

Difusão de tecnologias de transição

Vladimiro Miranda



Associação de Reguladores de Energia dos
Países de Língua Oficial Portuguesa

Inovação gera transformação que gera inovação

uma questão de cultura

As transformações a que assistimos e que discutimos...

renováveis distribuídas

redes inteligentes (smart grids)

veículos elétricos

armazenamento em baterias

hidrogénio

... resultam de inovação.

Para acomodar socialmente essas transformações, é necessário compreensão dos fenómenos e capacidade de previsão - para promover decisão regulamentar e política adequadas.

Para a boa compreensão, é necessário inovação nos próprios modelos olhando a inovação.



Cultura de inovação

O estabelecimento de uma cultura de inovação com base em conhecimento convoca mais atores do que os clássicos, incluindo a comunicação social e os agentes culturais e políticos.

Esta apresentação é sobre difusão de adoção tecnológica

os fenómenos são dinâmicos e espaciotemporais

Difusão de Inovações é um modelo originalmente proposto por Everett Rogers.
Quatro fatores influenciam a generalização de uma nova ideia:

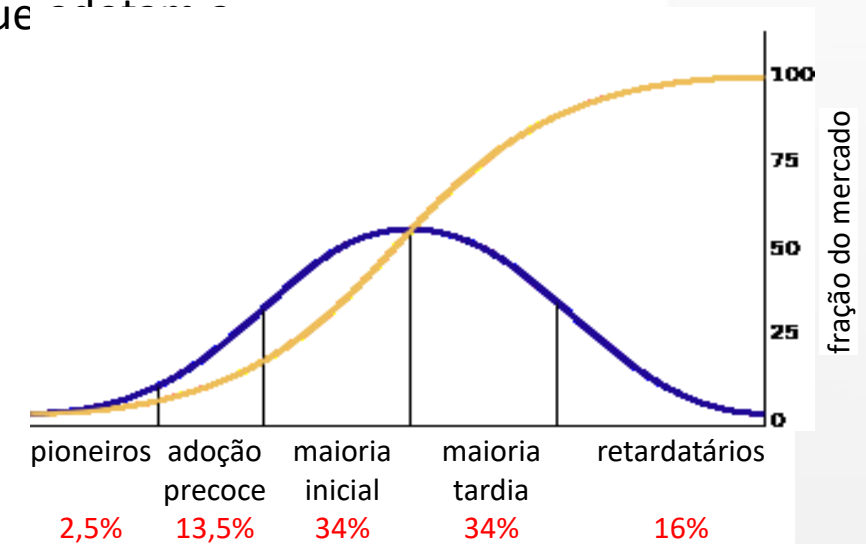
- a inovação
- os canais de comunicação
- o tempo
- o sistema social



Classicamente, são definidos quatro grandes grupos sociais, de entre os que adotam a nova ideia (tecnologia):

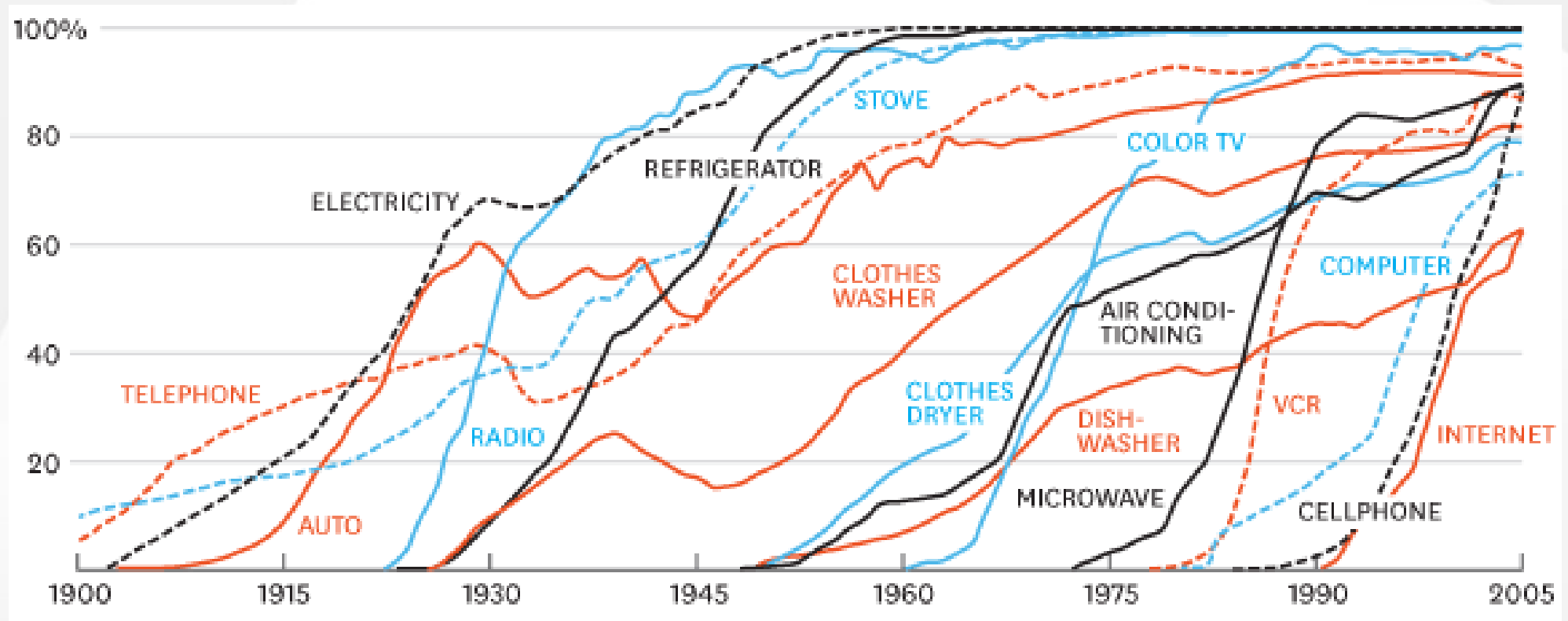
- os inovadores ou pioneiros
- os adeptos precoces ou primeiros adeptos
- a maioria inicial
- a maioria tardia
- os retardatários ou renitentes

Influenciar a forma desta curva é uma questão de políticas.



