

MISSÃO (IM)POSSÍVEL? O PAPEL DA INOVAÇÃO (E DAS POLÍTICAS DE INOVAÇÃO) NO SUPORTE ÀS MUDANÇAS ESTRUTURAIS E TRANSIÇÕES SUSTENTÁVEIS

(Im)possible Mission? The role of innovation (and innovation policy) in supporting structural change & sustainability transitions

Jan Fagerberg
Centre for Technology
University of Oslo
jan.fagerberg@tik.uio.no

RESUMO

Os tópicos tratados neste artigo dizem respeito à (necessária) transição para a sustentabilidade, às mudanças estruturais que ela acarreta e ao papel que a política (de inovação) pode desempenhar para acelerar essas mudanças. Embora seja fácil argumentar que a inovação deve desempenhar um papel importante na transição para a sustentabilidade, é mais desafiador fornecer bons modelos de como as políticas podem ajudar a mobilizar a inovação para esse fim. Esses modelos, argumenta-se, precisam ser lastreados na base de conhecimento acumulado sobre o papel da inovação na mudança social e econômica. O artigo, portanto, começa separando alguns insights importantes sobre inovação a partir da pesquisa acumulada neste tópico e, com isso em mente, discute várias abordagens de políticas que foram sugeridas para influenciar a inovação e as transições para a sustentabilidade. Para possibilitar uma discussão mais aprofundada, o documento aborda detalhadamente três casos em que a política indiscutivelmente teve um grande impacto, isto é, a energia renovável na Dinamarca e na Alemanha e os carros elétricos na Noruega. A parte final do artigo resume a discussão sobre o papel das políticas (de inovação) nas transições sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Inovação. Políticas de inovação. Transição para sustentabilidade.

ABSTRACT

The topics addressed in this paper concern the (much-needed) transition to sustainability, the structural changes it entails and what role (innovation) policy can play in speeding up such changes. While it is easy to argue that innovation must play an important role in the transition towards sustainability, it is more challenging to provide good models for how policy may help in mobilizing innovation for this purpose. Such models, it is argued, needs to be based on the accumulated knowledge base on the role of innovation in social and economic change. The paper therefore starts by distilling some important insights on innovation from the accumulated research on this topic, and, with this in mind, discusses various policy approaches that have been suggested for influencing innovation and sustainability transitions. To allow for a more in-depth discussion the paper then goes into more detail about three cases in which policy arguably had a large impact, namely renewable energy in Denmark and Germany and electric cars in Norway. The final part of the paper sums up the discussion about the role of (innovation) policies in sustainability transitions.

KEYWORDS: Innovation. Innovation policies. Transition to sustainability..

1 INTRODUÇÃO

Os tópicos tratados neste documento dizem respeito à (muito necessária) transição para a sustentabilidade, às mudanças estruturais que ela acarreta e ao papel que a política pode desempenhar para acelerar essas mudanças.

O crescimento econômico tem elevado os padrões de vida, a saúde e a longevidade em todo o mundo (embora os benefícios estejam longe de ser uniformemente distribuídos), mas também tem levado a uma pressão crescente sobre os recursos e ecossistemas escassos dos quais dependemos. Dessa forma, continuar no mesmo caminho para sempre, definitivamente, não seria sustentável¹. A questão que surge é se o crescimento econômico contínuo é realmente possível em um mundo de recursos finitos. Nesse caso, o crescimento econômico precisaria ser “desacoplado” de sua atual trajetória de uso de recursos e produção de resíduos na direção de uma economia circular, na qual recursos escassos não são desperdiçados, mas reutilizados, e o fornecimento de energia é baseado em fontes renováveis. Para chegar a esse estado, muita inovação, e não apenas inovação tecnológica, será necessário. É por isso que a inovação - e as políticas que a suportam - são essenciais para a transição para a sustentabilidade.

Em particular, a prática de queimar combustíveis fósseis para gerar energia, além da poluição local, levou a crescentes emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera e, portanto, a aumentos constantes na temperatura global, com consequências ambientais e econômicas potencialmente muito negativas para os próximos anos (STERN, 2015). Para evitar esse desfecho, as emissões de GEE precisam ser reduzidas a quase zero antes do final deste século, uma meta com a qual quase todas as nações agora concordam². Esta é uma meta extremamente exigente, pois 80% da energia global é fornecida por meio da queima de combustíveis fósseis³. Para atingir essa meta, serão necessárias grandes mudanças tecnológicas na estrutura econômica, nas formas de governança e nos modos

¹ A sustentabilidade pode ser definida de forma muito ampla, como nos dezessete objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) acordados pelas Nações Unidas (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>), ou mais especificamente como a faculdade da economia de “funcionar dentro da capacidade fornecida pelos ecossistemas da terra” (DIETZ; O’NEILL, 2013, p. 46). No entanto, o último (que é o foco central aqui) é obviamente de vital importância para o primeiro.

² O acordo (ou convenção) climático de Paris foi adotado por consenso entre 196 partes na 21ª Conferência da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) em Paris em 12 de dezembro de 2015. Em dezembro de 2017, 171 partes ratificaram a convenção (<http://unfccc.int/2860.php>).

³ Conforme: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.FO.ZS>, acessado em 30 de novembro de 2017.

de vida. Além disso, embora mudanças fundamentais dessa natureza historicamente tenham levado muito tempo para se desdobrar, pesquisas mostram que a transição para a sustentabilidade deve estar em andamento muito em breve, a fim de evitar danos muito sérios (LAESTADIUS, 2015). Isso ilustra claramente a urgência do problema.

Como a política pode ajudar a promover essas mudanças? Na economia, a emissão de GEE costuma ser analisada como um efeito colateral injustificado da atividade econômica, que pode continuar sem controle porque o poluidor não é obrigado a pagar pelo dano. A solução óbvia a partir dessa perspectiva seria introduzir um preço sobre as emissões, por exemplo, na forma de um imposto de carbono (*cap-and-trade*) levando, argumenta-se, a menos emissões e a uma mudança de atividades poluentes para atividades mais benéficas ao ambiente (NORDHAUS, 2013). Embora intuitivamente atraente, essa abordagem política não funcionou tão bem no caso das emissões de GEE⁴. A razão pode estar relacionada à “economia política”: enquanto a teoria pressupõe um poderoso planejador social capaz de impor novos impostos ou tipos semelhantes de arranjos, na realidade os políticos enfrentam forte oposição ao pensar em fazê-lo. Além disso, a natureza global do problema e a falta de um sistema de governança global semelhante também aumentam o desafio (SMITH, 2017). Outra razão pode estar relacionada à falta de alternativas acessíveis e ambientalmente benéficas. É claramente aqui que a inovação e as políticas que afetam a inovação se tornam importantes. Na verdade, mesmo um sistema de imposto de carbono (ou *cap-and-trade*) que funcione bem só viabilizaria a alternativa atualmente mais “econômica”, isto é, tecnologicamente madura, e deixaria as tecnologias mais imaturas (mas não necessariamente menos promissoras), que também podemos precisar urgentemente, sem suporte (LAUBER; JACOBSSON, 2015). Além disso, como Acomoglu et al (2012) apontam, sem inovação - e política de inovação - o principal impulso para a mudança teria que vir por meio de uma depressão da atividade econômica (em reação a pesados impostos ambientais), com grandes consequências negativas para o bem-estar e o emprego. Portanto, a precificação do carbono, embora importante, deve ser vista como um suplemento à política de inovação, não uma alternativa.

⁴ O European Trading System (ETS) é o primeiro e maior sistema internacional de comércio de emissões e cobre quase metade das emissões de GEE da UE (BEGG, 2015). No entanto, nos últimos cinco anos, o preço de emissão de uma tonelada de CO₂ oscilou em torno de 6 euros, apenas uma pequena fração do que seria necessário para ter o impacto desejado nas emissões (Nordhaus, 2013; Laestadius, 2015). Entre as razões para isso estão uma política muito frouxa com respeito à alocação de direitos de emissão gratuita e uma aparente incapacidade de endurecer o regime quando o preço despencou em 2011.

Embora seja fácil argumentar que a inovação deve desempenhar um papel importante na transição para a sustentabilidade, é muito mais desafiador fornecer bons modelos de como as políticas podem ajudar a mobilizar a inovação para esse fim. Portanto, começamos, na próxima seção, a separar alguns insights importantes sobre inovação a partir da pesquisa acumulada sobre esse tópico e, com isso em mente, discutir várias abordagens políticas que foram sugeridas para influenciar a inovação e as transições sustentáveis. Para possibilitar uma discussão mais aprofundada, vamos detalhar três casos em que a política certamente teve um grande impacto, a exemplo da energia renovável na Dinamarca e Alemanha e dos carros elétricos na Noruega. A seção final conclui com o papel das políticas (de inovação) nas transições sustentáveis.

2 INOVAÇÃO, TRANSIÇÕES SUSTENTÁVEIS E POLÍTICAS

Como a política pode ajudar a mobilizar a inovação na transição para a sustentabilidade? Uma resposta a esta pergunta precisa estar baseada em nosso conhecimento sobre inovação e os fatores que a influenciam, tema que, por meio século, se não mais, tem sido o foco principal do campo de pesquisa interdisciplinar dos estudos de inovação. A discussão que se segue fundamenta-se na base de conhecimento acumulado nesse campo⁵.

2.1 Uma teoria social da inovação

A inovação foi por muito tempo um tópico negligenciado nas ciências sociais. A principal exceção a essa regra foi o economista austríaco-americano Joseph Schumpeter, que há cem anos desenvolveu uma teoria original da inovação como força motriz da mudança econômica e social de longo prazo⁶. O foco principal foi, assim como em alguns dos trabalhos mais recentes sobre sustentabilidade (por exemplo, Daly, 2008), não no

⁵ No entanto, não buscamos uma visão geral completa, mas selecionamos o que achamos mais relevante para nossa discussão. Para visões gerais da base de conhecimento sobre inovação, ver Fagerberg et al (2004) e Hall; Rosenberg (2010).

⁶ As principais obras de Schumpeter foram “Teoria do Desenvolvimento Econômico”, publicada em alemão, em 1912, e em uma edição revisada em inglês, em 1934, e “Capitalismo, Socialismo e Democracia” de 1942. Existe uma vasta literatura sobre a vida e obra de Schumpeter; ver, por exemplo, McCraw (2007) e Andersen (2011). Para uma breve introdução à teoria schumpeteriana e sua subsequente aplicação por outros, veja Fagerberg (2003).

crescimento econômico em si, mas nas mudanças qualitativas na composição da produção, na organização das atividades econômicas e na estrutura da economia. Schumpeter elaborou uma nítida distinção entre invenção, ou seja, novas ideias sobre como fazer as coisas, e inovação, isto é, a capacidade de realizá-las na prática, porque:

Enquanto não forem colocadas em prática, as invenções são economicamente irrelevantes. E realizar qualquer melhoria é uma tarefa inteiramente diferente de inventá-la, e uma tarefa que, além disso, requer tipos inteiramente diferentes de aptidões. (SCHUMPETER, 1934, p. 88).

De acordo com Schumpeter, a inovação vem em muitas formas diferentes, por exemplo, não apenas tecnológica, mas também organizacional e de diferentes tamanhos, que vão desde inovações muito radicais, como ferrovias, eletricidade ou uso de combustíveis fósseis como fonte de energia, que podem revolucionar totalmente a sociedade e a economia, a pequenas mudanças em produtos e processos existentes. No entanto, seu principal interesse era a inovação radical e as condições para obter aceitação social para ela⁷. Para ele, uma razão importante para a proliferação da inércia social está relacionada, além dos “impedimentos legais e políticos” (ibid, p. 86), com a natureza enraizada dos conhecimentos, hábitos e rotinas na sociedade. Segundo Schumpeter, “essa enorme economia de força” (ou seja, o conhecimento rotinizado), essencial para a atividade econômica, também faz com que “cada passo fora dos limites da rotina pareça muito mais difícil”, ou como ele mesmo coloca: “no peito de quem quer fazer algo novo, as forças do hábito se levantam e depõem contra o projeto embrionário” (ibid).

Schumpeter também nos forneceu uma teoria da inovação com “novas combinações”. A novidade não está necessariamente nas partes constituintes, mas na forma como elas são colocadas em conjunto. Assim, as inovações contemporâneas extraem lições da atividade inovativa passada, enquanto a inovação futura será influenciada pelo que é feito aqui e agora. Isso possibilita que caminhos ou trajetórias de inovação influenciem a atividade de inovação e o desenvolvimento econômico por períodos consideráveis de tempo (DOSI, 1982; FREEMAN et al, 1982; FREEMAN; LOUÇÃ, 2001). Portanto, como Schumpeter repetidamente enfatizou, uma perspectiva histórica é essencial ao analisar a inovação, as condições sociais que a sustentam e o papel da política.

Nessa dinâmica combinatória, a empresa inovadora recorre a vários recursos, como conhecimento, habilidades e finanças, e sua possibilidade de sucesso depende

⁷ Como explica, “esta resistência manifesta-se sobretudo nos grupos ameaçados pela inovação, depois na dificuldade de encontrar a cooperação necessária, finalmente na dificuldade de encontrar consumidores” (ibid, p. 87).

criticamente da capacidade de mobilizar esses recursos (FAGERBERG, 2004). A empresa inovadora também depende da estrutura institucional na qual está inserida e - não menos importante - da existência de mercado para suas inovações: as inovações que não são suficientemente apreciadas pelos clientes em potencial, ou seja, não são selecionadas, estão condenadas a falhar. Além disso, esses vários fatores geralmente são complementares e não substitutivos. Por exemplo, é de pouca ajuda ter acesso a algum conhecimento potencialmente interessante se você não tiver as habilidades para explorá-lo, o apoio financeiro necessário para isso ou se houver falta de demanda.

Há lições importantes nisso, não apenas para as empresas (que tendem a aprender isso da maneira mais difícil), mas também para os formuladores de políticas que desejam incentivar a inovação para um propósito específico ou vitalizar a economia em geral. Ou seja, para ter sucesso com o apoio à inovação não é suficiente focar em um determinado recurso, digamos conhecimento, pois pode haver outras restrições iguais ou mais relevantes. Assim, uma perspectiva holística da inovação, com foco não apenas nos fatores de oferta, mas também de demanda, é essencial para o sucesso na política de inovação (EDQUIST, 2004; EDLER; GEORGHIOU, 2007; EDLER; FAGERBERG, 2017; KEMP, 2011).

2.2 Apoiando a inovação radical

Uma das características mais significativas da inovação radical é que ela leva tempo, muitas vezes várias décadas, se não mais. Como Nathan Rosenberg e Stephen Kline explicam:

...as inovações mais importantes passam por mudanças drásticas em suas vidas – mudanças que podem, e muitas vezes o fazem, transformar totalmente sua importância econômica. As melhorias subsequentes em uma invenção após sua primeira introdução podem ser muito mais importantes, economicamente, do que a disponibilidade inicial da invenção em sua forma original. (KLINE; ROSENBERG, 1986, p. 283).

Assim, como eles apontam, as primeiras versões de uma inovação são muitas vezes dispositivos impraticáveis e caros que têm problemas em alcançar clientes em grande número. A história está repleta de exemplos, quando os primeiros carros apareceram no final de 1800, eles eram geralmente considerados brinquedos caros (e não confiáveis) para os ricos. Além disso, os primeiros computadores, surgidos cerca de meio século depois, eram extremamente grandes, caros e com pouco poder de computação em comparação

com, digamos, um smartphone atual e, portanto, com apelo de mercado muito limitado, exceto para os militares dos EUA e alguns outros clientes. Da mesma forma, quando as células solares foram inventadas, na década de 1950, elas eram muito caras em comparação com outras formas de gerar energia e atraíram pouco interesse comercial, exceto – depois de um tempo – para uso nas missões espaciais dos EUA (JACOBSSON et al, 2004). Assim, como em muitos outros casos, a criação de um nicho de mercado ou “espaço protegido” acabou sendo essencial para o desenvolvimento da inovação (por exemplo, aumento de desempenho e redução de custos por meio de aprendizado e economias de escala) para que, eventualmente, obtivesse uma aceitação mais ampla.

