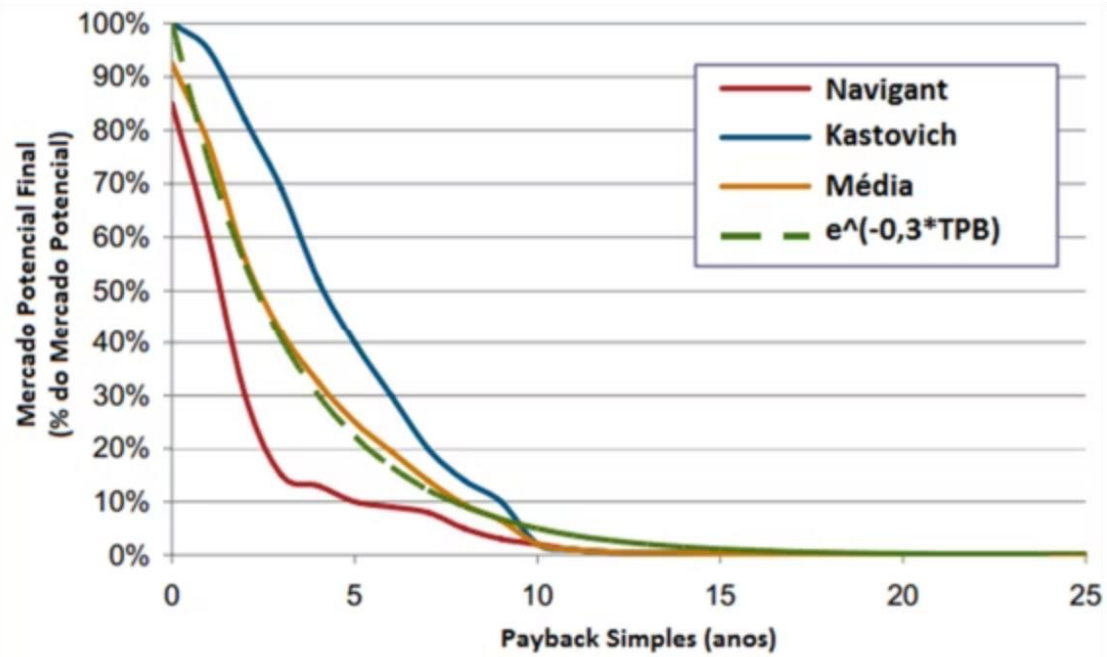
Conversão em Energia

Transforma a potência projetada em geração de energia mensal, específica por UF ou Distribuidora.



Previsão do Mercado Potencial

Fração de Máximo Mercado:



Mercado Potencial Final:

$$m = fmm \times mpi$$



Mercado Potencial Inicial

Estimativa baseada em condições demográficas e econômicas de cada Unidade Federativa (UF), utilizando projeções de crescimento do PIB para definir o número de consumidores elegíveis.



Mercado Potencial Final

Determinado pela atratividade econômica, considerando o payback simples para o segmento residencial e o payback descontado para os segmentos comercial e industrial.



Filtro da Atratividade Econômica

Consumidores decidem com base no tempo de payback. Residencial: payback simples (anos para se pagar). Comercial/Industrial: payback descontado (fluxo de caixa, taxa de desconto).



Metodologia de Cálculo

Uso de uma função exponencial calibrada com base em estudos internacionais, que correlaciona o tempo de payback com o percentual do mercado disposto a investir em MMGD.

Difusão do Mercado e o Modelo 4MD

O modelo 4MD utiliza o Modelo de Bass para simular a difusão da MMGD ao longo do tempo, gerando a característica curva em S.