Padrões de difusão para diversas tecnologias

diferentes ritmos, mesma lei geral



Fonte: <https://medium.com/@mcasey0827/speculative-bitcoin-adoption-price-theory-2eed48ecf7da>

O paradigma do prosumidor

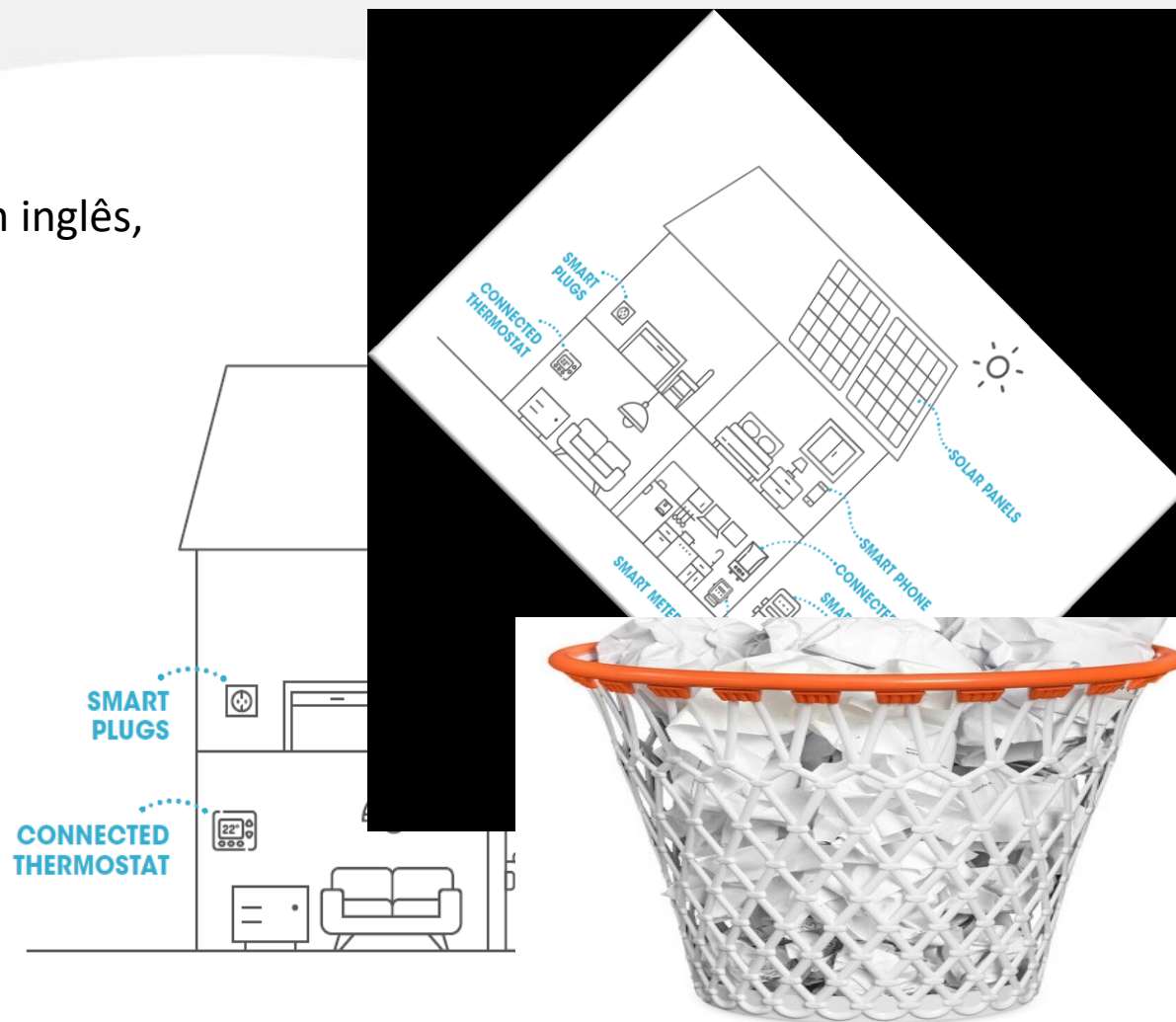
apenas teoria

O paradigma do produtor+consumidor ou prosumidor (em inglês, *prosumer*) assume que todas as tecnologias inovativa presentes em simultâneo nos locais tradicionais de consumo (por exemplo, residências).