Não surpreende, portanto, que a criação e o suporte de tais nichos tenham sido reconhecidos como ferramentas úteis pelos formuladores de políticas que desejam apoiar o desenvolvimento de uma inovação específica (ou inovações para um propósito específico). Particularmente nos EUA, tais políticas “orientadas para missão” (ERGAS, 1986) foram realizadas com grande vigor por, digamos, agências militares, espaciais e de saúde (MOWERY, 2011) e muitas inovações importantes que eventualmente teriam um grande impacto econômico e social têm se beneficiado desses esforços (MAZZUCATO, 2013). O apoio a nichos de mercado pode, assim, ser considerado como um caminho possível para a transição para a sustentabilidade (por exemplo, gestão estratégica de nicho⁸, ver Kemp et al, 1998). No entanto, políticas orientadas para missão (ou gestão de nicho estratégico) exigem formuladores de políticas (ou gerentes) muito capazes e procedimentos rigorosos para evitar as muitas armadilhas em que um projeto desse tipo pode facilmente cair. Isso inclui, por exemplo, abortar o projeto muito cedo; *lock-in* prematuro a uma trajetória tecnológica específica (antes que os prós e contras de várias alternativas tenham sido devidamente explorados); ou captura por interesses específicos (dentro do setor empresarial privado, por exemplo). Como explica Dani Rodrik⁹, isolar o projeto de inovação de atores privados relevantes (como alguns podem sugerir) claramente não é uma boa ideia, pois reduziria o acesso ao conhecimento criticamente importante e dificultaria o aprendizado que o projeto pretendia alcançar. No entanto, como ele aponta, é vital que a autonomia do governo seja mantida por meio de um desenho de projeto

⁸ Kemp et al (1998, p. 186) a definem da seguinte forma: “gestão estratégica de nicho é a criação, desenvolvimento e eliminação controlada de espaços protegidos para o desenvolvimento e uso de tecnologias promissoras por meio de experimentação, com o objetivo de (1) aprender sobre a conveniência da nova tecnologia e (2) melhorar o desenvolvimento futuro e a taxa de aplicação da nova tecnologia”.

⁹ Rodrik usa o termo “política industrial verde” para políticas que poderiam ser igualmente caracterizadas como política de inovação (ou tecnologia) verde. Ele a define como políticas que “estimulam e facilitam o desenvolvimento de tecnologias verdes” (RODRIK, 2014, p. 488).

apropriado. Ele sugere que, em um projeto que enfatize metas claras que sejam aplicadas, transparência e responsabilidade podem contribuir muito para isso.

Embora seja uma ferramenta potencialmente muito poderosa, os exemplos mais bem-sucedidos de políticas orientadas para missões anteriores (ver, por exemplo, Mowery, 2011 e Mazzucato, 2013) referem-se a casos em que uma única agência pública financia o projeto e é o usuário final, o que, sem dúvida, torna a governança do processo muito mais fácil. No entanto, como Mowery et al (2010) apontam, transformar a economia em sustentabilidade é uma tarefa muito mais complexa, que envolve múltiplas tecnologias, extensa mudança estrutural e um grande número de usuários dentro ou entre setores. Assim, como eles sugerem, para discutir essas questões pode ser necessário uma ampliação da perspectiva e da dinâmica empreendedora no interior dos nichos para o que acontece nos níveis meso e macro.

2.3 Mudança de regimes (tecnológicos)

O papel de grandes empresas estabelecidas em setores existentes para inovação e difusão tornou-se uma das questões mais importantes nos estudos de inovação do pós-guerra. Em uma série de trabalhos, culminando com o livro “Uma teoria evolucionária da mudança econômica”, de 1982, Richard Nelson e Sidney Winter delinearam uma nova teoria sobre o assunto que acabou se tornando muito influente¹⁰. Segundo Nelson e Winter, o ativo competitivo central das grandes empresas é o conhecimento organizacional que elas empregam, consistindo em um conjunto de rotinas de ação que é reproduzida (e ajustada) pela prática. Como resultado, empresas grandes e estabelecidas são dependentes de sua trajetória e

muito melhores nas tarefas de automanutenção em um ambiente constante do que nas grandes mudanças, e muito melhores em mudar na direção de “mais do mesmo” do que em qualquer outro tipo de mudança. (NELSON; WINTER, 1982).

Assim, grandes empresas em setores estabelecidos são analisadas como organizações altamente eficientes, mas bastante inertes, trabalhando sob um guarda-chuva

¹⁰ Nelson e Winter (1982) é o trabalho mais citado em estudos de inovação (Fagerberg et al 2012) e também é muito popular entre os estudiosos de gestão, mas recebe muito menos atenção na economia propriamente dita (Meyer 2001).

comum, um “regime tecnológico”¹¹ (WINTER, 1984), refletindo um entendimento comum de “como as coisas são feitas” no setor. Segue-se que, para os entrantes, questionar essas rotinas estabelecidas e competir com os titulares pode ser bastante desafiador.

Essa perspectiva foi adaptada para a análise das transições para a sustentabilidade por Arie Rip e Rene Kemp (RIP; KEMP, 1998), e outros estudiosos (principalmente holandeses), (por exemplo, Geels, 2002, 2015; Geels e Schot, 2007) sob o rótulo “multi-level perspective” (MLP)¹². Três níveis são destacados na análise: o nível macro (chamado de “landscape”), que se supõe mudar lentamente e por razões que podem ser vistas como “exógenas”; o nível meso, que é apelidado de regime “tecnológico” (ou – alternativamente – “sociotécnico”); e o nível micro, os “nichos”, onde se supõe que ocorra o desenvolvimento de novas tecnologias radicais – a experimentação. No entanto, uma tecnologia nova e radical, mesmo que bem-sucedida em um sentido tecnológico restrito, também precisa ser aceita pelo regime mais amplo que estrutura a parte relevante da economia, e isso é visto como desafiador devido à natureza supostamente inerte de tais regimes. Portanto, grande parte do foco desta literatura tem sido nas condições sob as quais essas novas tecnologias radicais, desenvolvidas em nichos, podem se tornar mais amplamente aceitas e, eventualmente, contribuir para a mudança de regime em uma direção, digamos, mais sustentável¹³.

A partir dessas preocupações, surgiu uma abordagem política inovadora, denominada “gestão de transição” (ROTMANS et al, 2001; KEMP et al, 2007; LOORBACH, 2010), sobre como lidar com desafios políticos complexos de longo prazo (como transições para sustentabilidade), desafios que possivelmente não recebem a atenção que merecem devido ao foco de curto prazo da política tradicional (por exemplo, ciclos eleitorais). Faz isso criando um espaço separado – uma arena (ou plataforma) de transição – com o objetivo de transformar objetivos gerais de política em visões concretas, que por sua vez são usadas para desenvolver possíveis caminhos de transição para conectar o presente com o futuro.

¹¹ Rip e Kemp definem “regime tecnológico” da seguinte forma: “um regime tecnológico é o conjunto de regras ou gramática embutido em um complexo de práticas de engenharia, tecnologias de processo de produção, características do produto, habilidades e procedimentos, formas de lidar com artefatos e pessoas relevantes, formas de definir problemas - todos eles embutidos em instituições e infra-estruturas” (RIP; KEMP, 1998, p. 338). Geels (2002) sugere a noção de “regime sociotécnico” para o mesmo fenômeno.

¹² Isso deu origem a uma literatura crescente. Para visões gerais, ver, por exemplo, Smith et al. (2010) e van den Bergh et al. (2011).

¹³ A interação entre os níveis de regime tecnológico e *landscape* é discutida por Geels e Schot (2007). Por exemplo, os autores discutem como as diferenças na pressão por mudança no nível macro podem influenciar os regimes e, dependendo também da dinâmica tecnológica subjacente, viabilizar diferentes “trajetórias de transição”.

Uma arena de transição deve, de acordo com Loorbach (2010), ser liderada por um pequeno número de chamados “frontrunners”, isto é, pessoas muito capazes e motivadas que participam a título pessoal, mas com alguma experiência no “pentágono social: governo, empresas, ONGs, institutos de conhecimento e intermediários” (ibid, p.174). Para explorar os caminhos de transição e facilitar o aprendizado, são sugeridos experimentos práticos (por exemplo, gerenciamento estratégico de nicho). A avaliação e o monitoramento contínuo são recomendados para incentivar o aprendizado de políticas (VOSS ET AL, 2009; LOORBACH, 2010).

A abordagem foi adotada pelos formuladores de políticas holandesas em 2002, sob os auspícios do Ministério de Assuntos Econômicos, e uma série de plataformas de transição, compostas por indivíduos do setor público e privado, academia e sociedade civil, que foram estabelecidas com foco em várias questões de relevância para a transição para sustentabilidade. O processo resultou, entre outras coisas, em um “plano de ação de transição”, contendo metas ambiciosas como, por exemplo, cortes nas emissões de gases de efeito estufa e melhorias na eficiência energética, bem como uma série de iniciativas concretas destinadas a apoiar a transição de várias maneiras. Também levou a uma cooperação mais estreita entre diferentes partes do governo (NILL; KEMP, 2009). No entanto, a abordagem foi criticada por ser excessivamente tecnocrática e por prestar pouca atenção aos processos democráticos (HENDRIKS, 2009; SCHMITZ, 2015). Além disso, na prática, a gestão de transição na Holanda mostrou-se vulnerável à captura por interesses de atores estabelecidos da indústria de petróleo e gás (SMITH; KERN, 2009). Em 2011, após a formação de um novo governo mais conservador, o programa foi formalmente encerrado (KEMP; NEVER, 2017). Seguramente, isso mostra que, como Voss et al (2009) apontam, em uma democracia, não há como escapar da necessidade de um forte apoio da política mais ampla para buscar mudanças radicais no nível da sociedade, por meio de arranjos políticos específicos.

2.4 Adaptando-se às revoluções tecnológicas

Como já apontado por Schumpeter (SCHUMPETER, 1939), as inovações radicais diferem em relação à intensidade de difusão de seus efeitos econômicos. Enquanto algumas inovações radicais podem influenciar apenas um setor ou uma indústria específica, outras podem afetar toda uma gama de setores ou, em casos raros, toda a economia.



Christopher Freeman e Carlota Perez usam o termo “revoluções tecnológicas” (ou – alternativamente – “mudanças no paradigma tecnoeconômico”) para “mudanças nos sistemas tecnológicos (que) são tão abrangentes em seus efeitos que têm uma grande influência sobre o comportamento de toda a economia” (FREEMAN; PEREZ, 1988, p. 46). A característica definidora de uma revolução tecnológica, eles argumentam, é a existência de um insumo chave barato, caracterizado por custos em rápido declínio, oferta quase ilimitada e aplicabilidade muito ampla (ibid, p, 48). Supõe-se que isso leve a um círculo virtuoso, no qual tanto a indústria que produz o insumo-chave, quanto as indústrias que o utilizam extensivamente (os ramos “transportadores”) crescem de maneira muito veloz, resultando em rápido crescimento da produtividade e extensas mudanças estruturais na economia como um todo. Exemplos de tais insumos-chave sugeridos por Freeman e Perez são o petróleo durante grande parte do século XX e a microeletrônica mais recentemente.

De acordo com Freeman e Perez, para que essa inovação pioneira se concretize (completamente), uma série de fatores complementares precisam estar em vigor, não apenas na forma de uma infraestrutura adequada (embora isso possa ser essencial), mas também envolvendo novas formas de organização das atividades econômicas e da sociedade em geral. No entanto, esses fatores complementares levam tempo para se desenvolver e, portanto, pode ocorrer um descompasso entre os requisitos de uma revolução tecnológica emergente e o quadro socioeconômico existente, ou, nas palavras de Freeman e Perez (1988), “crises estruturais de ajustes”. Com o passar do tempo, porém, espera-se que tais características tecnológicas, econômicas, organizacionais e sociais evoluam para um sistema fortemente integrado, que se reforça mutuamente ou, como eles chamam, um “regime tecnológico dominante” (ibid, p. 47). No entanto, embora uma revolução tecnológica possa ser bastante dinâmica por um período prolongado, mais cedo ou mais tarde, muito de seu extraordinário potencial de crescimento se esgotará (ABERNATHY; UTTERBACK, 1978). Nesta fase, o regime tecnológico será caracterizado por um alto grau de inércia e, conseqüentemente, atuará como uma poderosa barreira para novas iniciativas radicais que desafiem o sistema, aspecto também enfatizado pela literatura MLP, discutida acima. Unruh (2000,2002) sugere o termo “complexo tecno-institucional” para esse fenômeno, que, segundo ele, contribui para aprisionar atores e recursos ao sistema existente, baseado em combustíveis fósseis (“*carbon lock-in*”), e dificultar o desenvolvimento e a difusão de tecnologias mais inovadoras e menos nocivas ao clima.



Grande parte da literatura nesta área se concentra nas características e delineamento de sucessivas revoluções tecnológicas (ou industriais) a partir de uma perspectiva histórica (ver, por exemplo, von Tunzelmann, 1995, Freeman e Louçã, 2001, e Perez, 2002). Mais recentemente, Perez (2016) usou essa perspectiva para discutir os desafios futuros, as mudanças econômicas e sociais que isso acarreta e as implicações para a política. De acordo com Perez, a economia global atualmente está no meio da revolução das TICs e ainda há grandes ganhos potenciais a serem colhidos. No entanto, as perspectivas de sucesso dependem, crucialmente, em sua opinião, das habilidades dos formuladores de políticas para dar à revolução das TICs uma direção apropriada, que ela sugere chamar de “verde”, implicando, entre outras coisas, uma transição para uma economia sustentável (circular)¹⁴, tudo dentro do quadro da globalização contínua que ela vê como “uma necessidade econômica” (ibid, p. 203). Para se adaptar com sucesso a essas mudanças, argumenta Perez, será necessário um novo modelo social baseado em mudanças frequentes de emprego (substituindo o emprego fixo), maior aprendizagem ao longo da vida e alguma forma de renda básica (ibid, p.212).

A insistência de Perez em ver as mudanças tecnológicas, sociais, institucionais e políticas como processos inter-relacionados é, sem dúvida, muito pertinente. No entanto, os países diferem muito na forma como combinam dinâmica tecnológica e adaptação social, institucional e política, e diferentes configurações podem ser igualmente eficientes (FAGERBERG, 2016). Assim, não é óbvio que um modelo social servirá para todos. Além disso, embora sua descrição da necessidade de se mover na direção de uma economia circular pareça bem-feita, há surpreendentemente pouca atenção à revolução em desenvolvimento nas energias renováveis, sem dúvida uma das características mais dinâmicas da economia global hoje, conforme Box 1.