Modelo de Bass

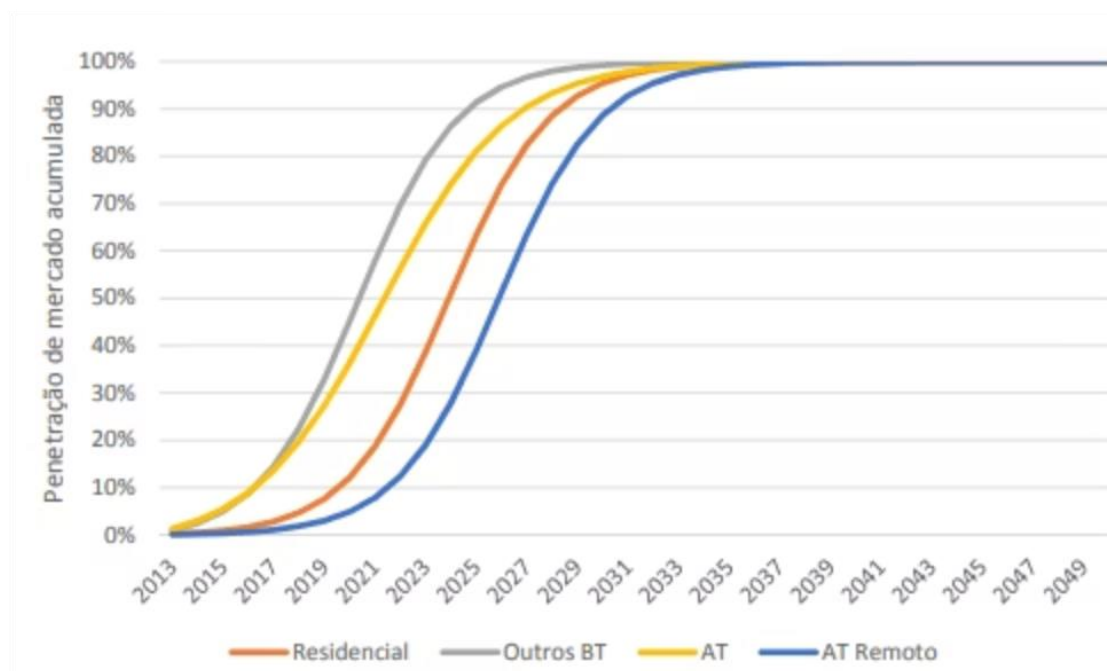
Gera a curva de adoção em "S" ao combinar inovação e imitação, descrevendo a difusão de novas tecnologias.



Parâmetros p e q

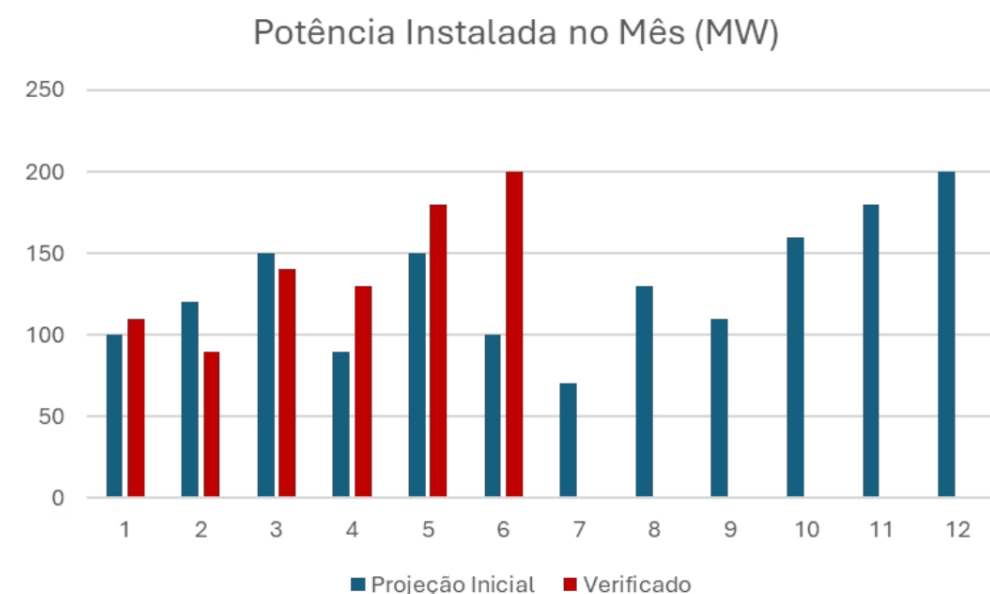
Coeficiente 'p' para inovadores (pioneiros) e 'q' para imitadores (efeito boca-a-boca) impulsionam a curva de difusão.

