



CADERNO OPINIÃO

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: CALIFÓRNIA STYLE

AUTORAS

Tatiana Bruce da Silva e Fernanda Delgado
janeiro.2017

SOBRE A FGV ENERGIA

A FGV Energia é o centro de estudos dedicado à área de energia da Fundação Getúlio Vargas, criado com o objetivo de posicionar a FGV como protagonista na pesquisa e discussão sobre política pública em energia no país. O centro busca formular estudos, políticas e diretrizes de energia, e estabelecer parcerias para auxiliar empresas e governo nas tomadas de decisão.

DIRETOR

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

SUPERINTENDENTE DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E RESPONSABILIDADE SOCIAL

Luiz Roberto Bezerra

SUPERINTENDENTE COMERCIAL

Simone C. Lecques de Magalhães

ANALISTA DE NEGÓCIOS

Raquel Dias de Oliveira

ASSISTENTE ADMINISTRATIVA

Ana Paula Raymundo da Silva

ESTAGIÁRIA

Larissa Schueler Tavernese

SUPERINTENDENTE DE ENSINO E P&D

Felipe Gonçalves

COORDENADORA DE PESQUISA

Fernanda Delgado

PESQUISADORES

André Lawson Pedral Sampaio
Guilherme Armando de Almeida Pereira
Júlia Febraro França G. da Silva
Larissa de Oliveira Resende
Mariana Weiss de Abreu
Tamar Roitman
Tatiana de Fátima Bruce da Silva

CONSULTORES ESPECIAIS

Ieda Gomes Yell
Magda Chambriard
Milas Evangelista de Souza
Nelson Narciso Filho
Paulo César Fernandes da Cunha



OPINIÃO

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: CALIFÓRNIA STYLE

Tatiana Bruce da Silva - Pesquisadora, FGV Energia
Fernanda Delgado - Pesquisadora, FGV Energia

Há alguns meses atrás, a **FGV Energia** foi convidada a participar de um fórum de energia em Petrolina¹. O evento teve como tema os desafios energéticos da região do sertão brasileiro. Dentro do setor elétrico, discutiu-se a complexidade de incorporação das gerações solar e eólica à matriz elétrica, lidando com as questões de intermitência e variabilidade dessas fontes renováveis. O gás natural foi citado várias vezes como "combustível de transição", necessário para segurança da rede para quando o sol não brilha ou o vento não sopra. Durante a discussão, mencionamos que sim, o gás natural pode ser usado para esse fim, mas que, em se tratando de transição energética, eventualmente será necessária uma substituição completa de fontes fósseis por fontes renováveis na matriz energética. Neste momento, os demais participantes da mesa reagiram com incredulidade. Alguém, inclusive, comentou que, quando essa parte da transição energética realmente ocorrer, muito provavelmente ele nem estaria mais vivo.

Esse tipo de pensamento ocasionalmente ocorre no setor energético em diversos lugares do mundo. Majori-

¹ <http://www1.fiepe.org.br/fiepe/noticias/arq/i-forum-de-energias-do-sertao-acontece-dia-27-de-abril.html>

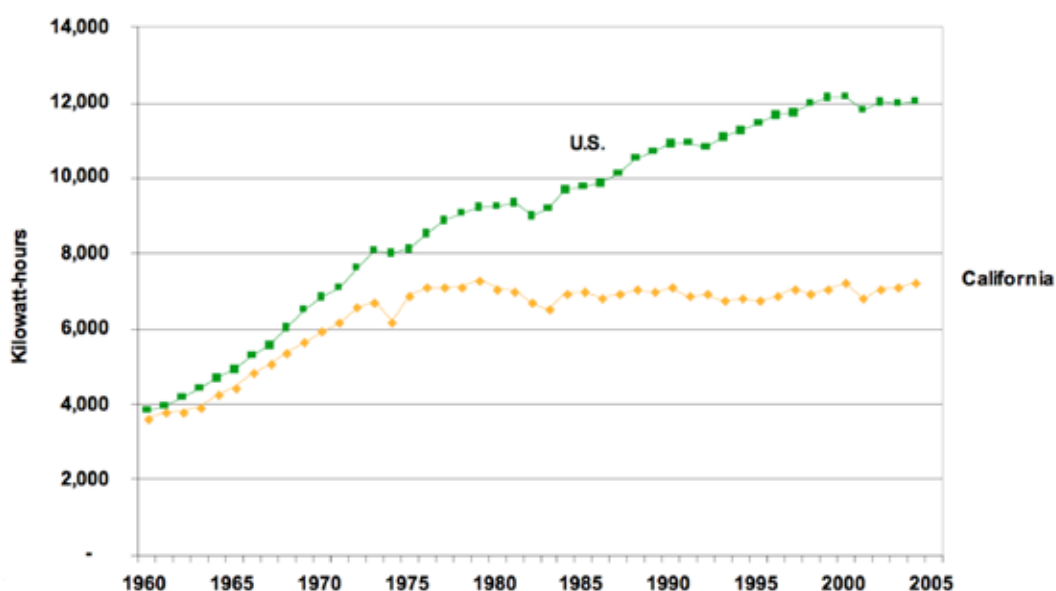
tariamente, existe consenso que é necessário descarbonizar as economias porque as mudanças climáticas são uma ameaça real e, para que se consiga reverter esse risco, tem-se que aumentar a participação de fontes renováveis nas matrizes energéticas. Para os setores elétricos no mundo todo, isso significa maior geração advinda das fontes eólica e solar — geração hidrelétrica, além de não ser uma possibilidade para todos, também vem sofrendo os efeitos da mudança do clima, enquanto que sol e vento estão disponíveis, em maior ou menor grau, em qualquer lugar. Para lidar com a intermitência dessas fontes, o gás natural é visto como um candidato adequado para a geração termelétrica de base, dado que ele polui menos que outras fontes fósseis, como carvão e óleo diesel.