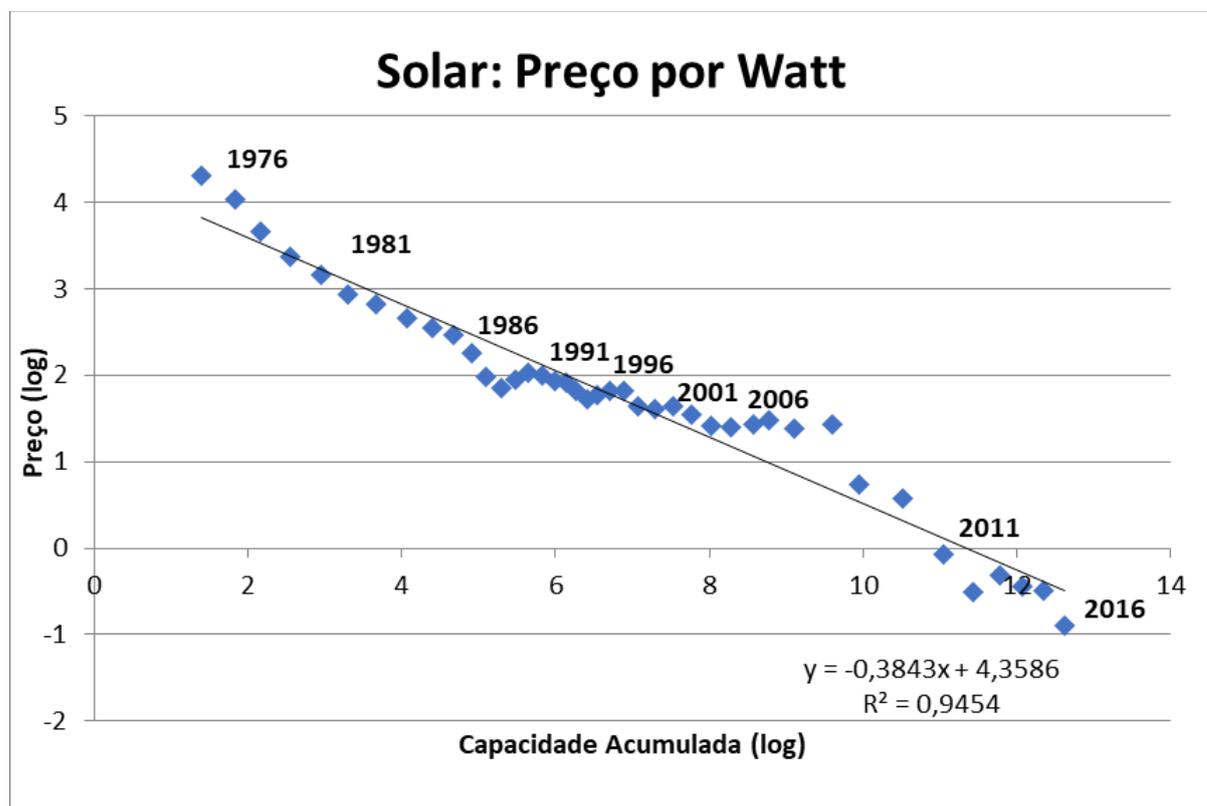
Box 1 - Uma revolução das energias renováveis?

A alta renda que desfrutamos no mundo ocidental não se baseia apenas no conhecimento, mas também na energia gerada por meio de combustíveis fósseis (Fouquet, 2016). No entanto, a queima de combustíveis fósseis leva a mudanças climáticas que

¹⁴ Isso inclui, por exemplo, uma ênfase crescente na qualidade, durabilidade e reparo do produto; aumento da participação de serviços/intangíveis na economia; e aluguel (compartilhamento) substituindo a propriedade, tudo possibilitado pela utilização de TICs e mudanças de políticas (por exemplo, impostos).

ameaçam a própria base de nossa civilização. Existe uma saída para este dilema? A energia renovável pode ser a chave para uma solução.

Figura 1 - Uma revolução tecnológica em andamento¹⁵?



Fonte: Cálculos próprios baseados em dados da Bloomberg New Energy Finance (com contribuições da IEA e Paul Maycock).

O sol é uma fonte abundante de energia. Apenas uma pequena parcela da luz solar que atinge a Terra durante um ano seria suficiente para atender a todas as necessidades humanas. O sol é a derradeira fonte da energia hidrelétrica (chuva), bioenergia (fotossíntese), energia das ondas, energia eólica e energia solar. A energia hidrelétrica, como tem sido importante na Noruega, é limpa e relativamente barata, mas as perspectivas de aumentar massivamente a sua produção global são sombrias. A bioenergia também tem um papel limitado, porque a fotossíntese é uma maneira relativamente ineficiente de converter a luz do sol em outras formas utilizáveis de energia; demanda muita água (que é um recurso escasso); e compete com a produção de alimentos (que também tem oferta

¹⁵ "Preço por watt" é o preço médio de um módulo fotovoltaico (em dólares americanos de 2016) dividido por sua potência nominal de saída CC em watts. A "capacidade acumulada" em um ano específico é a soma da potência nominal de saída CC em watts de todos os módulos fotovoltaicos produzidos antes daquele ano (a partir de 1976). A regressão subjacente à linha de tendência está incluída no canto inferior direito da figura.

limitada) para uma população global crescente (SEBA, 2014). A energia das ondas não se firmou realmente, mas a eólica e a solar sim, principalmente nas últimas décadas (SEBA, 2014; GOODALL, 2016).

As energias eólica e solar, complementadas com outras fontes renováveis, podem ser suficientes para atender às necessidades da humanidade? De fato, tanto para a energia eólica quanto para a solar, os custos de produção de eletricidade diminuíram ano a ano (ou seja, a produtividade aumentou) à medida que a produção se expandiu (Figura 1). Como resultado, os custos atuais das energias renováveis são substancialmente mais baixos do que, por exemplo, as usinas de energia nuclear (SEBA, 2014), e em muitos, senão na maioria dos locais do mundo, são similares ou abaixo das usinas que produzem eletricidade pela queima de combustíveis fósseis (GOODALL, 2016), mesmo quando os custos sociais associados às emissões de gases de efeito estufa não são contabilizados. Esse padrão – custos em queda rápida, disponibilidade potencialmente quase ilimitada e aplicabilidade muito ampla –, como vários observadores apontaram, lembra revoluções tecnológicas (industriais) anteriores, ver, por exemplo, Mathews (2013, 2014) e Stern (2015).

A perspectiva de uma revolução da energia renovável levanta várias questões interessantes. Por exemplo, a velocidade da transição pode ocorrer a tempo de que os efeitos mais danosos das mudanças climáticas possam ser evitados? Pesquisas de energia mostraram que as transições energéticas anteriores levaram várias décadas, se não mais, para se desdobrar (WILSON, 2012; SMIL, 2016), mas também que a mudança pode ocorrer muito mais rapidamente quando as vantagens para os usuários finais são suficientemente grandes (GRUBLER, 2012; PEARSON; FOXON, 2012), e quando existem políticas proativas em vigor (SOVACOOOL, 2016).

2.5 Transformando sistemas de inovação: o papel da política (de inovação)

Após a crise do petróleo da OPEP, na década de 1970, a economia global entrou em um longo período de crescimento lento, problemas estruturais e desemprego. As políticas econômicas tradicionais pareciam ter pouco efeito. Foi nesse contexto que uma perspectiva focada na inovação como fonte de mudança econômica, sistemas de inovação como estruturas para moldar tal dinâmica (FREEMAN, 1987; LUNDVALL, 1992; NELSON, 1993) e políticas de inovação como a principal ferramenta para influenciá-la (ROTHWELL,

1982) começou a ganhar força entre os formuladores de políticas. Essa perspectiva – e o conceito associado “sistemas nacionais de inovação”¹⁶ – rapidamente se popularizou, principalmente pelo envolvimento da OCDE¹⁷, que a adotou em suas análises e avaliações das políticas de inovação nos estados membros¹⁸.

Como apontado acima, uma característica definidora da teoria schumpeteriana é a insistência em ver a inovação como um fenômeno social, no qual muitos aspectos diferentes são combinados, e uma variedade de atores, tanto dentro quanto – não menos importante – fora da empresa inovadora, participam e influenciam no resultado. A abordagem do sistema de inovação estende essa perspectiva levando em consideração uma série de pesquisas empíricas, a partir da década de 1970, sobre inovação no nível da empresa e destacando a importância da interação contínua entre as empresas e seus ambientes (por exemplo, clientes, fornecedores, vários públicos e/ou organizações do setor privado etc.) para o sucesso da inovação. Isso levou a um forte foco nas possibilidades de vitalizar o sistema por meio de uma interação aprimorada entre suas partes constituintes, por exemplo, identificando e lidando com fatores que dificultam essa interação (BERGEK et al, 2008), ou melhorando as capacidades dos atores do sistema (incluindo os próprios formuladores de políticas, ver, por exemplo, Edler e Fagerberg, 2017).

Outra característica central da abordagem, consistente com sua origem schumpeteriana, é um forte foco histórico. Os sistemas nacionais de inovação são vistos como se desenvolvendo ao longo do tempo por meio da interação entre atores econômicos centrais, ou seja, indústrias e empresas importantes, por um lado, e a “infraestrutura de conhecimento” mais ampla e o sistema político em que estão inseridos, por outro (FAGERBERG et al, 2009). No entanto, como os países se especializam em diferentes atividades econômicas (com diferentes necessidades de apoio etc.) e os sistemas políticos também diferem (por, digamos, razões históricas), esses sistemas nacionais podem acabar parecendo bastante diferentes. Por exemplo, existem grandes diferenças entre países semelhantes quando se trata do caráter da “infraestrutura de conhecimento” pública e sua interação com o setor privado (FAGERBERG, 2016). Essas diferenças estruturais não

¹⁶ A abordagem do sistema de inovação pode ser aplicada em diferentes níveis de agregação, por exemplo, uma tecnologia específica (sistemas tecnológicos de inovação, ver Bergek et al, 2008), o nível do setor ou da indústria (sistemas setoriais de inovação, ver Malerba, 2004), o nível regional (sistemas regionais de inovação, ver Asheim e Gertler, 2004) e, finalmente, o nível nacional, que é o foco principal aqui. Para uma visão geral e discussão ver Edquist (2004).

¹⁷ Ver, por exemplo, OECD (1997, 1999, 2002).

¹⁸ Para obter informações sobre “Revisões da Política de Inovação da OCDE”, consulte <http://www.oecd.org/sti/inno/oecdreviewsofinnovationpolicy.htm>.

devem necessariamente ser consideradas um problema para os formuladores de políticas, pois diferentes configurações podem ser igualmente eficientes (FAGERBERG, 2004, 2017). Certamente, é somente por meio de uma análise concreta da dinâmica de um sistema que é possível identificar questões que requerem atenção dos formuladores de políticas (EDQUIST, 2011).

No entanto, apesar dessas diferenças (historicamente produzidas) na arquitetura do sistema, os vários processos que ocorrem nestes sistemas podem ter muito em comum. Portanto, a exploração de como esses processos interagem na formação da dinâmica do sistema nacional de inovação tornou-se um foco central em trabalhos acadêmicos recentes nessa área (LIU; WHITE, 2001; EDQUIST, 2004; BERGEK et al, 2008; FAGERBERG, 2017)¹⁹. As implicações disso para a política podem ser discutidas à luz da Figura 2, que liga o resultado do sistema nacional de inovação, chamado “dinâmica tecnológica”, a cinco processos genéricos que o influenciam, denominados: conhecimento, competências, demanda, finanças e instituições²⁰. Isto é, os mesmos enfatizados na discussão anterior sobre inovação no nível da empresa. Na Figura, as influências desses processos sobre a dinâmica tecnológica são indicadas por setas sólidas, enquanto as possíveis realimentações dessa dinâmica sobre os próprios processos genéricos são representadas por setas pontilhadas²¹. Todavia, conforme indicado no lado direito da Figura, esses processos também são influenciados pelos formuladores de políticas de várias maneiras²². Por exemplo, vários ministérios (pesquisa, educação, saúde, indústria etc.) geralmente se engajam no apoio ao fornecimento de conhecimento em áreas de relevância para seu mandato, e exemplos semelhantes podem ser encontrados em graus variados para outros processos. Embora muitas dessas políticas não sejam chamadas de “políticas de inovação” e tradicionalmente também não tenham sido consideradas como tal, seus efeitos sobre a inovação podem ser muito mais importantes do que os das “políticas de inovação” definidas

¹⁹ Nesta literatura, os fatores que influenciam a inovação têm sido invariavelmente chamados de atividades, processos ou funções, e aqui será utilizado o termo “processos”. O número e a descrição desses processos diferem um pouco entre as diferentes aplicações, até certo ponto relacionadas às diferenças de foco, mas os cinco processos identificados aqui são sempre incluídos de uma forma ou de outra. Ver Edquist (2004) e Bergek et al (2008) para mais detalhes.

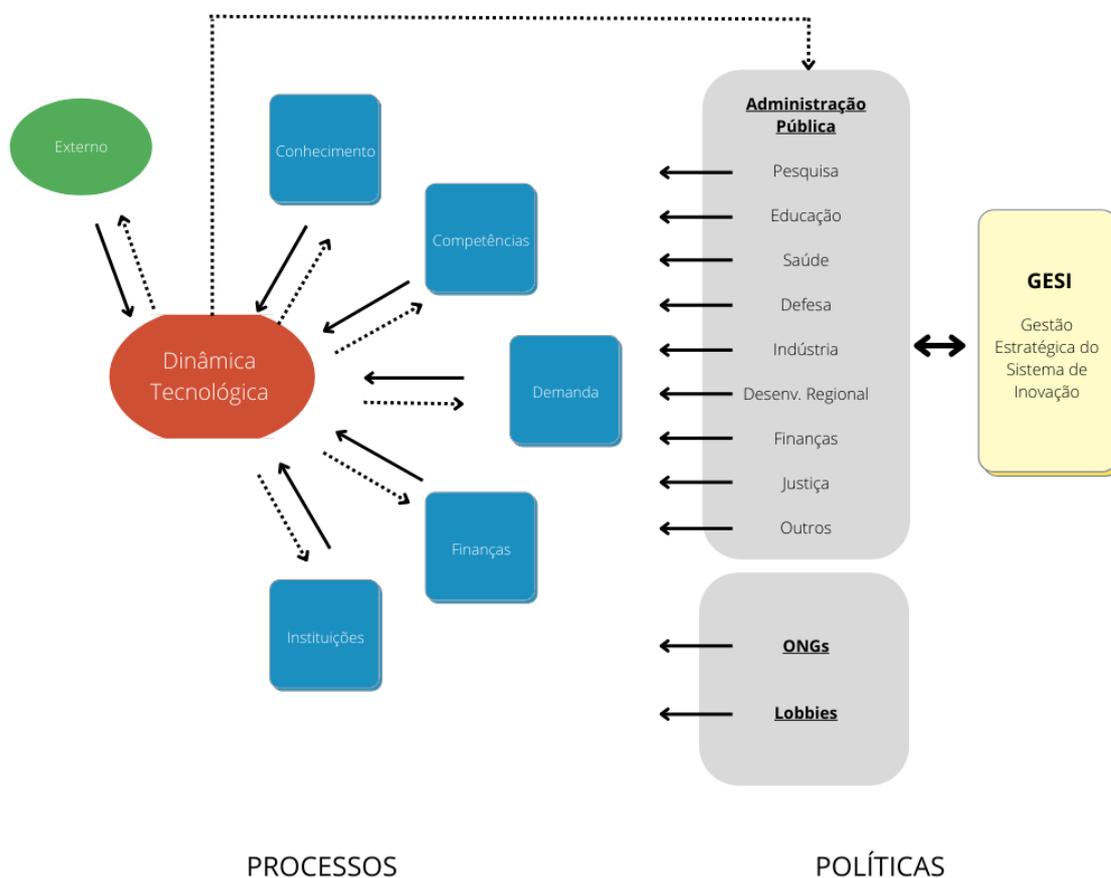
²⁰ A dinâmica do sistema, como mostra a Figura 2, também é influenciada pelas interações com o mundo exterior, ou seja, o sistema global no qual os sistemas nacionais estão inseridos, mas não vamos nos deter neste aspecto (sem dúvida muito importante), uma vez que o foco da nossa discussão é a política nacional.

²¹ Um exemplo desse *feedback* poderia ser, por exemplo, um aumento na demanda por certos tipos de habilidades em uma área caracterizada por forte inovação e crescimento.

²² O quadro também permite um possível feedback da dinâmica do sistema na formulação de políticas (linha pontilhada).

de forma mais restrita. Certamente, o que importa do ponto de vista do sistema de inovação não é o nome de uma política, mas seu impacto.