Está longe de corresponder a uma realidade transformadora

Não é um paradigma que permita:

- Compreender e prever difusão de geração distribuída, veículos elétricos, baterias, novos processos tecnológicos de inteligência empresarial e reguladores, etc.
- Identificar os riscos associados ao uso de modelos de energia grosseiros ou primitivos
- Avaliar o desenho de políticas e seus impactos, para explorar benefícios dos recursos distribuídos



Fonte: IRENA (2019): INTERNET OF THINGS - INNOVATION LANDSCAPE BRIEF

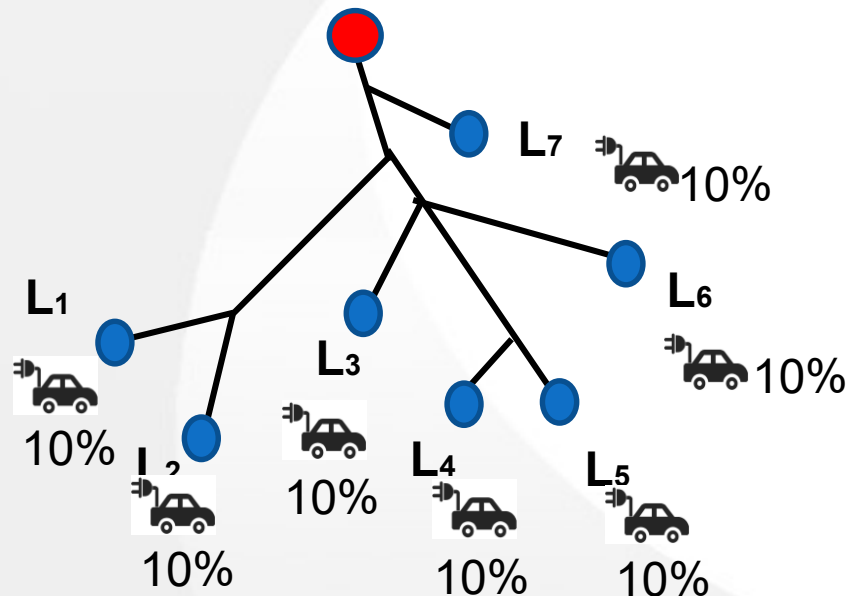
A compreensão da difusão

onde estamos hoje

Dados cenários de futura adoção de renováveis distribuídas, onde e quando esperar a sua adoção?

A modelização comum para a adoção de novos processos/tecnologias, como fotovoltaico ou veículos elétricos, usa métodos de extrapolação: taxas de crescimento homogéneas associadas a elementos da rede (e.g. transformadores de MT/BT)

leva a hipóteses simplistas e grosseiras sobre capacidades instaladas ou valores de ponta de potência.



LIMITAÇÕES

Os processos de difusão tecnológica ficam separados dos estudos de impactos sistémicos

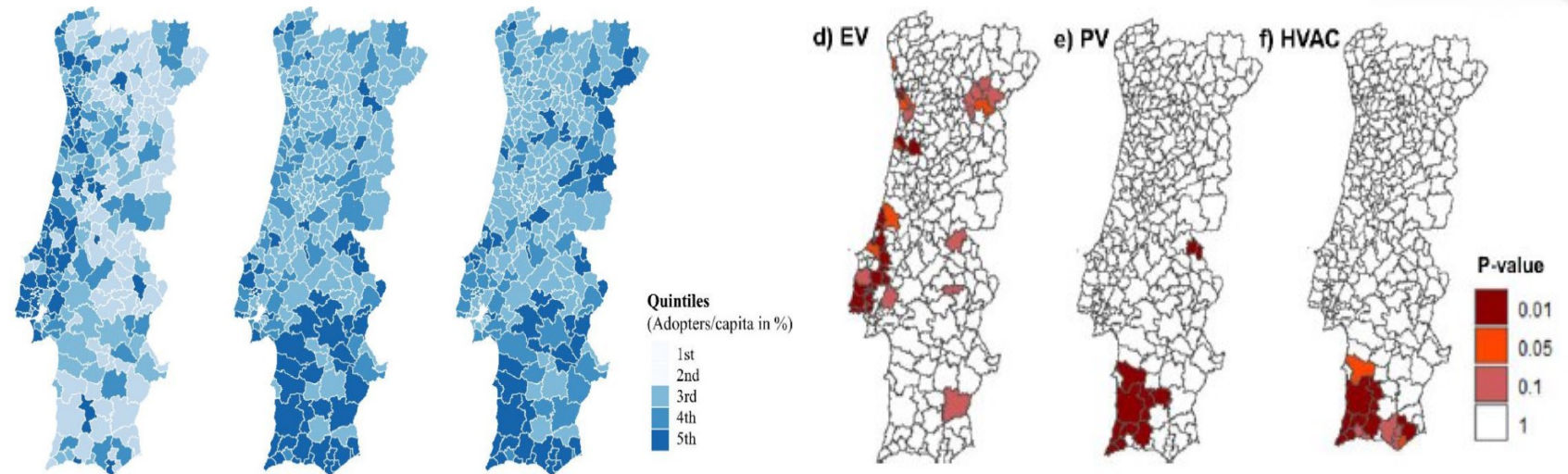
Estão ausentes de consideração dependências entre estudos técnicos e ciências sociais com expressão espacial

Constata-se uma globalmente pobre representação de processos de difusão no planeamento técnico dos sistemas de energia elétrica e na elaboração de políticas.

Compreendendo os padrões de adoção tecnológica

Estudo sobre Portugal usando dados dos censos

Análise em detalhe sobre residências em Portugal – caracterização dos adotadores de PV, EV e AVAC e sinergias no uso concertado de recursos distribuídos



[EPIA Conference on Artificial Intelligence](#)

EPIA 2019: [Progress in Artificial Intelligence](#) pp 427-437 | [Cite as](#)

Explorative Spatial Data Mining for Energy Technology Adoption and Policy Design Analysis

SYNERGIES BETWEEN ELECTRIC VEHICLES AND DISTRIBUTED RENEWABLE GENERATION?