Curvas de Adoção:



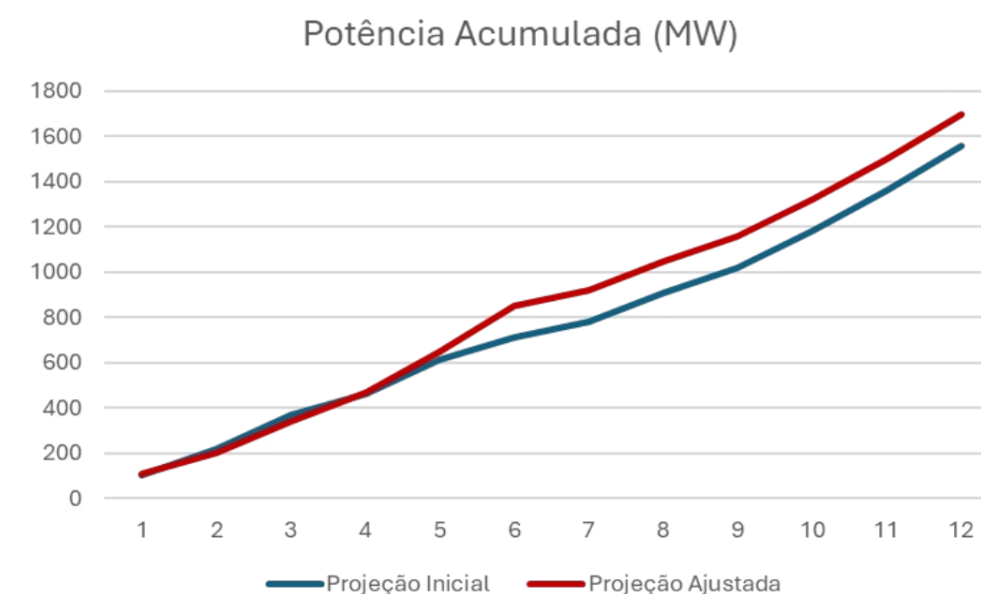
Atualização da Projeção de MMDG

Esta seção apresenta as projeções atualizadas do modelo 4MD para a difusão da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMDG) no Brasil. Incorporamos os parâmetros mais recentes, calibrados especificamente para o cenário nacional, refletindo as dinâmicas atuais de adoção e expansão do mercado.



Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Projeção Inicial	100	120	150	90	150	100	70	130	110	160	180	200
Verificado	110	90	140	130	180	200						

O gráfico da esquerda ilustra a projeção da potência instalada mensal de MMDG. Esses valores são periodicamente ajustados e validados com os dados reais observados quadrimestralmente, garantindo a fidelidade do modelo às tendências de mercado e comportamento do consumidor.



Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Projeção Inicial	100	220	370	460	610	710	780	910	1020	1180	1360	1560
Projeção Ajustada	110	200	340	470	650	850	920	1050	1160	1320	1500	1700

O gráfico da direita demonstra a projeção da potência acumulada de MMDG, revisada para refletir um novo e mais acelerado patamar de expansão. Esta atualização incorpora os efeitos cumulativos das taxas de adoção e o crescimento contínuo do parque gerador.

Conclusões



Tradução Matemática

O 4MD converte efetivamente o processo de difusão social da MMGD em curvas quantificáveis de potência e energia.



Espacialização

Os resultados são espacializados por UF e Distribuidoras, fornecendo base sólida para estudos energéticos e elétricos regionalizados.



Simplicidade Robusta

O modelo combina simplicidade conceitual com robustez técnica, adequado para uso operacional no planejamento.