Figura 2. O Sistema Nacional de Inovação: dinâmica, processos e políticas



Fonte: Fagerberg (2017)

Contudo, como muitas dessas políticas também (ou principalmente) têm outras finalidades (segurança energética ou saúde pública, por exemplo), elas não estão necessariamente alinhadas com outras políticas que influenciam a inovação. Portanto, não há garantia de que o portfólio total de políticas que influenciam a inovação seja projetado para que o sistema como um todo obtenha o máximo de seus esforços. Assim, a coordenação de políticas (BRAUN, 2008; OECD 2010a, b), que na Figura 2 é chamada de “Gestão Estratégica do Sistema de Inovação” (GESI), torna-se uma parte importante

(embora exigente)²³ da política de inovação. Um esforço nesse sentido, iniciado na Finlândia (PELKONEN, 2006; FAGERBERG, 2016), e posteriormente testado também em outros países, consiste em estabelecer os chamados conselhos de inovação, tipicamente com o primeiro-ministro em um papel de liderança e envolvendo importantes atores públicos e privados nas deliberações (SERGER et al, 2015). Essa coordenação (ou alinhamento) de políticas públicas em diferentes setores e níveis também pode fornecer aos formuladores de políticas a oportunidade de levar em consideração objetivos estratégicos de longo prazo para o desenvolvimento da sociedade, como a sustentabilidade. No entanto, a política de inovação foi inventada principalmente para abordar uma “missão” diferente, ou seja, o crescimento da renda e do emprego, logo, combinar esses objetivos com a sustentabilidade, como mencionado anteriormente, não é uma tarefa trivial (FAGERBERG et al, 2016). Para tanto seria necessário, como apontado em várias contribuições acadêmicas recentes²⁴, dar à política nacional de inovação um claro direcionamento (verde)²⁵, ver Box 2.

Box 2 - O ruído em relação às falhas

A abordagem atualmente dominante na economia, a teoria econômica neoclássica, baseia-se na crença de que os mercados livres (“perfeitos”) geralmente fornecem os melhores resultados. No entanto, reconhece-se que, caso as imperfeições do mercado levem a resultados abaixo do ideal – as chamadas falhas de mercado – pode ser justificado pender a economia para mais perto do estado ótimo por meio de políticas apropriadas. Um exemplo dessa falha de mercado diz respeito aos chamados bens públicos, ou seja, algo que todos podem usar o quanto quiserem sem pagar por isso, tornando a oferta desses bens pouco atraente para os atores privados e, portanto, justificando a intervenção do governo. Arrow (1962) sugeriu que isso vale para a produção de conhecimento.

No entanto, enquanto o argumento do bem público/falha de mercado talvez possa valer para a ciência básica (por exemplo, universidades), sua relevância para o conhecimento no nível da empresa, considerado “*sticky*” (von Hippel, 1994) e não

²³ Ver, por exemplo, a discussão deste tópico em Flanagan et al (2011).

²⁴ Ver, por exemplo, Steward (2012), Mazzucato e Perez (2015), Mazzucato (2016, 2017), Schot e Steinmueller (2016).

²⁵ Uma tentativa interessante de fazer isso é a “Estratégia Nacional de Crescimento Verde” adotada na Coreia do Sul a partir de 2009 (MEE LIE, 2017).

facilmente copiável, é muito menos óbvio (ROSENBERG, 1990; SOETE; ARUNDEL, 1993; FAGERBERG, 2017). Ainda assim, o argumento se tornou bastante popular entre os formuladores de políticas, provavelmente porque eles o veem como um apoio moral bem-vindo para seus esforços. A terminologia de falha foi até adotada por estudiosos que não compartilham a estrutura neoclássica, por exemplo, a chamada “falha do sistema” (METCALFE, 2005). Um exemplo recente é Weber e Rohracher (2012), que identificam nada menos do que doze “falhas” diferentes com a esperança de que esse esforço intelectual contribua, como dizem, para “legitimar políticas de pesquisa, tecnologia e inovação para mudanças transformacionais” (ibid, p. 1037).

Mas por que focar tanto nas falhas e não, digamos, no que o Estado é capaz de realizar? Mariana Mazzucato critica a abordagem neoclássica por subestimar seriamente o papel do Estado em “moldar e criar ativamente mercados e sistemas, não apenas consertá-los; e para criar riqueza, não apenas redistribuir” (MAZZUCATO, 2017, p. 15). A prova disso vem, segundo Mazzucato, da experiência norte-americana com as chamadas políticas orientadas por missões, como colocar o homem na Lua, políticas que não só tiveram êxito em seus objetivos mais imediatos, mas também criaram uma série de inovações radicais que alimentaram o crescimento do setor privado por décadas depois (MAZZUCATO, 2013). Tais missões, ou seja, políticas de inovação com um propósito claro (direção), realizadas (como nos Estados Unidos) por uma rede de órgãos públicos com considerável grau de independência, podem, segundo Mazzucato, também ser altamente relevantes para lidar com as questões mais complexas enfrentadas pelas sociedades contemporâneas.

Elinor Ostrom também critica a abordagem neoclássica por subestimar o potencial de atores (incluindo formuladores de políticas) em diferentes níveis para cooperar construtivamente na solução de desafios coletivos. Ela argumenta que muitos problemas de ação coletiva (por exemplo, provisão de bens públicos) são tratados por meio da cooperação entre múltiplos atores (ou agências) em diferentes níveis, que “confiam uns nos outros e... em seus próprios custos de curto prazo, porque eles veem um benefício de longo prazo para si e para os outros” (OSTROM, 2010, p. 551). Devido ao grande número de atores em todo o mundo, que necessariamente terão que participar, Ostrom considera essa abordagem “policêntrica” particularmente relevante para lidar com o desafio climático (ver também Smith, 2017).

2.6 Discussão

A inovação como uma atividade de resolução de problemas é indiscutivelmente tão relevante para os formuladores de políticas quanto para as empresas. Existe também uma base de conhecimento relativamente bem desenvolvida sobre como os formuladores de políticas podem se envolver com a inovação na solução de problemas específicos dentro de seus mandatos. No entanto, como apontado acima, para serem efetivas, as políticas de transição para a sustentabilidade precisam ir além das tradicionais políticas “orientadas para a missão”, com foco na solução de problemas específicos (ou tecnologias específicas).

Uma razão para isso é que, em comparação com muitas missões tradicionais de políticas de inovação, uma transição para uma sociedade sustentável é menos sobre pensar e mais sobre fazer (MOWERY et al, 2010). Por exemplo, reduzir as emissões de gases de efeito estufa para quase zero significa que um grande número de atores em todo o mundo terá que mudar a maneira como fazem as coisas. Portanto, para ser eficaz, a política de inovação pode precisar transcender seu modo tradicional orientado ao produtor e focar mais nos usuários, ou seja, como atrair usuários (apoiando a implantação, por exemplo) e envolvê-los na jornada coletiva de inovação (VON HIPPEL, 2005). Na próxima seção, vamos nos concentrar em três exemplos que se encaixam na proposta.

O caráter generalizado da transição também importa. Por exemplo, a eletrificação do transporte é ótima para reduzir a poluição de vários tipos, mas só levará à redução radical das emissões de GEE se a eletricidade usada para alimentar equipamentos elétricos de transporte não vier, digamos, da queima de carvão. Assim, para que a eletrificação do transporte seja um passo importante na transição para a sustentabilidade, ela deve ser acompanhada de uma expansão maciça da eletricidade produzida de forma renovável (assim como a economia de energia), o que requer coordenação (alinhamento) de políticas e atores entre setores e níveis, como apontado acima.

A falta de onisciência por parte dos formuladores de políticas é frequentemente apontada como argumento para deixar as decisões sobre atividades econômicas, industriais ou tecnológicas para o mercado (RODRIK, 2009). No entanto, no presente caso, os formuladores de políticas sabem muito mais do que de costume. Pela primeira vez na história, as nações do mundo concordaram com a direção para o desenvolvimento econômico futuro, ou seja, eliminar as emissões de gases de efeito estufa das atividades humanas, e cada nação participante se comprometeu a fazer seu próprio plano sobre a



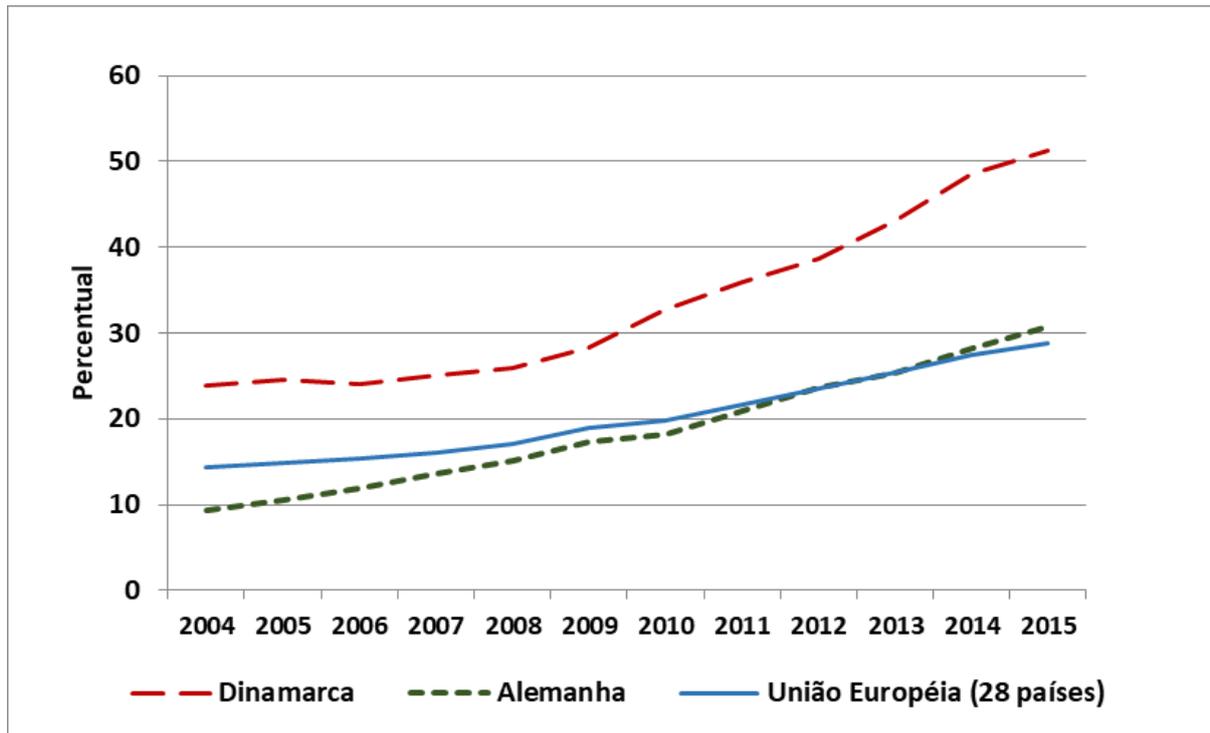
melhor forma de contribuir para este objetivo. Assim, a direção para as futuras mudanças econômicas e tecnológicas já está amplamente definida. Além disso, não só há acordo sobre para onde ir, mas também está cada vez mais claro que as energias renováveis, a eletrificação, a economia de energia e a economia circular serão características-chave na transição para uma economia sustentável. O desafio para os formuladores de políticas, portanto, é como adotar essa agenda – dado o contexto nacional específico – e combiná-la com outros objetivos centrais da política, como renda e emprego (FAGERBERG et al, 2016).

A urgência dessas amplas mudanças também constitui um sério desafio para os formuladores de políticas. Como apontado acima, os estudiosos das transformações tecnológicas fundamentais enfatizam que elas geralmente levam muitas décadas, se não séculos, para se desenvolver. Contudo, tendo em vista o pouco tempo, procurar maneiras de acelerar a mudança pode ser essencial. Os três casos a serem explorados na próxima seção são escolhidos justamente por esse motivo, ou seja, exemplos de episódios de rápida mudança estrutural em que a política tem desempenhado um papel importante.

3 APRENDENDO COM A PRÁTICA POLÍTICA: TRÊS CASOS

Um setor crucial nessa transformação diz respeito ao fornecimento de energia, o qual constitui um dos principais emissores de gases de efeito estufa em todo o mundo. Ao explorar a revolução em curso na tecnologia de energia renovável, uma série de países europeus conseguiram, nos últimos anos, incrementar substancialmente a participação das energias renováveis no consumo total de eletricidade (Figura 3). O maior incremento ocorreu na Dinamarca, onde a participação das energias renováveis dobrou entre 2005 e 2015, passando de 25% para 51% do consumo doméstico de eletricidade. Em termos relativos, a performance da Alemanha foi ainda mais impressionante: a participação das energias renováveis quase triplicou, partindo de 11% para 31% ao longo desse período.

Figura 3. Participação da energia renovável na eletricidade



Fonte: Cálculos próprios baseados nos dados da Eurostat [nrg_ind_335a], acesso em 3 de agosto de 2017.

Contudo, como destacado anteriormente, não é suficiente ser capaz de produzir eletricidade de um modo mais ecologicamente correto; outros setores da economia, como o transporte, também têm que deixar de depender de combustíveis fósseis poluentes para usar energia renovável. Um exemplo interessante é fornecido pela Noruega, onde a participação de carros elétricos movidos a bateria aumentou de 1% para 18% em apenas quatro anos (2011-2015). O que tornou esses desenvolvimentos possíveis? Nesta seção, examinaremos a evolução dos regimes de políticas que apoiam esses desenvolvimentos.

3.1 Energia eólica dinamarquesa

Tanto na Dinamarca quanto na Alemanha a maior parte desse incremento se deve a investimentos em energia eólica. Embora a energia eólica seja uma tecnologia antiga, ela não recebeu muita atenção como uma possível fonte de produção de eletricidade antes da década de 1970. Entretanto, os choques do preço do petróleo ao longo daquela década deixaram claro para os formuladores de política e para o público em geral que contar com

a importação de petróleo e gás para a produção de eletricidade poderia ser um negócio arriscado e que, portanto, estava na hora de considerar outras opções. Muito embora na maioria dos países a energia nuclear e o carvão tenham recebido maior atenção naquela época, a energia eólica também atraiu algum interesse (Box 3), particularmente pela parte (crescente) da população que se opunha à energia nuclear. Além disso, enquanto as usinas de eletricidade a carvão e nucleares requerem enormes investimentos e grandes organizações para operar e distribuir a produção, a energia eólica era de pequena escala e, portanto, mais atrativa para aqueles que queriam, por segurança ou outras razões, controlar seu próprio suprimento de eletricidade, o que Morriz e Junghohann (2016) chamam de democracia energética.

Durante a década de 1970, diversas iniciativas foram tomadas na Dinamarca, na maior parte por indivíduos, para construir turbinas eólicas, e gradualmente se desenvolveu uma organização social de adeptos com “reuniões eólicas” regulares, um jornal e uma associação. Os anos de 1970 foram tempos economicamente conturbados, e uma série de firmas menores com experiência em outros setores da economia (por exemplo, fornecedores de máquinas agrícolas, como a Vestas) passaram a se interessar em explorar o emergente mercado de turbinas eólicas na Dinamarca como uma maneira de diversificar seus negócios. O governo dinamarquês fez pressão para obter apoio e recursos para um pequeno centro de testes em Risø, que logo se tornou um centro de *know-how*, suporte e interação entre usuários e produtores no campo. Além disso, para dar o pontapé inicial na indústria emergente, o governo dinamarquês introduziu um subsídio de 30% para investimentos em moinhos de vento, com o propósito de “criar oportunidades de produção para a indústria dinamarquesa de forma que uma estável produção em série pudesse ser alcançada” (VAN EST 1999, p. 79)²⁶. O subsídio ficou condicionado à aprovação da qualidade da turbina eólica pelo centro de testes em Risø, reforçando novamente o papel do centro no emergente sistema tecnológico de inovação para energia eólica na Dinamarca (KARNØE; GARUD, 2012). Com base na experiência anterior (ver Box 3), o centro de testes deu ênfase especial a projetos sólidos, robustos e duráveis o suficiente para resistir a condições climáticas extremas, o que se tornou uma marca registrada da indústria de energia eólica dinamarquesa nos anos que se seguiram.

Box 3: De cima para baixo ou de baixo para cima

²⁶ Citados depois de Karnøe de Garud (2012), p. 742.