Fabian Heymann^{*1}, Mário Lopes², Filipe Joel Soares¹, João M. Silva¹,
Vladimiro Miranda¹, André Dias²

^{1,3} CPES and Engineering Faculty, INESC TEC and University of Porto, Porto, Portugal
² CEiiA, Centre of Engineering and Product Development, Porto, Portugal

Compreendendo os padrões de adoção tecnológica

Estudo sobre Portugal usando dados dos censos

Caraterização da estabilidade da adoção de recursos distribuídos em diferentes níveis de agregação

Inferência sobre os motivadores (drivers)

Ordenação das instabilidade dos motivadores em diferentes níveis de agregação

Table 3 Top 15 rank similarity across technologies

| | EV–PV | EV–HVAC | PV–HVAC |
|----------------|-------|---------|---------|
| municipalities | 0.40 | 0.53 | 0.27 |
| boroughs | 0.20 | 0.27 | 0.13 |
| neighbourhoods | 0.20 | 0.07 | 0.13 |

Table 4 Top 15 rank similarity across aggregation levels

| | EV | PV | HVAC |
|----------------|------|------|------|
| Muni. to Bor. | 0.60 | 0.33 | 0.27 |
| Bor. to Neigh. | 0.67 | 0.13 | 0.13 |

IET Renewable Power Generation

Research Article

IET Journals
The Institution of
Engineering and Technology

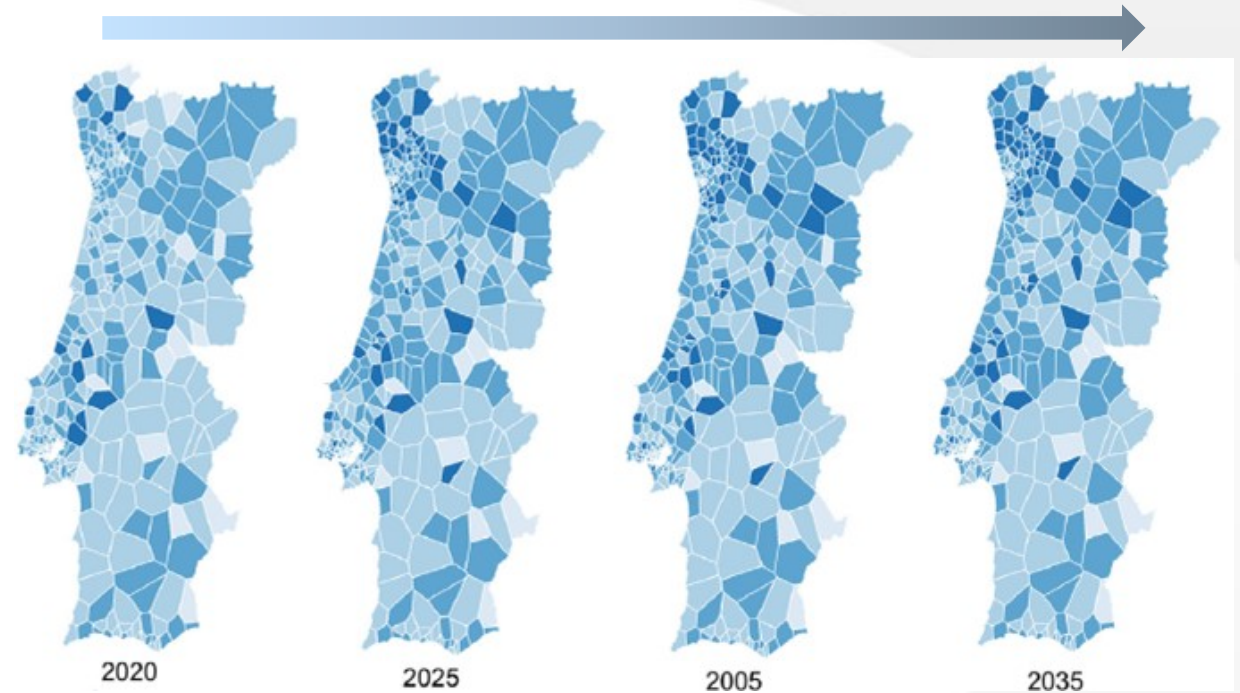
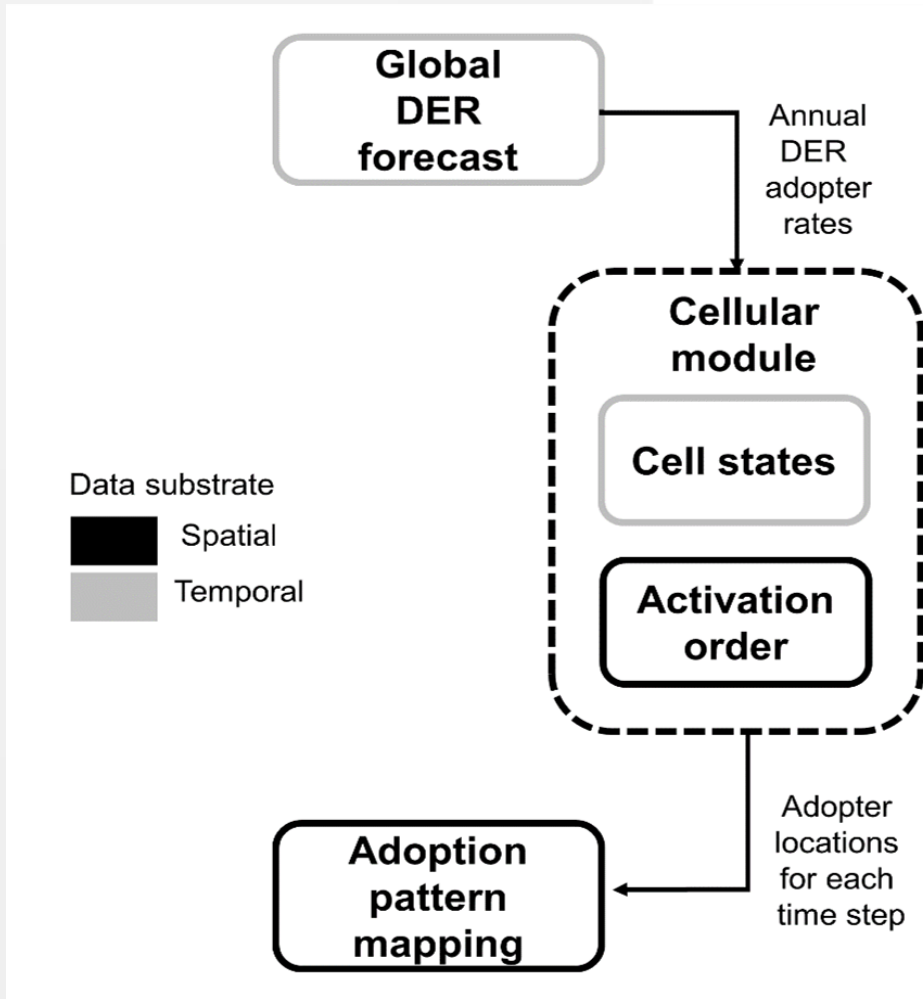
DER adopter analysis using spatial autocorrelation and information gain ratio under different census-data aggregation levels