Após o choque do preço do petróleo no início da década de 1970, vários países começaram a empregar mais recursos na pesquisa de outras fontes de energia. A maior parte seguiu a energia nuclear, embora a pesquisa em energia eólica também tenha recebido algum estímulo. No caso da energia eólica, duas diferentes estratégias de P&D foram perseguidas. A abordagem dominante foi a que Peter Karnøe caracteriza como o modelo de cima para baixo. Essa abordagem, que foi adotada na época, por exemplo, pelos governos dos EUA, da Alemanha e da Dinamarca, foi um exemplo clássico de políticas de inovação orientadas por missões que foram inauguradas nos EUA após a Segunda Guerra Mundial, envolvendo cientistas e engenheiros de ponta, e objetivos ambiciosos para o desenvolvimento tecnológico. A pesquisa visava um incremento radical da tecnologia (isto é, da capacidade das turbinas eólicas), com a expectativa de que isso reduziria custos e tornaria a energia eólica mais competitiva. Apesar disso, depois de inúmeras tentativas, nenhum desses projetos de alta tecnologia obtiveram sucesso. As turbinas altamente sofisticadas que essa pesquisa permitiu desenvolver, como as Growian, da Alemanha, ou as turbinas-MOD, nos EUA, foram todas literalmente desperdiçadas.

A abordagem alternativa, o modelo de baixo para cima, foi particularmente forte na Dinamarca, mas também recebeu muito menos recursos do que as alternativas mais modernas e de alta tecnologia. De fato, grande parte do apoio à trajetória do modelo de baixo para cima nos anos iniciais foi para estabelecer o pequeno centro de teste para turbinas eólicas em Risø. Entretanto, os empresários dinamarqueses nessa área não iniciaram inteiramente do zero, porque o engenheiro dinamarquês J. Juul já havia construído, na década de 1950, uma turbina eólica de pequena escala que funcionou perfeitamente por pelo menos uma década. As pequenas empresas dinamarquesas que ingressaram na indústria emergente foram capazes de desenvolver esse projeto para produzir pequenas, mas robustas turbinas eólicas, que nos anos seguintes foram gradualmente aprimoradas e ampliadas por meio do aprendizado (pela produção, pelo uso etc). Finalmente, foi essa abordagem de baixo para cima que permitiu que as empresas dinamarquesas se tornassem líderes globais na tecnologia eólica em estágio inicial.

Fonte: Karnøe, 1991.

Apesar do subsídio, a demanda na Dinamarca foi reduzida durante os anos iniciais. Entretanto, por razões similares àsquelas experienciadas na Europa naquele tempo, as políticas favoráveis nos EUA (e na Califórnia em particular) abriram um amplo mercado



para turbinas eólicas durante a primeira metade da década de 1980, que os empresários dinamarqueses estavam ávidos para explorar. De fato, de acordo com Karnøe e Garud, (2012, p. 744), as empresas dinamarquesas detinham uma participação de 65% no mercado da Califórnia no pico de sua expansão em 1986. Isso contribuiu para ampliar a produção na Dinamarca, atraindo talentos e recursos (tal como novos fornecedores de componentes especializados) e incrementar o apoio público para a indústria emergente.

Mudanças na política dos EUA levaram, na segunda metade da década, a um colapso no mercado californiano de turbinas eólicas e a problemas financeiros para diversas empresas eólicas dinamarquesas. Entretanto, naquele momento as empresas dinamarquesas estavam próximas de se tornarem líderes globais na indústria emergente e, por isso, estavam também em uma sólida posição para competir por contratos domesticamente (onde a demanda, parcialmente como resultado das políticas de intervenção, cresceram nos anos que se seguiram) e, não menos importante, no exterior. De muitas maneiras, a Dinamarca se envolveu, devido à vantagem decorrente de seu pioneirismo, no interior de um núcleo global de tecnologia de energia eólica. Nas décadas seguintes, a robustez do sistema de inovação dinamarquês para a energia eólica atraiu diversas empresas estrangeiras para alocarem suas atividades de P&D na Dinamarca, empregando mão de obra dinamarquesa qualificada ou comprando empresas de energia eólica dinamarquesas (por exemplo, a aquisição da dinamarquesa Bonus pela alemã Siemens, em 2005).

A política dinamarquesa de energia eólica nos anos iniciais foi motivada sobretudo por questões de política industrial e ambiental, problemas particularmente realçados por partidos à esquerda do centro político. A atenção dos formuladores de política para a energia eólica recebeu um estímulo em meados da década de 1980, a partir da decisão do parlamento dinamarquês de renunciar à energia nuclear. A (crescente) parcela da população que participa de cooperativas de energia eólica, particularmente no campo, as quais somam vários milhares, combinadas com as atividades de variadas organizações ambientais (por exemplo, o forte movimento antinuclear), também contribuiu para colocar a energia eólica na agenda política. Após a eliminação gradual do subsídio inicial ao investimento, próximo ao final da década de 1980, o instrumento central da política de apoio à implantação da energia eólica passou a ser a garantia de acesso à rede, combinada com a fixação do preço para o fornecimento de energia, ou seja, uma “tarifa de fornecimento” projetada para proporcionar o retorno justo (apesar de não excessivo) do investimento. O primeiro regime desse tipo – na forma de um acordo entre o governo e as concessionárias

– foi introduzido em 1984. Entretanto, apesar do amplo apoio popular à energia eólica, políticos de direita foram por muito tempo indiferentes à ideia do Estado de subsidiar a implantação, e isso levou a certa volatilidade na política. De fato, seguindo uma desregulamentação do setor de energia, o apoio econômico à implantação da energia eólica foi totalmente interrompido, levando a uma completa paralisação de novas instalações entre 2004 e 2008. Não obstante, o incremento da atenção política para a mudança climática na Europa e alhures, particularmente a partir da COP 2009, acabou levando a um apoio político mais amplo no país para a continuidade de políticas ambiciosas nessa área, depois que o crescimento das energias renováveis foi retomado (Irena, 2013)²⁷.

3.2 A “*Energiewende*” alemã

Como na Dinamarca, o interesse na energia eólica se iniciou com um pequeno número de entusiastas, em sua maioria no campo, muitos dos quais com formação no movimento antinuclear. Eventualmente, emergiu uma organização de adeptos da tecnologia. Embora no começo a maioria das instalações fosse para propósitos locais (fora da rede), por exemplo, para calefação, gradualmente o interesse em conectar à rede (e obter uma “justa” compensação por isso) tornou-se mais forte. Esse interesse era compartilhado por outros produtores de energia renovável, isto é, pequenos produtores independentes de energia hidrelétrica. Entretanto, a conexão à rede em termos que esses produtores locais consideravam razoáveis era difícil de alcançar na época, já que o setor elétrico na Alemanha era dominado por um pequeno número de grandes empresas com expressivos investimentos na produção e distribuição de energia nuclear e de carvão, e sem qualquer interesse em apoiar o desenvolvimento de qualquer tipo de alternativa ao seu próprio modelo de negócio. De fato, nos anos seguintes, os grandes incumbentes do setor de eletricidade e seus aliados (tais como políticos de regiões de produção de carvão) se opuseram consistentemente ao desenvolvimento da energia renovável na Alemanha por meio de intervenções na mídia, *lobby* e litígios. Isso contribuiu para tornar a questão do apoio à energia renovável um tema controverso politicamente, provavelmente mais do que na Dinamarca, que não possuía carvão e onde a opção pelo desenvolvimento da energia

²⁷ Desde 2009, o apoio à energia eólica terrestre baseia-se no preço de mercado da eletricidade com um «prêmio» acrescido a ele, que é financiado pelos consumidores por meio do preço pago pela eletricidade. Para a energia eólica marítima, o nível de apoio é decidido por meio de leilões. Conferir Irena (2013) para detalhes adicionais.

nuclear foi abandonado ainda em 1985. Em contraste, a controvérsia sobre a energia nuclear na Alemanha persistiu até que o desastre de Fukushima, em 2011, eventualmente levou Angela Merkel a substituir seu apoio à energia nuclear por uma ênfase crescente na energia renovável.

A controvérsia sobre a energia nuclear não foi apenas (ou principalmente) um assunto da tradicional oposição entre esquerda e direita. Muitos eleitores conservadores (e políticos) nas comunidades rurais se opuseram tanto à energia nuclear, quanto ao modelo centralizado de desenvolvimento econômico (e de distribuição de poder) que ela representava. Uma lei requerendo o acesso à rede em termos justos para produtores independentes de energias renováveis, proposta por um parlamentar conservador, foi aprovada no parlamento em 1990 e entrou em vigor no ano seguinte. A lei, formulada com base na experiência dinamarquesa, definiu a tarifa de alimentação para novas energias renováveis em 90% do preço final da eletricidade. De acordo com Morris e Jungjohann (2016), a aprovação por unanimidade da lei veio como uma grande surpresa para os incumbentes na indústria de eletricidade, os quais estavam preocupados na época em assumir o setor de eletricidade da Alemanha Oriental.

Entretanto, embora tenha dado um impulso à energia eólica terrestre, os incentivos decorrentes desse arranjo dificilmente foram suficientes para tecnologias renováveis mais imaturas, como a energia solar. Como no caso da energia eólica, a partir do fim da década de 1970 houve algum investimento público em P&D para a energia solar, o que foi continuado por alguns programas demonstrativos nas décadas seguintes (Jacobsson; Lauber, 2006). De qualquer modo, na virada do século, a energia solar representava apenas 0,01% da produção de eletricidade na Alemanha, uma quantia quase insignificante. O novo governo “vermelho-verde” que chegou ao poder em 1998 propôs uma revisão radical do regime com uma tarifa de alimentação fixa específica para a tecnologia (independente do preço da eletricidade) por 20 anos. O custo extra de se fazer isso foi incorporado ao preço da eletricidade por meio de uma sobretaxa. Embora fixadas para uma instalação específica (em um determinado momento), as futuras instalações do mesmo tipo receberiam um apoio menor devido à antecipação de futuros progressos tecnológicos/redução de custos (redução automática das tarifas). O novo regime, introduzido em 2000, induziu um aumento do investimento em energias renováveis nos anos seguintes muito maior do que era previsto pela maioria dos especialistas. Isso vale não só para a energia eólica, mas também (e ainda mais) para a energia solar, para a qual o nível de apoio ao longo das diversas rodadas de ajuste foi elevado a um nível muito mais

alto do que nas décadas anteriores. Acompanhando esse rápido incremento na implantação e na demanda derivada de bens de capital que ele induziu, emergiu uma grande indústria alemã que atendeu a essas necessidades (LAUBER; JACOBSSON, 2015). Muitas dessas empresas, como a bem-sucedida fornecedora de turbinas eólicas Enercon, eram novas iniciativas empresariais, já que as grandes e estabelecidas empresas alemãs de máquinas elétricas eram relutantes em se envolver nas novas indústrias (ou entraram em uma fase bastante tardia através de aquisições), ver Morris e Jungjohann (2016, p. 50).

Vistas como um meio para apoiar a transição para a sustentabilidade ambiental, não apenas na Alemanha mas no mundo todo, essas políticas devem ser consideradas muito bem-sucedidas. Elas certamente realizaram muito mais do que qualquer um teria antecipado. De fato, ainda em 1994, a então ministra do Meio Ambiente, Angela Merkel, disse que “a energia solar, a energia hidrelétrica e energia eólica não serão capazes de produzir mais do que quatro por cento do suprimento de energia, mesmo a longo prazo” (MORRIS; JUNGJOHANN, 2016, p.127). No momento desta escrita, está acima de trinta por cento e crescendo. As políticas alemãs nessa área também tiveram o mérito de terem criado um mercado massificado global para painéis solares e equipamentos relacionados, levando a um rápido aprendizado, inovação e redução de custos, ajudando a disseminar a tecnologia em todo o globo e contribuindo com a redução da emissão de gases de efeito estufa por todo o mundo. Finalmente, a rápida expansão do mercado alemão de energia fotovoltaica atraiu o interesse das empresas chinesas, inicialmente e sobretudo para exportação, mas de maneira crescente também para uso doméstico, ajudando a tão necessária transição para a sustentabilidade na própria China e em outras partes do mundo em desenvolvimento (MATHEWS, 2014; SCHMITZ; LEMA, 2015). A política alemã nessa área teve, portanto, repercussões globais muito encorajadoras.

Não obstante, a *Energiewende* na Alemanha, apesar do persistente apoio popular, tornou-se cada vez mais controversa²⁸. Em primeiro lugar, partes do sistema político estabelecido, particularmente a FDP (o partido liberal), têm sido contrários à política porque a consideram um intervencionismo excessivo no funcionamento dos mercados. Visões parecidas têm sido expressas por vários economistas na Alemanha e na Comissão Europeia. A alternativa defendida por esses críticos frequentemente têm sido medidas mais indiretas, particularmente o mecanismo ETS da União Europeia, que, apesar disso, provou ser muito ineficaz (como apontado acima). Em segundo lugar, outra fração que se opõe à

²⁸ Ver Morris e Jungjohann (2016) para uma discussão aprofundada.

política consiste nos grandes incumbentes do setor de eletricidade e seus aliados na indústria do carvão (e regiões afetadas), que veem seus interesses econômicos ameaçados com o crescimento das energias renováveis²⁹. Em terceiro lugar, o regime foi criticado por ser muito caro, levando a custos excessivamente altos para os consumidores e dirimindo a competitividade por custos das empresas alemãs. Em resposta à preocupação com a competitividade, os governos alemães isentaram, em sucessivas rodadas, uma grande parte do setor industrial alemão de pagar a maior parte da sobretaxa que financia o regime (com base em sua intensidade energética). Isso aumentou ainda mais os custos para os consumidores comuns e para a parte restante do setor empresarial privado. Em quarto lugar, o rápido crescimento até recentemente da energia solar instalada aumentou ainda mais essas preocupações, já que, devido ao seu alto custo, quanto mais energia solar, maior a sobretaxa. Finalmente, um quinto fator que enfraqueceu o apoio político na Alemanha à política foi que as empresas alemãs produtoras de equipamentos de energia solar enfrentaram uma crescente competição por preço por parte de produtores chineses, levando a falências e a uma drástica redução no emprego por parte da indústria alemã que fornece esses bens. Até aquele ponto, parecia que o combate à indesejável mudança climática e o desenvolvimento industrial alemão caminhariam de mãos dadas, o que não era mais óbvio com a entrada da China como grande fornecedora de tecnologia para energias renováveis.

Recentemente, surgiu uma controvérsia entre o governo alemão e a comissão europeia sobre a legalidade da *Energiewende*³⁰. Após um longo processo, a Corte Geral Europeia decidiu, em 2016, que o apoio sob o regime deveria ser considerado um auxílio estatal e, por isso, sujeito à jurisdição da UE. Embora a corte tenha considerado o apoio às energias renováveis justificado pelos propósitos do regime, opôs-se a algumas das amplas isenções à indústria (intensiva em energia). Entretanto, ao invés de ter que revogar (ou

²⁹ O impacto econômico negativo para as empresas incumbentes tem a ver com a assim chamada “lista de ordem” na rede de eletricidade na Alemanha, que estipula que as fontes de eletricidade mais baratas no momento da medição de seus custos marginais serão despachadas primeiro. Como a energia renovável decorrente da energia eólica ou fotovoltaica tem custos marginais próximos de zero, isso significa que usinas elétricas movidas por combustíveis fósseis correm o risco de serem repetidamente cortadas, ou seja, só funcionam por curtos períodos ou simplesmente não funcionam, com previsíveis consequências econômicas negativas para seus proprietários. À medida em que o papel das energias renováveis cresce, as usinas nucleares também correm o risco de serem afetadas, o que é um problema para seus operadores, pois a produção nessas usinas é difícil de ser acrescida ou reduzida no curto prazo.

³⁰ Ver, por exemplo, EU General Court: Germany’s 2012 Renewable Energy Source Act Involves State Aid, <http://www.germanenergyblog.de/?p=19856>

reduzir) as isenções, o governo alemão já havia decidido, em 2014, implementar uma mudança mais radical na política, cujo principal objetivo parece ser reduzir custos ao (1) conter o crescimento das energias renováveis, sobretudo das fotovoltaicas, a um nível muito inferior ao dos anos anteriores e (2) substituir as tarifas de fornecimento, politicamente decididas por remunerações estabelecidas por leilões. Se as ambições reduzidas que essa mudança de política implica são consistentes com os objetivos de longo prazo para a transição (com os quais os políticos alemães concordaram) parece questionável, dado que, atualmente, – apesar do crescimento expressivo – apenas cerca de um terço da eletricidade alemã provém de fontes renováveis. A mudança de política também tem como implicação ter tornado mais complexo para pequenos atores, como indivíduos e grupos comunitários, participarem ativamente na transição. Isso deve ser motivo de preocupação, já que a maior parte do sucesso da política alemã nessa área até agora se baseia na habilidade de mobilizar grandes parcelas da população para esse propósito.

3.3 Mobilidade elétrica na Noruega

A mobilidade elétrica não é uma ideia nova. De fato, nos anos iniciais da indústria automobilística, os carros elétricos eram mais comuns do que os carros movidos a gasolina, mas a última tecnologia prevaleceu em algum momento. As crises do petróleo da década de 1970 levaram a uma renovação do interesse em carros elétricos em diversos países e, nos anos seguintes, tanto novas empresas quanto empresas estabelecidas começaram a se envolver com a tecnologia em uma base experimental, fazendo com que um pequeno número de carros movidos a bateria elétrica fosse produzido em variados países. Muitos deles eram pequenos carros urbanos, com um alcance bastante limitado e um preço alto e, por isso, não se tornaram algo muito atrativo, a não ser para os mais ardentes adeptos da tecnologia. Não obstante, em 1990, uma ONG ambientalista norueguesa recém-fundada decidiu importar um carro desse tipo e solicitou com sucesso ao governo, a isenção do (altíssimo) imposto de registro norueguês, o qual – por estar baseado no valor do carro – teria feito com que os carros elétricos fossem proibitivamente caros no mercado norueguês.

De todo modo, o precedente assim estabelecido era do interesse de empresas locais que consideravam ingressar na emergente indústria do carro elétrico, e durante os anos seguintes diversas dessas tentativas foram feitas, sendo a mais conhecida a empresa Pivco

– mais tarde Think –, que produziu, durante seu tempo de vida, alguns milhares de carros elétricos (ASPHJELL, 2013). Durante a fase inicial, a empresa recebeu algum apoio econômico para desenvolver seu produto por meio de variadas partes do governo. A cidade de Oslo, que sofria por conta da poluição do ar local, era muito favorável à propagação dos carros elétricos e introduziu uma série de vantagens para proprietários de carros elétricos desde o início, tais como estacionamento e recarga gratuitos; a empresa de energia 100% municipal foi um importante ator nesse domínio. Ao longo dos anos, os formuladores de políticas nacionais, com frequência acompanhando iniciativas locais de Oslo, aprovaram uma série de vantagens adicionais para proprietários de carros elétricos; isto é, isenção de taxas em rodovias com pedágio (1997), imposto de valor agregado zero (2001) e o direito de utilizar faixas de ônibus (2003). O Município de Oslo também foi fundamental para a criação de uma associação de promoção dos carros elétricos (1995), que ainda existe e atualmente possui mais do que 30 mil membros (FIGENBAUM, 2016). Embora a redução da poluição do ar local fosse frequentemente mencionada como uma legitimação desses programas, preocupações de política industrial – isto é, a possibilidade de apoiar o crescimento de uma nova indústria na Noruega – provavelmente também desempenharam um papel em um estágio inicial (RØSTE, 2001).

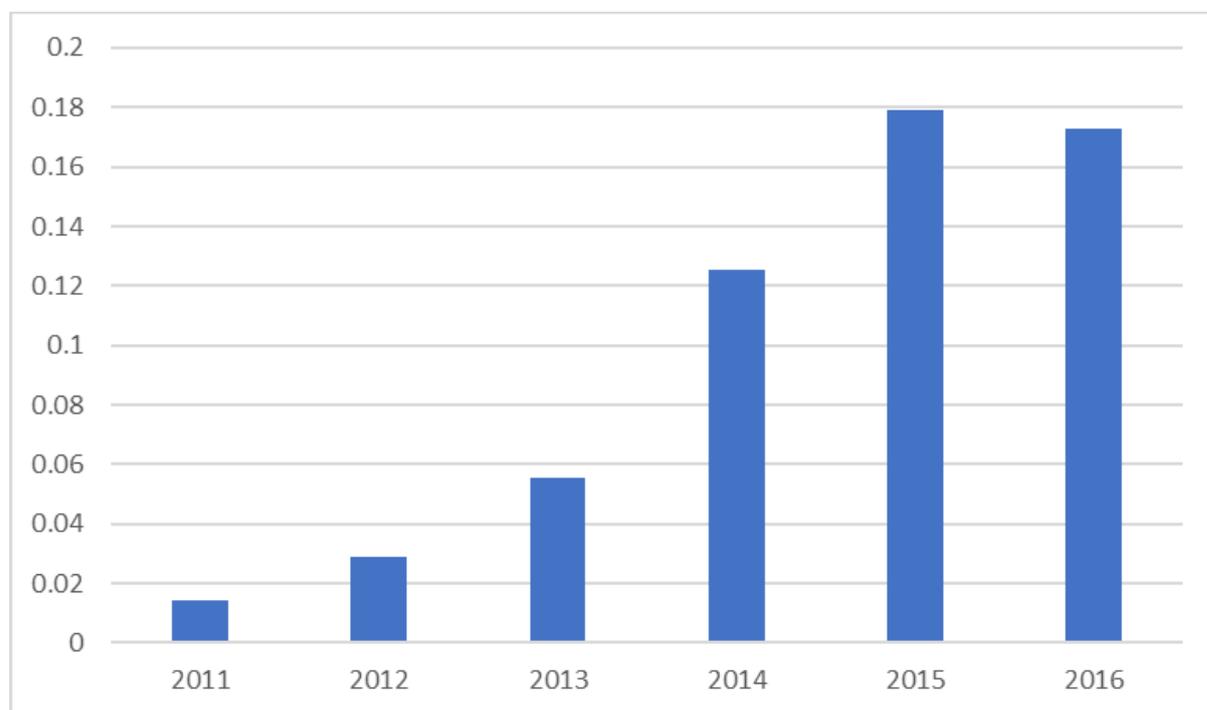
A despeito das políticas públicas relativamente favoráveis para compradores, as vendas de carros elétricos na Noruega foram lentas durante os anos iniciais e constituiu uma dificuldade para a Think atrair investidores interessados em financiar a passagem dos protótipos para a produção/comercialização regulares. Contudo, uma nova oportunidade de mercado para os carros elétricos surgiu por volta da virada do século, em virtude da necessidade da indústria automobilística de desenvolver “Veículos com Emissão Zero” (ZEV, na sigla em inglês) se quisesse manter sua presença no lucrativo mercado da Califórnia. A Ford adquiriu a Think com esse propósito e, por alguns anos, as perspectivas pareciam bastante animadoras, mas depois que o programa ZEV foi abandonado, a Ford rapidamente perdeu o interesse e vendeu a Think para um investidor estrangeiro que não conseguiu salvar a empresa. Uma última tentativa de reanimar a empresa foi feita na segunda metade da década, apenas para falhar mais uma vez com a emergência da crise financeira.

Todavia, os diversos incentivos oferecidos aos potenciais usuários de carros elétricos finalmente resultaram no crescimento da demanda doméstica durante o início/meados da década de 2000, sobretudo na região de Oslo. Na época, a empresa Think não era capaz, por conta de seus problemas financeiros, de distribuir os carros. Para



atender a demanda, foram realizadas algumas importações de carros elétricos usados de outros países (alguns dos quais haviam sido produzidos originalmente na Noruega!) (FIGENBAUM; KOLBENTVEDT, 2013). Mas a partir do final da década, primeiro a Mitsubishi (com seu modelo I-MiEV) e a seguir outras empresas estabelecidas do setor, como Nissan e Volkswagen, ingressaram no crescente mercado norueguês com novos modelos, que eram, ao mesmo tempo, mais confortáveis e tinham uma autonomia maior do que os que estavam disponíveis até então, e, por isso, tinham um apelo muito mais amplo para os consumidores. Como resultado, as vendas de veículos elétricos movidos a bateria dispararam, de 1% de todos os carros novos em 2011 para 18% em 2015 (Figura 4), percentual muito mais elevado do que em outros países europeus³¹.

Figura 4: Noruega: Carros elétricos (sem emissões) em proporção ao total de novos carros particulares



Fonte: <http://www.ofvas.no/>, consulta em 12.03.2017

³¹ A ligeira queda na participação, entre 2015 e 2016, foi causada por uma mudança tributária que tornou os carros híbridos (carros com dois motores, um dos quais, elétrico) muito mais baratos do que antes. Isso levou a um acentuado crescimento na venda de carros híbridos em 2016, de 12,4% do total de vendas, em 2015, para 24,5% à custa de veículos de combustão e de emissão zero (Fonte: <http://www.ofvas.no/>, consulted on 12.03.2017).

Com o crescimento do número de carros elétricos, e sobretudo com a chegada de carros elétricos de luxo, os críticos começaram a questionar a relevância das vantagens oferecidas aos proprietários desses carros e a enfatizar, ao invés disso, os custos (perda de receita para o Estado, por exemplo) e os vários problemas que o crescimento do número de tais carros pode provocar (como o congestionamento nas faixas de ônibus ou o crescimento do uso de carros em detrimento da caminhada, ou do uso do transporte público). Contudo, gradualmente, os objetivos da política climática se tornaram mais centrais para as discussões políticas na Noruega, e isso levou ao crescimento do apoio político à contínua difusão dos carros elétricos. De fato, tornou-se evidente para os formuladores de política noruegueses que a eletrificação do setor de transporte provavelmente era o caminho mais fácil para a Noruega reduzir suas emissões em linha, com os objetivos que os políticos europeus e o mundo, de maneira geral, estavam de acordo. Um amplo “acordo climático” no parlamento, em 2012, concluiu que “os incentivos a veículos elétricos e de hidrogênio serão congelados até a próxima legislatura (ou seja, até o fim de 2017), se o número de veículos elétricos não exceder a 50 mil antes dessa data”³². Entretanto, embora em 2012, 50 mil carros elétricos na Noruega pudessem parecer uma meta distante, ela foi atingida em abril de 2015. Ainda não se sabe se isso levará a ajustes na política. Mas, no momento desta escrita, parece que a contínua eletrificação do transporte foi aceita por todos os partidos políticos e outros atores relevantes, como ONGs, grandes empresas etc. De fato, o ministro responsável no presente governo (de centro-direita) anunciou recentemente que a política garantirá que apenas ZEVs sejam vendidos na Noruega em 2025³³.

3.4 Discussão

Nos três casos analisados, as coisas mudaram muito rapidamente. De fato, se continuar na mesma velocidade, a transição nos três casos estaria completa, no máximo e no mais tardar, até meados do século. Uma vez que essa rápida mudança é o que o mundo precisa para evitar os danos irreparáveis provenientes da mudança climática, é de considerável interesse compreender o que tornou isso possível.

³² Citado a seguir, Figenbaum e Kolbentvedt (2013), p. 24.

³³ Vidar Helgesen, em entrevista com E24, 16.06.2017, <http://e24.no/energi/bil/klimaministeren-skal-gjoerebensinbiler-helt-uinteressant-aa-kjoepe/24074852>

Primeiramente, vale a pena notar que nenhum desses três casos está em conformidade com o modelo clássico orientado por missões que foi inaugurado pela interação entre a grande ciência e a engenharia avançada nos EUA, visando a produzir inovações disruptivas como base para a comercialização subsequente. De fato, quando nossa história começa, tanto as turbinas eólicas quanto os carros movidos a bateria já existiam há cerca de 100 anos. Mesmo as células solares, inventadas pela Bell Labs na década de 1950, estavam disponíveis por quase meio século quando elas finalmente se tornaram um alvo de desenvolvimento por parte de políticos alemães por meio da *Energiewende*. A razão pela qual a energia eólica, solar e a mobilidade elétrica não atraíram mais atenção antes disso é simplesmente que, para a maioria dos observadores da época, outras tecnologias pareciam mais rentáveis e promissoras.

O que mudou nas décadas de 1970 e 1980 não foi um avanço repentino na energia eólica e solar e nos carros elétricos, mas sim que as percepções auspiciosas sobre o que os combustíveis fósseis e a energia nuclear poderiam oferecer começaram a rachar. Um evento importante foi o embargo do petróleo da OPEP, em 1973-74, levando a preocupações crescentes em todo o mundo ocidental sobre a segurança energética e, portanto, a mais dinheiro público para pesquisas alternativas aos combustíveis fósseis. Embora a maior parte disso tenha ido realmente para a energia nuclear, também levou a um aumento de P&D em energia eólica, solar e eletromobilidade e, portanto, a uma maior base de conhecimento sobre essas tecnologias. Contudo, como é perceptível em todos os três casos, essas tecnologias mais amigáveis ao meio ambiente também chamaram a atenção do público mais amplo e isso se tornou um assunto de grande importância para o que aconteceu posteriormente. Particularmente para a energia solar e eólica, esse interesse se tornou mais forte para a crescente resistência popular à energia nuclear, por ter sido alimentada por eventos como o acidente nuclear na *Three Mile Island* nos Estados Unidos, em 1979, o desastre em *Chernobyl* na então União Soviética, em 1986 e, mais próximo do nosso próprio tempo, o desastre de *Fukushima* no Japão, em 2011.

Em todos os três países, a força motriz não foi a formuladora de política em nível nacional, mas sim os movimentos populares (ou redes) compostos por cidadãos preocupados, lobbies ambientalistas, entusiastas da tecnologia e pequenos empresários, unidos por um interesse comum de promover as condições para o desenvolvimento e a difusão da tecnologia em questão, embora a motivação para fazê-lo possa ter variado. Por exemplo, as motivações para advogar apoio à energia eólica ou solar nas décadas de 1980 e 1990 variaram, por assim dizer, entre o interesse na “democracia energética”, o

entusiasmo pela nova tecnologia, questões ambientais e posicionamentos antinucleares até preocupações de política industrial. Assim, embora o combate à mudança climática possa ser um importante motivo para essas políticas atualmente, isso claramente não era o caso quando os movimentos políticos (ou redes) de defensores dessas políticas foram formados. Nos casos da energia eólica e solar, a conexão à rede em termos economicamente aceitáveis se tornou o objetivo central, enquanto para os carros elétricos, as isenções fiscais e o acesso a estações de carregamento receberam maior atenção. A motivação básica dessas demandas era apoiar a implantação, tornando a tecnologia pelo menos tão atrativa quanto as alternativas mais estabelecidas, que eram menos amigáveis ao meio ambiente. Um padrão típico de tais demandas foi terem sido expressas primeiramente em nível local e/ou regional e, depois de terem sido aceitas, elevadas a um nível nacional também.

Apesar disso, obter aceitação para a implantação de tais regimes amigáveis em nível nacional nem sempre foi fácil. A resistência às mudanças políticas sugeridas veio de duas fontes em particular. Uma foi alimentada por interesses econômicos estabelecidos que, talvez com razão, consideraram a nova política como ameaçadora a eles; esse foi especialmente o caso da Alemanha. Outra fonte de resistência de natureza mais ideológica veio de economistas e de setores do sistema político, que consideravam tais programas amigáveis de implantação como uma intervenção excessiva no funcionamento dos mercados. A crítica do partido alemão FDP ao *Energiewende* é ilustrativa a esse respeito. Contudo, visões similares também foram difundidas na direita política na Dinamarca e, por essa razão, o apoio à implantação de energia renovável na Dinamarca parou por muitos anos na década de 2000. Também na Noruega, tais críticas de caráter ideológico às políticas correntes a respeito dos carros elétricos foram ventiladas, sobretudo por economistas, mas até agora não conseguiram influenciar significativamente as políticas públicas em relação aos carros elétricos.