Fabian Heymann¹, Mário Lopes², Frederik vom Scheidt³, João M. Silva⁴, Pablo Duenas⁵, Filipe J. Soares⁶, Vladimiro Miranda¹

ISSN 1752-1416
doi: 10.1049/iet-rpg.2019.0322
www.ietdl.org

Previsões sobre a adoção de recursos distribuídos

como construir um modelo



Page 1 of 8

IEEE PES Transactions on Sustainable Energy

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

Forecasting Energy Technology Diffusion in Space and Time: Model design, Parameter choice and Calibration


F. Heymann; F. vom Scheidt; F. J. Soares; P. Duenas; V. Miranda

Verificando efeitos da difusão tecnológica

na distribuição

A opção por um modelo específico de alocação de recursos distribuídos (e.g. EVs) tem fortes implicações na estimativa da procura e na consequente produção de decisões de planeamento

Contents lists available at ScienceDirect



Electrical Power and Energy Systems

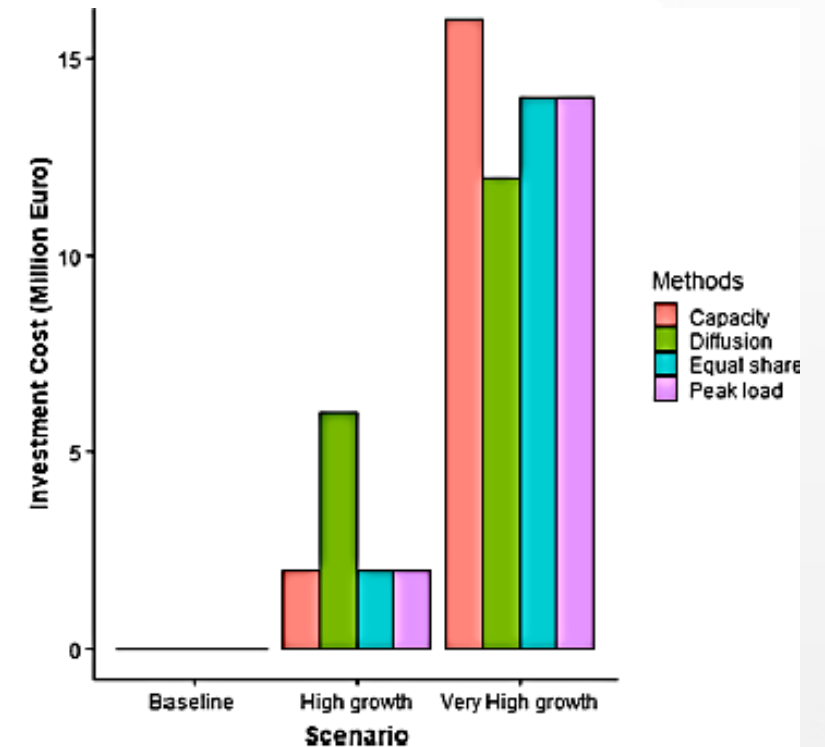
journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijepes

Distribution network planning considering technology diffusion dynamics and spatial net-load behavior

Fabian Heymann^a, João Silva^a, Vladimiro Miranda^a, Joel Melo^b, Filipe Joel Soares^c, Antonio Padilha-Feltrin^d



Estudo para a cidade do Porto



Verificando efeitos da difusão tecnológica

na propagação de efeitos para a transmissão

A opção por um modelo específico de alocação de recursos distribuídos (e.g. EVs) tem fortes implicações na estimativa da procura e na consequente produção de decisões de planeamento

Vertical Load Uncertainty at the T/D Boundary under different spatial DER allocation techniques

Fabian Heymann, João Silva
CPES/Engineering faculty
INESC TEC/University of Porto
Porto, Portugal
fabian_heyman@fe.up.pt
jpv@inesctec.pt

Pablo Duenas
MITEI
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge (MA), USA
pduenas@mit.edu

Phillipe Vilaca
CPES
INESC TEC
Porto, Portugal
phillipe.v.gomes@inesctec.pt

Joel Melo
Federal University of ABC
CECS
Santo André, Brazil
joel.melo@ufabc.edu.br