Tanto na Dinamarca quanto na Alemanha essas políticas foram acompanhadas de um rápido crescimento industrial (e de empregos) para fornecer bens de capital para a produção de energia renovável, aumentando a legitimidade da política, tanto entre os formuladores de política quanto frente ao público em geral³⁴. Entretanto, embora as

³⁴ Contudo, como destacado acima, mais recentemente setores da indústria de energia solar alemã enfrentaram uma crescente concorrência de produtores chineses, resultando em uma série de falências e perdas de emprego.

preocupações com a política industrial provavelmente também tenham desempenhado um papel na Noruega em um estágio inicial, um efeito similar, isto é, um florescimento da indústria de carro elétrico, não se materializou lá sem prejudicar – ao que parece – o apoio popular à política. Isso talvez possa ser explicado pelas pujantes condições econômicas na Noruega na época (alimentada pelas receitas do setor de petróleo e gás). Na verdade, os formuladores de política pouco fizeram para apoiar a indústria emergente quando ela teve problemas depois de alguns anos. Seguramente, sem o conhecimento sobre a produção de automóvel, um sólido apoio financeiro e um mercado doméstico suficientemente amplo (e em crescimento), a indústria emergente enfrentou uma luta árdua desde o primeiro dia. Não obstante, é possível que algumas dessas restrições possam ter sido abordadas por meio de políticas de inovação, por exemplo, usando a política de compras públicas para lidar com a restrição de demanda, talvez o fator mais prejudicial (bloqueador) durante esses anos. De fato, tanto na Dinamarca quanto na Alemanha, os formuladores de política foram muito astutos ao estimular a demanda (por meio de programas de demonstração pública, por exemplo) em momentos igualmente críticos do desenvolvimento de sua indústria emergente. Entretanto, não há indicação de que os formuladores de política na Noruega tenham tido, naquela época, vontade de fazer algo desse tipo.

O que explica o ritmo acelerado da mudança nesses três casos? Provavelmente se resume ao forte envolvimento de usuários na promoção, aprimoramento e difusão das tecnologias em questão, em interações com as políticas de inovação orientadas para a demanda que apoiaram a implantação dessas tecnologias (e, portanto, a continuidade do envolvimento dos usuários). Essa interação virtuosa não surgiu por conta própria foi o resultado de um longo processo no qual participou um amplo espectro de atores (incluindo formuladores de política) de diferentes níveis da sociedade, com objetivos compatíveis, mas não necessariamente idênticos. Assim, o que aconteceu parece amplamente consistente com a compreensão “policêntrica” de ação coletiva que foi desenvolvida por Ostrom (2010), ver Box 2.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A economia global está em um curso insustentável, e isso precisa ser mudado, como quase todos os países do mundo concordaram. A direção da mudança econômica está, assim, estabelecida e, tal como previsto no Acordo de Paris, cabe agora a cada país, tendo



em conta seu contexto específico, desenvolver e implementar políticas que tornem possível a transição para uma economia sustentável e as mudanças estruturais associadas³⁵. A inovação e as políticas que a influenciam são, sem dúvida, recursos-chave para o sucesso com esse objetivo. O objetivo deste artigo, portanto, foi discutir, com base em trabalhos teóricos relevantes, bem como em lições da prática política, como isso pode ser feito.

O conhecimento baseado nos Estudos de Inovação nos fornece uma estrutura robusta para discussões sobre como tornar a política de inovação mais eficaz. A inovação bem-sucedida depende da capacidade de mobilizar e combinar vários fatores diferentes, como conhecimento, habilidades, financiamento, instituições e demanda. Como foi destacado anteriormente, ter acesso a um desses fatores, conhecimento, por exemplo, é de pouca ajuda se o financiamento não for acessível ou se a demanda não estiver presente. Assim, os fatores que influenciam a inovação bem-sucedida são, em sua maior parte, de natureza complementar. É por isso que uma perspectiva holística sobre a política, tendo em conta não apenas alguns, mas todos os fatores que influenciam a inovação, é uma necessidade para que a formulação da política atinja seus objetivos (FAGERBERG, 2017). Assim, a tradicional orientação para a oferta da pesquisa e das políticas de inovação, que ainda é dominante em vários cenários, é – como ilustrado pelos três estudos de caso incluídos neste artigo – totalmente deficiente. Além disso, uma vez que os formuladores de política em cenários (e níveis) muito distintos, que influenciam os diversos fatores que são decisivos para a inovação, a coordenação e o alinhamento de políticas são indispensáveis, as variadas atividades que envolvem aqueles formuladores de política se complementam ao invés de se contradizerem. Portanto, para fazer da política de inovação o poderoso instrumento que uma transição bem-sucedida exige, serão necessárias inovações na governança da política de inovação (EDLER; FAGERBERG 2017). Essa é uma questão pouco pesquisada, tanto teórica quanto empiricamente.

Uma maneira de tornar a política de inovação mais eficaz é dar-lhe uma direção clara (PEREZ, 2016; MAZZUCATO, 2017). Anteriormente, isso era considerado um problema quase insuperável para os formuladores de política: como poderiam conhecer os caminhos mais promissores para o futuro? Contudo, mais recentemente, o objetivo de longo prazo de tornar a economia mais sustentável, que tem como parte importante a redução da emissão de gases do efeito estufa a praticamente zero antes do fim deste século, se tornou

³⁵ Ver Smith (2017) e Schmitz e Lema (2015) para se inteirar dos aspectos internacionais da transição para a sustentabilidade.

amplamente aceito. Além disso, parece ser cada vez mais evidente que a revolução tecnológica em curso nas energias renováveis, em combinação com outras mudanças estruturais, proporcionará à humanidade muitos dos meios necessários para escapar de sua atual dependência da queima de combustíveis fósseis (Seba, 2014; Goodall, 2016). Não obstante, seguir essa trajetória exigirá muita inovação, por assim dizer, em armazenamento e distribuição de energia, no uso de energia (incluindo economia), na eletrificação do transporte e assim por diante, assim como nos modelos de negócios, na organização e nas atividades do setor público, e nos modos de vida de uma forma mais geral. Portanto, políticas de apoio à pesquisa, inovação e experiência da vida real (incluindo implantação) nesses domínios serão fundamentais.

Isso pode soar simples, mas na prática é bastante desafiador, devido, dentre outras coisas, ao período de tempo da política: embora a transição para a sustentabilidade e as mudanças estruturais que ela acarreta levem muitas décadas, os formuladores de política são constantemente confrontados com questões que requerem respostas aqui e agora, e que podem desviar a atenção para os problemas de longo prazo. A abordagem da “gestão de transição” discutida anteriormente foi elaborada para abordar esse problema e sua ênfase no papel da visão nas transições para a sustentabilidade (ROTMANS et al, 2001) pode valer a pena considerar. Uma visão é uma percepção comum (ou uma estrutura cognitiva) de onde nós, como uma sociedade, gostaríamos de ir (por exemplo, uma economia sustentável), que pode funcionar como um dispositivo de coordenação leve para os múltiplos atores, incluindo formuladores de política em diferentes níveis, que precisam alinhar suas ações para que a transição seja bem-sucedida. Pode ser concretizado com o estabelecimento de várias metas, que podem ser monitoradas e utilizadas para avaliar até que ponto a performance da sociedade está em linha com os objetivos de longo prazo. Indiscutivelmente, tal visão, consistente tanto com as oportunidades oferecidas, digamos, pela revolução da energia renovável quanto com o contexto específico para o qual a visão funcionará, pode ser uma ferramenta útil para os formuladores de política na persecução da transição para a sustentabilidade. Isso também vale para a Noruega, que, devido à sua dependência da produção de petróleo e gás, está profundamente enraizada no antigo sistema baseado em energia fóssil³⁶, e, por isso, encontrar um caminho viável para um futuro sustentável pode ser muito desafiador. Entretanto, o propósito de tal visão não é

³⁶ Ver Geels (2014, 2015) para uma discussão sobre a necessidade de uma política não apenas apoiar o crescimento de novos setores verdes, mas também reduzir os antigos e poluidores.

aliviar conflitos ao longo do caminho, mas tornar mais transparente os conteúdos de possíveis divergências e suas relações com os objetivos de longo prazo. Isso também vale para o processo de desenvolvimento disso, no qual diferentes ideias sobre o futuro terão que ser explicadas e colocadas em debate³⁷. Nada obstante, para que isso funcione como pretendido, é fundamental que os formuladores de política resistam à tentação de desenvolver essa visão a portas fechadas, mas se envolvam em um diálogo amplo, aberto e transparente com as partes interessadas em diferentes níveis da sociedade. De fato, a capacidade de alcançar as partes interessadas e o público em geral, e envolvê-los na jornada coletiva de inovação em direção a um sistema econômico sustentável, não é apenas mais democrático, mas também mais eficaz, como a seção anterior demonstra amplamente.

Um dos aspectos mais destacados das sociedades modernas é que os consumidores são muito instruídos e criativos, e que seu envolvimento ativo é essencial para uma inovação bem-sucedida (VON HIPPEL, 2005). É provavelmente uma aposta segura que, sem esse envolvimento ativo dos consumidores em interação com atentos formuladores de política em variados níveis, as três histórias de transição discutidas acima teriam parecido muito diferentes e a velocidade da transição – e o progresso tecnológico que ela tornou possível – teria sido muito mais lento. Logo, uma lição central para os formuladores de política é que, ao abraçar as oportunidades oferecidas pela revolução das energias renováveis e o ativo envolvimento de consumidores (e a atração de novos), seja possível incentivar a inovação (verde), criar novos empregos³⁸ e acelerar significativamente a transição (o que, sem dúvida, é uma obrigação).

REFERÊNCIAS

ABERNATHY, W.; UTTERBACK, J. Patterns of industrial innovation, **Technology Review** 80(7): 40-47, 1978.

ACEMOGLU, D.; AGHION, P.; BURSZTYN, L.; HEMOUS, D. The Environment and Directed Technical Change, **American Economic Review**, 102(1): 131-66, 2012.

³⁷ Agências públicas, como conselhos de pesquisa e agências de inovação, possivelmente podem estar bem posicionadas para iniciar esses processos.

³⁸ “Dados a nível de projeto indicam que, em média, a energia renovável cria mais empregos do que tecnologias de combustível fóssil. A energia solar fotovoltaica, por exemplo, cria mais que o dobro do número de empregos por unidade de geração de eletricidade em comparação com carvão e gás natural.” (IRENA, 2017, p. 6).

ANDERSEN, E.S. **Joseph A. Schumpeter**: A Theory of Social and Economic Evolution, Basingstoke and New York: Palgrave Macmillan, 2011.

ARROW, K. "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Innovation," in Nelson R. R. (ed.) **The Rate and Direction of Inventive Activity**, Princeton: Princeton University Press, p. 609-625, 1962.

ASHEIM, B.; GERTLER, M. "The Geography of Innovation" in Fagerberg, J., Mowery, D., Nelson, R. (Eds.), **The Oxford Handbook of Innovation**. Oxford: Oxford University Press, p. 291-317, 2004.

ASPHJELL, A.; ASPHJELL, Ø.; KVISLE, H.H. **Elbil på norsk 2013**, Trondheim, Transnova, 2013.

BERGEK, A.; JACOBSSON, S.; CARLSSON, B.; LINDMARK, S.; RICKNE, A. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis, **Research Policy**, 37 (3), 407–429, 2008.

BRAUN, D. Lessons on the political coordination of knowledge and innovation policies, **Science and Public Policy**, 35: 289-298, 2008.

DALY, H. E. **A steady state economy**. Paper presented to the UK Sustainable Development Commission 24 April 2008, <http://www.theoil drum.com/node/3941>, consulted on 30.10.2017, 2008.

DIETZ, R.; O'NEILL, D. **Enough Is Enough**: Building a Sustainable Economy in a World of Finite Resources, San Francisco: Berret-Koehler Publisher, 2013.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy** 11: 147–162, 1982.

EDLER, J.; FAGERBERG, J. Innovation policy: what, why, and how, **Oxford Review of Economic Policy** 33 (1), 2-23, 2017.

EDLER, J.; GEORGHIOU, L. Public procurement and innovation – Resurrecting the demand side, **Research Policy**, 36 (7), 949–963, 2007.

EDLER, J.; SHAPIRA, P.; CUNNINGHAM, P.; GÖK, A. Conclusions: Evidence on the effectiveness of innovation policy intervention, in: Edler, J., Cunningham, P., Gök, A., Shapira, P. (Eds.), **Handbook of Innovation Policy Impact**. Edward Elgar, Cheltenham/ Northampton, pp. 543-564, 2016.

EDQUIST, C. "Systems of Innovation: Perspectives and Challenges" in Fagerberg, J., Mowery, D., and Nelson, R (eds.) **Oxford Handbook of Innovation**, Oxford: Oxford University Press, p. 181-208, 2004.

EDQUIST, C. Design of innovation policy through diagnostic analysis: Identification of systemic problems (or failures), **Industrial and Corporate Change**, 20 (6), 1–29, 2011.

ERGAS, H. Does Technology Policy matter? **CEPS papers** No 29, Brussels, Centre for European Studies, 1986.

FAGERBERG, J. Schumpeter and the revival of evolutionary economics: an appraisal of the literature, **Journal of Evolutionary Economics** 13:125-159, 2003.

FAGERBERG, J. Innovation: A guide to the Literature, in Fagerberg, J., Mowery, D., and Nelson, R (eds.) **The Oxford Handbook of Innovation**, Oxford University Press, Oxford, 2004, p 1-26, 2004.

FAGERBERG, J. Innovation Systems and Policy: A Tale of Three Countries, **Stato e Mercato** 36 (1), 13-40, 2016.

FAGERBERG, J. Innovation Policy: Rationales, Lessons and Challenges, **Journal of Economic Surveys** 31(2), 497–512, 2017.

FAGERBERG, J.; FOSAAS, M.; SAPPRASERT, K. Innovation: Exploring the knowledge base, **Research Policy** 41: 1132-1153, 2012.

FAGERBERG, J.; LAESTADIUS, S.; MARTIN, B.R. The Triple Challenge for Europe: The Economy, Climate Change, and Governance, **Challenge**, 59 (3): 178-204, 2016.

FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; NELSON, R. eds. **The Oxford Handbook of Innovation**, Oxford: Oxford University Press, 2004.

FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; VERSPAGEN, B. The evolution of Norway's national innovation system, **Science and Public Policy**, 36: 431-444, 2009.

FIGENBAUM, E. **Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy**, Environmental Innovation and Societal Transitions, 2016.

FIGENBAUM, E.; M. KOLBENSTVEDT. Electromobility in Norway - experiences and opportunities with Electric Vehicles, **Report 1281/2013**, The Institute of Transport Economics, 2013.

FLANAGAN, K.; UYARRA, E.; LARANJA, M. Reconceptualising the 'policy mix' for innovation, **Research Policy**, 40 (5), 702–713, 2011.

FOUQUET, R. Lessons from energy history for climate policy: Technological change, demand and economic development, **Energy Research and Social Science** 22, 79-93, 2016.

FREEMAN, C. **The Economics of Industrial Innovation**, Harmondsworth: Penguin, 1974.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance**: Lessons from Japan, London: Pinter, 1987.

FREEMAN, C.; CLARK, J.; SOETE, L. G. **Unemployment and Technical Innovation**: a Study of Long Waves and Economic Development, London: Pinter, 1982.

FREEMAN, C.; LOUÇÃ, F. **As Time Goes By**. From the Industrial Revolutions to the Information Revolution, Oxford: Oxford University Press, 2001.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. "Structural Crises of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour", in Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R.R., Silverberg, G.; Soete, L. G. (eds.), **Technical Change and Economic Theory**, London: Pinter, p. 38-66, 1988.

GARUD, R.; KARNØE, P. Bricolage versus breakthrough: Distributed and embedded agency in technology entrepreneurship, **Research Policy**, Vol. 32, No. 2, p. 277-300, 2003.

GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study, **Research Policy** 31: 1257-1274, 2002.

GEELS, F. W. Regime Resistance against Low-Carbon Transitions: Introducing Politics and Power into the Multi-Level Perspective, Theory, **Culture & Society** 31 (5): 21 – 40, 2014.

GEELS, F. W. The arduous transition to low-carbon energy: A multi-level analysis of renewable electricity niches and resilient regimes, in FAGERBERG, J., S. LAESTADIUS; B. R. MARTIN, **The Triple Challenge for Europe Economic Development**, Climate Change and Governance, Oxford University Press, p. 91-118, 2015.