Filipe Joel Soares
CPES
INESC TEC
Porto, Portugal
fsoares@inesctec.pt

Vladimiro Miranda
CPES/Engineering faculty
INESC TEC/University of Porto
Porto, Portugal
vmiranda@inesctec.pt

Impactos sentidos nas subestações de interface da rede de transporte (transmissão), em função da difusão de fotovoltaico distribuído

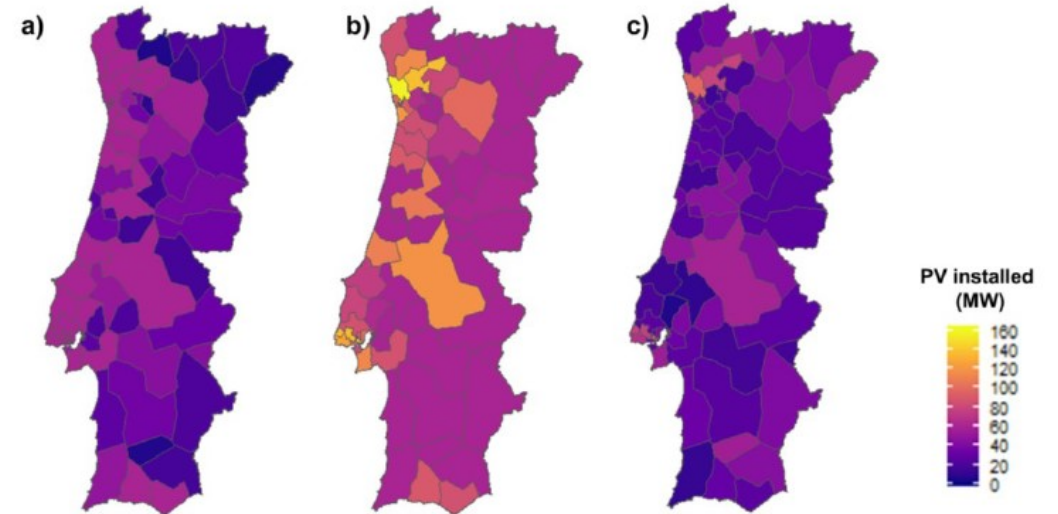


Figure III. PV diffusion for different PV allocation techniques, where a) max, b) min and c) maximum difference

Reconhecimento da importância dos modelos de difusão

doutrina acolhida pelo ENTSOE

O ENTSOE submeteu recentemente um documento sobre Bidding Zone Review Study às entidades reguladoras europeias.

Nos estudos suportando a proposta de revisão, foi necessário efetuar desagregações de geração e carga até níveis nodais (subestações do TSO). Subestações de níveis de tensão inferiores aos representados no modelo são agregadas e associadas às subestações mais relevantes representadas.

A proposta de desagregação até níveis nodais inclui conceitos espaciotemporais, sugerindo representações de densidades populacionais para distribuição da carga, uso do território para distribuição de PV instalado, etc.

Embora permitindo a cada TSO usar os seus próprios métodos, existe uma forte sugestão de que elementos espaciotemporais sejam adotados como dados de base, tornando óbvio que essa alocação de recursos distribuídos possa recorrer a métodos de difusão.

European Network of
Transmission System Operators
for Electricity



Impactos de políticas

estudo na cidade do Porto até 2030

Áreas de serviço dos transformadores HV/MV e adoção de incentivos para fotovoltaico e veículos elétricos.
Três cenários: Baseline (atual taxa extrapolada), Crescimento (apoiado em incentivos) e Explosão (acima do esperado)

Azul:
incentivos dirigidos a classe média-alta

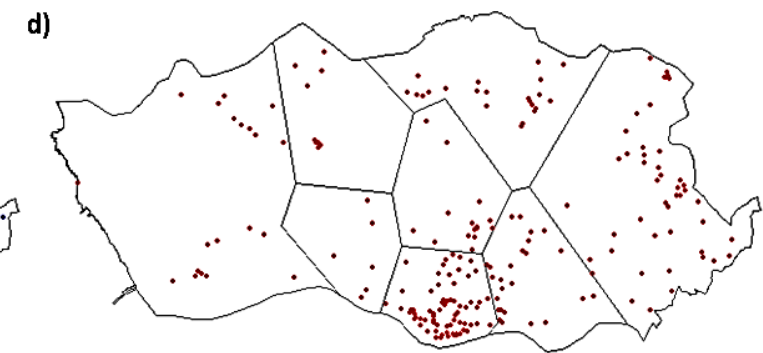
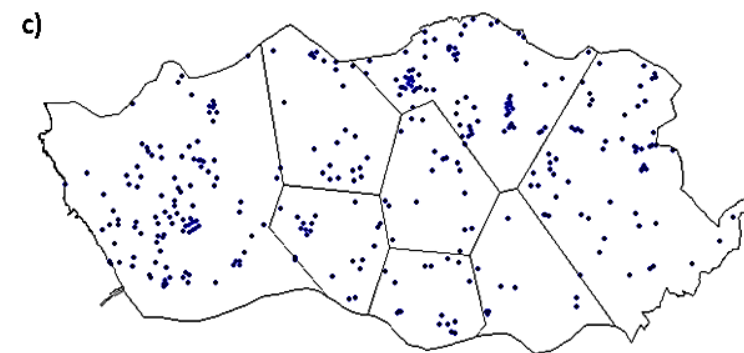
Vermelho:
incentivos dirigidos a classe média-baixa

As variações identificadas com a difusão tecnológica impactam nas decisões de investimento na rede.



b)

| Substation | Inst. Capacity (MW) | Peak-load (2015) | Peak-load 2030 (Baseline) | Peak-load 2030 (High growth) |
|--------------------|---------------------|------------------|---------------------------|------------------------------|
| Antas | 85 | 40 | 40 | 50 |
| Boavista (porto) | 84 | 44 | 44 | 55 |
| Campo 24 de Agosto | 56 | 30 | 30 | 38 |
| Campo Alegre | 84 | 39 | 45 | 52 |
| Lapa | 59 | 22 | 22 | 28 |
| Monte dos Burgos | 56 | 39 | 39 | 49 |
| Paranhos | 56 | 31 | 31 | 39 |
| Vitoria | 59 | 25 | 29 | 34 |

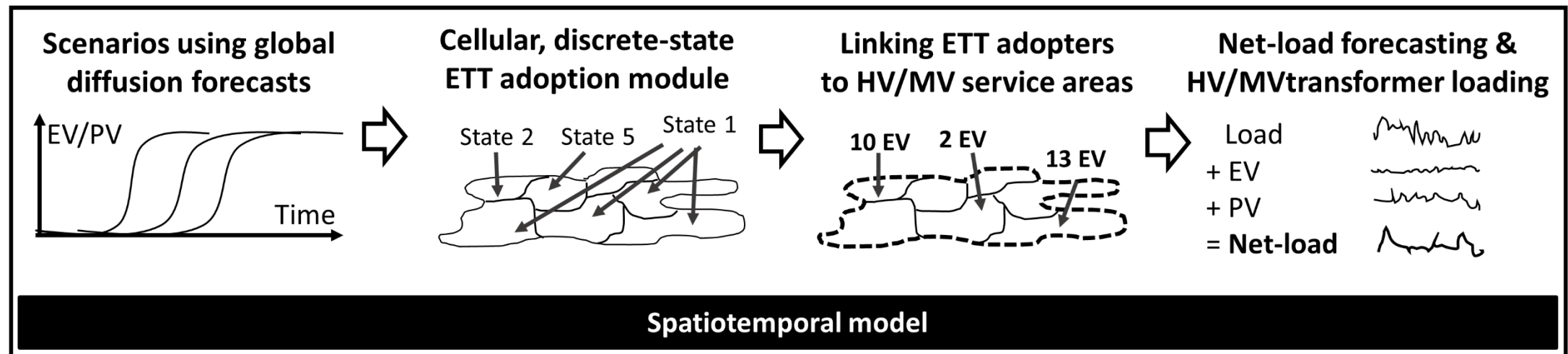


A construção de previsões

ETT – Energy Transition Technologies

A partir de uma definição de células, é possível a construção de previsões seguindo as etapas:

1. Geração progressiva de cenários com modelos de difusão
2. Autômatos celulares para emular a progressiva difusão das Tecnologias Energéticas de Transição (ETTs)
3. Associação dos resultados da propagação de adoção de ETTs às áreas de serviço de subestações
4. Observação da evolução dos fatores e produção de previsões (séries temporais em cada célula agregadora) sobre cargas/consumos



Desenho de políticas

Como transformar adeptos em prossumidores?

Modelos de desagregação para cenários de difusão em abrangência nacional...

Resolução espacial: $< 0,1 \text{ km}^2$

Resolução temporal: $< 1 \text{ mês}$

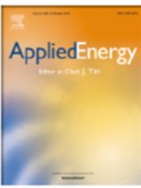
... permitindo agregações posteriores para os níveis adequados

Para desenho de políticas, assume-se que o decisor pretende

Minimizar custos de sistema

Minimizar assimetrias sociais

avaliado por diferenças relativas a um cenário 0 sem adoção das tecnologias
avaliado por um indicador de desigualdade económica (Índice T de Theil)




Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Applied Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apenergy

Orchestrating incentive designs to reduce adverse system-level effects of large-scale EV/PV adoption – The case of Portugal

Fabian Heymann^{a,*}, Vladimiro Miranda^a, Filipe Joel Soares^b, Pablo Duenas^c, Ignacio Perez Arriaga^c, Ricardo Prata^d



Estudo sobre o caso português

Algumas informações preliminares

Dados do ultimo censo em Portugal (INE 2011): 17.000 células espaciais, cada uma associada a 120 critérios socio-demográficos (e.g. status familiar, nível de educação, idade dos sujeitos, % de emprego, tipo de residência, etc)

Associação, com GIS (sistema de informação geográfica), dos dados às áreas de serviço construídas.

Casos estudados:

Difusão de veículos elétricos (EV)

- assumidos 30% de carregamentos rápidos e 60% de carregamentos lentos, baterias típicas de 24 kWh

Difusão de fotovoltaico residencial (PV)

- Assumidos painéis de 200 W e 1,5 m², área de cobertura usável de 30%, desempenhos habituais e área per capita de cobertura de 13 m²

Duas estimativas fundamentais derivadas:

Previsão global de adoção da tecnologia para cada ano

Potencial total de adoção da tecnologia para cada célula (ligada à grelha do censo).

Estudo sobre o caso português

Comparação de políticas de incentivos

LMI (Low or Medium Income) – Incentivos tomando como alvo estratos populacionais de renda baixa ou média

HP (High Performance) – Incentivos tomando como alvo acesso a recursos educacionais ou financeiros

RN (Randomized) – Incentivos sem alvo específico, provocando uma adoção aleatória (para benchmarking)

Estes esquemas traduzem-se em diferentes pesos regulando os processos de difusão

Esquemas de combinação de incentivos (IDC)



Foram estudados os impactos de diferentes combinações de incentivos para mobilidade elétrica (EV) e fotovoltaico distribuído (PV)

Usados perfis típicos de carga residencial projetados em MT e perfis reais de carregamento de EV e geração PV, em passos horários.