GEELS, F. W.; SCHOT, J. Typology of sociotechnical transition pathways, **Research Policy** 36: 399-417, 2007.

GOODALL, C. **The Switch**: How solar, storage and new tech means cheap power for all, London: Profile Books, 2016.

GRUBLER, A. Energy transitions research: Insights and cautionary tales, **Energy Policy** 50, 8-16, 2012.

HALL, B.H.; ROSENBERG, N. eds. **Handbook of the Economics of Innovation**, Amsterdam: North Holland, 2010.

HENDRIKS, C.M. Policy design without democracy? Making democratic sense of transition management, **Policy Sciences** 42: 341-368, 2009.

IRENA. **30 Years of Policies for Wind Energy** – Lessons from 12 Wind Energy markets, 2013.

IRENA. Renewable Energy and Jobs, **Annual Review**, 2017.

JACOBSSON, S.; V. LAUBER. The politics and policy of energy system transformation—explaining the German diffusion of renewable energy technology, **Energy Policy** 34 (3), 256-27, 2006.

JACOBSSON, S.; SANDÉN, B.; BÅNGEMNS, L. Transforming the Energy System—the Evolution of the German Technological System for Solar Cells, **Technology Analysis & Strategic Management** 16:1, 3–30, 2004.

KARNØE, P. **Dansk Vindmølleindustri - en overraskende international success**: Om innovationer, industriudvikling og teknologipolitik, Copenhagen: Samfundslitteratur, 1991.

KARNØE, P.; GARUD, R. Path Creation: Co-creation of Heterogeneous Resources in the Emergence of the Danish Wind Turbine Cluster, **European Planning Studies**, Vol. 20, No. 5, p. 733-752, 2012.

KEMP, R. Ten themes for eco-innovation policies in Europe, **S.A.P.I.E.N.S.**, 4 (2), 1-20, 2011.

KEMP, R, LOORBACH, D.A.; ROTMANS, J.. Transition management as a model for managing processes of co-evolution towards sustainable development. **The International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, 14(1), 78–91, 2007.

KEMP, R.; B. NEVER. Green transition, industrial policy, and economic development, **Oxford Review of Economic Policy** 33 (1), p. 66–84, 2017.

KEMP, R., SCHOT, J.; HOOGMA, R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management. **Technology Analysis and Strategic Management** 10(2): 175–198, 1998.

KLINE, S.J.; ROSENBERG, N. “An Overview of Innovation”, in Landau, R. and Rosenberg, N. (eds.) **The Positive Sum Strategy**: Harnessing Technology for Economic Growth, Washington D.C.: National Academy Press, p. 275-304, 1986.

LAESTADIUS, S. Transition paths: assessing conditions and alternatives, in FAGERBERG, J., S. LAESTADIUS; B. R. MARTIN. **The Triple Challenge for Europe Economic Development**, Climate Change and Governance, Oxford University Press, p. 143-169, 2015.

LAUBER, V.; S. JACOBSSON. ‘Lessons from Germany’s Energiewende’, in FAGERBERG, J., S. LAESTADIUS; B. R. MARTIN. **The Triple Challenge for Europe Economic Development**, Climate Change and Governance, Oxford University Press p.173-203, 2015.

LEVIN, R. C., A.K. KLEVORICK, R.R. NELSON; S.G. WINTER. ‘Appropriating the Returns from Industrial Research and Development’, **Brookings Pap. Econ. Act: Microeconomics**, p. 783–820, 1987.

LIU, X.; WHITE, S. Comparing innovation systems: a framework and application to China’s transitional context, **Research Policy**, 30 (7), 1091–1114, 2001.

LOORBACH, D. Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework, **Governance: An International Journal of Policy, Administration and Institutions** 23 (1), 161–183, 2010.



LUNDEVALL, B. Å. **National Systems of Innovation**: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, London: Pinter, 1992.

MALERBA, F. 'Sectoral Systems: How and why innovation differs across sectors', in FAGERBERG, J., MOWERY, D., NELSON, R. (eds.) **The Oxford Handbook of Innovation**, Oxford: Oxford University Press, pp. 380–406, 2004.

MAZZUCATO, M. **The entrepreneurial state**: debunking private vs. public sector myths. Anthem Press, London, UK, 2013.

MAZZUCATO, M. From market fixing to market-creating: a new framework for innovation policy, **Industry and Innovation**, 23 (2), 140-156, 2016.

MAZZUCATO, M. **Mission-Oriented Innovation Policy**: Challenges and Opportunities, London: RSA, 2017.

MAZZUCATO, M.; C. PEREZ. Innovation as Growth Policy: the Challenge for Europe, in FAGERBERG, J., S. LAESTADIUS; B. R. MARTIN. **The Triple Challenge for Europe: Economic Development**, Climate Change and Governance, Oxford University Press, p. 229-264, 2015.

MCCRAW, T.K. **Prophet of Innovation**: Joseph Schumpeter and Creative Destruction, Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Mass, 2007.

MEE LIE, C. **Does green growth require a different type of policies?** Exploring four recent policy frameworks, Centre for Technology, Innovation and Culture, University of Oslo, 2017.

Meyer, M. **Nelson and Winter's evolutionary theory** – a citation analysis. Paper presented at the 2001 Nelson-Winter Conference organized by DRUID, June 12–15, 2001, Aalborg, Denmark, 2001.

METCALFE, J. S. Systems Failure and the Case for Innovation Policy, in LLERENA, P.; MATT, M. (eds.) **Innovation Policy in a Knowledge-Based Economy**: Theory and Practice, Heidelberg: Springer, pp. 47–74, 2005.

MORRIS, C., JUNGJOHANN, A. **Energy Democracy** - Germany's Energiewende to Renewables, Basingstoke: Palgrave MacMillan, 2016.

MATHEWS, J. A. The renewable energies technology surge: A new techno-economic paradigm in the making? **In Futures**, 46, p. 10-22, 2013.

MATHEWS, J. A. **Greening of Capitalism**: How Asia Is Driving the Next Great Transformation, Stanford: Stanford University Press, 2014.

MOWERY, D.C.; NELSON, R.R.; Martin, B.R. 'Technology Policy and Global Warming: Why New Policy Models are Needed (Or Why Putting New Wine in Old Bottles Won't Work)', **Research Policy**, 39, p.1011-1023, 2010.

MOWERY, D.C. Federal Policy and the Development of Semiconductors, Computer Hardware and Computer Software: A Policy Model for Climate Change R&D?, in REBECCA M.; HENDERSON; RICHARD G. (eds), **Accelerating Energy Innovation: Insights from Multiple Sectors**, Chapter 5, Chicago, IL: University of Chicago Press, 159–88, 2011.

NELSON, R. R. (ed.). **National Innovation Systems: A Comparative Study**, Oxford: Oxford University Press, 1993.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An Evolutionary Theory of Economic Change**, Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1982.

NILL, J.; R. KEMP. Evolutionary approaches for sustainable innovation policies: From niche to paradigm? **Research Policy** 38 (4), 668–680, 2009.

NORDHAUS, W. **The Climate Casino – Risk, Uncertainty and Economics for a Warming World**, New Haven & London: Yale University Press, 2013.

OECD. **National Innovation Systems**, Paris: OECD, 1997.

OECD. **Managing National Innovation Systems**, Paris: OECD, 1999.

OECD. **Dynamising National Innovation Systems**, Paris: OECD, 2002.

OECD. **The OECD Innovation Strategy: getting a head start on tomorrow**, Paris: OECD Publishing, 2010a.

OECD 'The Innovation Policy Mix', in OECD (ed.), **OECD Science, Technology and Industry Outlook 2010**, Paris: OECD, pp. 251–279, 2010b.

OSTROM, E. Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change, **Global Environmental Change** 20 (4), 550–557, 2010.

PELKONEN, A. (2006) The problem of integrated innovation policy: Analysing the governing role of the science and technology policy council of Finland, **Science and Public Policy** 33(9): 669–680, 2006.

PEREZ, C. **Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages**, Cheltenham: Edward Elgar, 2002.

PEREZ, C. Capitalism, Technology and a Green Global Golden Age: The Role of History in Helping to Shape the Future, in JACOBS, M.; MAZZUCATO, M. (eds.) **Rethinking Capitalism: Economics and Policy for Sustainable and Inclusive Growth**, The Political Quarterly, Chichester: Wiley-Blackwell, p. 191-207, 2016.

PEARSON, P. J. G.; FOXON, T.J. A low carbon industrial revolution? Insights and challenges from past technological and economic transformations, **Energy Policy** 50, 117-127, 2012.

- RIP, A.; KEMP, R. Technological change, in RAYNER, S.; MALONE, E. L. (eds.) **Human choice and climate change**, vol. 2, Resources and technology, Washington D.C.: Battelle Press, pp. 327–399, 1998.
- RODRIG, D. Industrial policy: don't ask why, ask how, **Middle East Development Journal** 1 (1), 1-29, 2009.
- RODRIG, D. Green industrial policy, **Oxford Review of Economic Policy** 30 (3), 469–491, 2014.
- ROSENBERG, N. Why Do Firms Do Basic Research (with Their Own Money), **Research Policy** 19(2):165-174, 1990.
- ROTHWELL, R. Government innovation policy: Some past problems and recent trends, **Technological Forecasting and Social Change**, 22 (1), 3–30, 1982.
- ROTMANS, J.; KEMP, R.; VAN ASSELT, M. More evolution than revolution: Transition management in public policy, **Foresight** 3(1), 15–31, 2001.
- RØSTE, R. Næringspolitikk for konkurransedyktige nyetableringer - en casestudie av den elektriske bilen Think fra idé til marked, Master-oppgave, Universitetet i Oslo, 2001.
- SCHMITZ, H. Green Transformation: Is There a Fast Track?, in I. SCOONES, M.; LEACH, P. NEWELL (eds.), **The Politics of Green Transformations**, London: Routledge, 2015.
- SCHMITZ, H.; LEMA, R. 'The Global Green Economy: Competition or Cooperation between Europe and China?', in FAGERBERG, J.; LAESTADIUS, S.; MARTIN, B. R. **The Triple Challenge for Europe: Economic Development, Climate Change and Governance**, Oxford: Oxford University Press, pp.119-142, 2015.
- SCHOT, J; STEINMUELLER, W. E. Framing Innovation Policy for Transformative Change: **Innovation Policy 3.0**, Working-paper, 2016.
- SCHUMPETER, J. A. **The Theory of Economic Development**, Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1934.
- SCHUMPETER J. A. **Business cycles**: a theoretical historical and statistical analysis of the capitalist process (2 vol). New York: McGraw-Hill, 1939.
- SCHUMPETER, J. A. **Capitalism, Socialism and Democracy**, New York: Harper, 1942.
- SEBA, T. **Clean Disruption of Energy and Transportation**: How Silicon Valley Will Make Oil, Nuclear, Natural Gas, Coal, Electric Utilities and Conventional Cars Obsolete by 2030, Silicon Valley, California: Clean Planet Ventures, 2014.
- SERGER, S.S.; WISE, E.; ARNOLD, E. **National Research & Innovation Councils as an Instrument of Innovation Governance**: Characteristics and Challenges. Vinnova Analysis VA 2015:07. Stockholm: Vinnova, 2015.

- SMIL, V. Examining energy transitions: A dozen insights based on performance. **Energy Research & Social Science** 22:194-197, 2016.
- SMITH, A; KERN, F. The transitions storyline in Dutch environmental policy, **Environmental Politics** 18 (1), 78-98, 2009.
- SMITH, A.; VOSS, J.-P; GRIN, J. Innovation studies and sustainability transitions: The allure of the multi-level perspective and its challenges. **Research Policy**, 39 (4), 435-448, 2010.
- SMITH, K. Measuring Innovation, in FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; NELSON, R. (eds.) **The Oxford Handbook of Innovation**, Oxford: Oxford University Press, p. 148–178, 2004.
- SMITH, K. Innovating for the global commons: multilateral collaboration in a polycentric world, **Oxford Review of Economic Policy**, Volume 33, Issue 1, Pages 49–65, 2017.
- SOETE, L.; ARUNDDEL, A. **An Integrated Approach to European Innovation and Technology Diffusion Policy: A MAASTRICHT MEMORANDUM**, Commission of the European Communities, Dissemination of Scientific and Technical Knowledge Unit, Directorate-General Information Technologies and Industries, and Telecommunications, Luxembourg, 1993.
- SOVACOOOL, B.K. How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions, **Energy Research & Social Science** 13, 202-215, 2016.
- STERN, N. **Why are We Waiting?: The Logic, Urgency, and Promise of Tackling Climate Change**, The MIT Press, 2015.
- STEWART, F. Transformative innovation policy to meet the challenge of climate change: sociotechnical networks aligned with consumption and end-use as new transition arenas for a low-carbon society or green economy, **Technology Analysis & Strategic Management** Vol. 24 (4), 331-343, 2012.
- UNRUH, G. C. Understanding carbon lock-in, **Energy policy** 28 (12), 817-830, 2000.
- UNRUH, G. C. Escaping carbon lock-in, **Energy policy** 30 (4), 317-325, 2002.
- VAN DEN BERGH J.C.J.M.; TRUFFER B.; KALLIS G. Environmental innovation and societal transitions: Introduction and overview, **Environmental Innovation and Societal Transitions** 1 (1), 1-23, 2011.
- VON HIPPEL, E. **The Sources of Innovation**, New York: Oxford University Press, 1988.
- VON HIPPEL, E. "Sticky Information" and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation, **Management Science**, 40 (4), 429–439, 1994.
- VON HIPPEL, E. **Democratizing Innovation**, Cambridge, MA: MIT Press, 2005.

VON TUNZELMANN G.N. **Technology and industrial progress**: the foundations of economic growth, Aldershot: Edward Elgar, 1995.

VOSS, J.P.; SMITH, A.; GRIN, J. Designing long-term policy: rethinking transition management, *Policy sciences* 42 (4), 275-302, 2009.

VAN EST, R. **Winds of change**: a comparative study of the politics of wind energy innovation in California and Denmark, Utrecht: International Books, 1999.

WEBER, K. M.; ROHRACHER, H. Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change, *Research Policy* 41 (6), 1037-1047, 2012.

WILSON, C. Up-scaling, formative phases, and learning in the historical diffusion of energy technologies, *Energy Policy* 50: 81-94, 2012.

WINTER, S. G. Schumpeterian competition in alternative technological regimes. *Journal of Economic Behavior and Organization* 5: 287–320, 1984

NOTAS

TÍTULO DA OBRA

MISSÃO (IM)POSSÍVEL? O PAPEL DA INOVAÇÃO (E DAS POLÍTICAS DE INOVAÇÃO) NO SUPORTE ÀS MUDANÇAS ESTRUTURAIS E TRANSIÇÕES SUSTENTÁVEIS

AUTOR

Jan Fagerberg
Centre for Technology
University of Oslo
jan.fagerberg@tik.uio.no

TRADUTOR

Rodrigo Foresta Wolffebüttel

Doutor em Sociologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Técnico em Assuntos Educacionais na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Secretaria de Educação à Distância,
Porto Alegre, Brasil
rodrigo.foresta@sead.ufrgs.br

 <https://orcid.org/0000-0002-3417-563X>

Robson Rocha de Souza Júnior

Doutor em Sociologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Professor Adjunto na Universidade do Estado de Minas Gerais, Departamento de Ciências Humanas,
Barbacena, Brasil
robson.junior@uemg.br

 <https://orcid.org/0000-0003-0416-0987>

LICENÇA DE USO – uso exclusivo da revista

Os autores cedem à **Em Tese** os direitos exclusivos de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a [Licença Creative Commons Attribution 4.0 Internacional \(CC BY\)](#). Esta licença permite que **terceiros** remixem, adaptem e criem a partir do trabalho publicado, atribuindo o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico. Os **autores** têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico.

PUBLISHER – uso exclusivo da revista

Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Sociologia Política. Publicado no [Portal de Periódicos UFSC](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando,



necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

HISTÓRICO – uso exclusivo da revista

Recebido em: 08/07/2022

Aprovado em: 19/11/2022