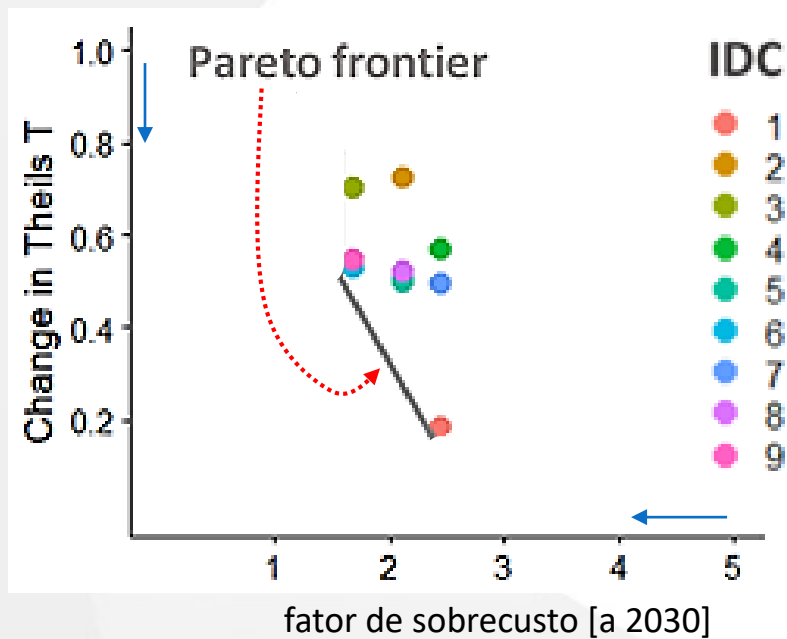
O cenário base for a situação de 2015 e as curvas típicas adotadas foram as preconizadas pela ERSE.

| IDC | EV | PV |
|-----|-----|-----|
| 1 | HP | HP |
| 2 | LMI | HP |
| 3 | RN | HP |
| 4 | HP | LMI |
| 5 | LMI | LMI |
| 6 | RN | LMI |
| 7 | HP | RN |
| 8 | LMI | RN |
| 9 | RN | RN |

Exemplo de resultados

uma pequeníssima amostra

Condensando as simulações, para as diversas combinações de políticas de incentivos, num plano de atributos de [sobrecusto x variação de assimetrias sociais], em comparação com um caso base sem adoção das tecnologias de transição, identificam-se os Esquemas de Incentivos que são dominantes.



No caso de Portugal estudado, efetuados estudos de sensibilidade e permutações de dados (para garantir a robustez das conclusões), o Esquema dominante que emerge de forma consistente é o IDC 1

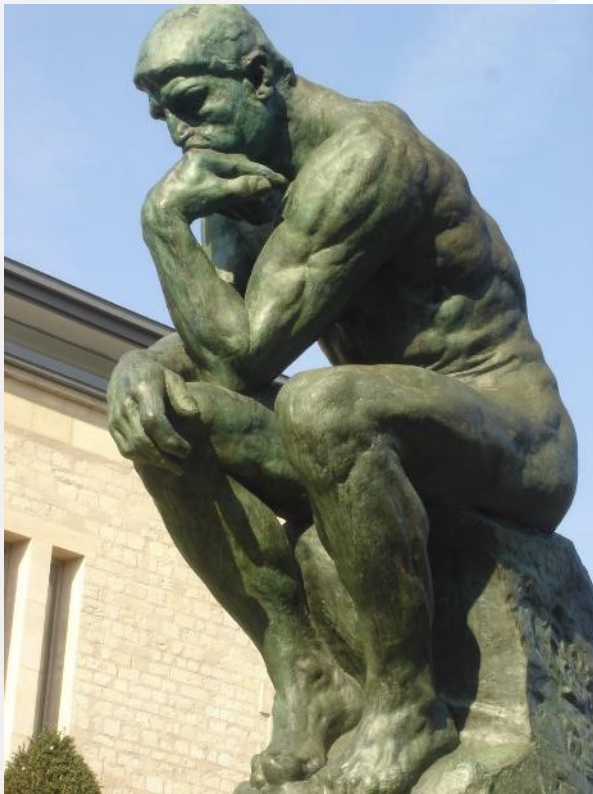
➤ ou seja, contrariando certas sensibilidades, correspondendo a dirigir incentivos às classes mais dotadas de recursos

Os esquemas IDC 2 e 4 são os que sistematicamente conduzem a situações de maiores sobrecustos e maiores assimetrias sociais

➤ São os esquemas híbridos de HP e LMI

A difusão tecnológica

um sumário possível das grandes linhas de raciocínio



Energias renováveis (e outros recursos distribuídos) não são distribuídas homogeneamente no espaço, tal como os grupos sociais não são distribuídos homogeneamente nos sistemas sociais

sempre há "early adopters", pessoas com mais recursos que podem aproveitar os incentivos de compra/uso

Esses fenómenos de adoção traduzem-se em aglomerações espaciais (*spatial clustering*), que tem efeito nos planos de investimento nas redes e sistemas elétricos

O caráter dos subsídios tem grande impacto na dispersão espaciotemporal.

Por exemplo, subsídios invertidos, endereçando famílias de renda média-baixa (*low medium income*) – e.g. novas abordagens nos EUA, Califórnia – podem resultar em dispersões geográficas completamente diversas

Novas abordagens, com base nos modelos de difusão, podem ajudar reguladores/agentes políticos a prever futuros efeitos/impactos no sistema elétrico – no planeamento, estruturação, operação

Permitem avaliar os impactos estruturais de diferentes esquemas de incentivos, e em que graus diferentes objetivos de política são conseguidos.

Vladimiro Miranda