O problema, contudo, é que, mesmo se todos os esforços das Contribuições Nacionais Determinadas (NDC) — que são os compromissos assumidos pelos países para cumprimento do Acordo de Paris² — forem colocadas em prática, o aumento da temperatura global provavelmente ultrapassará 2°C antes do final do século³. Dessa forma, para evitar que isso ocorra, dentre outras medidas, é necessário desde já buscar maneiras de mitigar o impacto dos combustíveis fósseis, como o gás natural, na matriz energética. Esse é o

pensamento na Califórnia: por lá, transição energética significa uma total substituição de fontes fósseis por renováveis — um processo que já vem ocorrendo há alguns anos.

A Califórnia é um estado de vanguarda em muitos aspectos: tecnológico, cultural, social, dentre outros. No setor energético não é diferente. Na década de 1970, o estado foi pioneiro ao estabelecer padrões de eficiência energética que contribuíram para que seu consumo de eletricidade *per capita* permanecesse em um nível estável no período 1973-2006⁴, enquanto que o dos Estados Unidos aumentou 50% no mesmo período — o chamado "Efeito Rosenfeld", que tem esse nome devido a Art Rosenfeld, cientista pioneiro no campo da eficiência energética. Em 1976, Rosenfeld convenceu o então governador da Califórnia, Jerry Brown (que também é governador hoje), que a construção de uma usina nuclear proposta não seria necessária se refrigeradores se tornassem mais eficientes. Como resultado, a planta nuclear não foi construída e padrões de eficiência energética para novos refrigeradores e freezers entraram em vigor. Esses padrões, e tantos outros, continuam em funcionamento até hoje e uma legislação recente (2015) requer que os esforços estaduais em eficiência energética sejam duplicados até 2030.

Figura 1: Comparação do consumo per capita de eletricidade nos EUA e Califórnia⁵.



² Os compromissos assumidos no Acordo de Paris têm como objetivo limitar a elevação da temperatura global a níveis significativamente inferiores a 2°C em relação aos níveis pré-industriais, e empenhar esforços para limitar esse aumento a 1,5°C.

³ "The Emissions Gap Report 2016", United Nations Environment Programme (UNEP), Novembro 2016.

⁴ Ainda hoje, o consumo de energia per capita da Califórnia é o segundo menor dos Estados Unidos (<https://www.eia.gov/state/?sid=CA#tabs-4>).

⁵ Fonte: http://www.energy.ca.gov/commissioners/rosenfeld_docs/rosenfeld_effect/presentations/NRDC.pdf

E quais são as ações em curso para que os ganhos de eficiência energética dupliquem até 2050? Várias novas iniciativas serão anunciadas ou ampliadas para esse fim, mas medidas existentes envolvem padrões de eficiência para eletrodomésticos, aparelhos eletrônicos e edificações (novas e existentes, revisadas a cada três anos) — nenhuma novidade em relação a programas similares existentes em outros lugares do mundo. Acesso a financiamento e outros instrumentos financeiros, contudo, colocam a Califórnia na dianteira na promoção da eficiência energética. Várias instituições, como escolas, universidades e governos locais (cidades, condados e distritos especiais), têm acesso a financiamento a juros reduzidos. Outro exemplo são programas de auditoria energética sem custo para as mesmas instituições com o objetivo de informar aos usuários onde a economia de energia pode ser obtida⁶. Incentivos, *rebates*, auditorias e financiamento também estão disponíveis para consumidores residenciais⁷. Além disso, por meio do *Property Assessed Clean Energy (PACE) Program*, proprietários residenciais podem financiar melhorias de eficiência ou investimentos em "pequenas" energias renováveis (geração distribuída) por meio de "empréstimos" sobre o valor avaliado da propriedade, que são garantidos pelo próprio imóvel e pagos como adição ao imposto de propriedade⁸.

O pioneirismo da Califórnia também se manifesta em medidas para controle da poluição atmosférica. Desde os anos 1960, o estado vem adotando leis com esse objetivo. Foram destaques nos anos 1990 o estabelecimento de *Low e Zero Emission Vehicle Programs*, que visam reduzir as emissões de gases de escape de automóveis e incentivar a produção de veículos que não emitem es-

ses gases — como veículos elétricos⁹. Além disso, a Califórnia é um dos poucos estados americanos a ter um mercado para comércio de emissões de gases de efeito estufa (*cap and trade*). No desenvolvimento de energias renováveis, por meio de *Renewables Portfolio Standard (RPS)*, a Califórnia estabelece metas para que a comercialização de eletricidade no estado seja advinda de fontes renováveis, como energia eólica, solar, biomassa, geotérmica e pequenas centrais hidrelétricas (PCH). Essa meta é de 33% em 2020 e 50% em 2030 (esperando-se que suba para 100% em um futuro próximo).

Esse advento das renováveis traz à discussão o já mencionado desafio de incorporar essas fontes intermitentes à matriz elétrica californiana. Como o estado está agindo para neutralizar a intermitência das gerações eólica e solar? A resposta: com tecnologia e recursos energéticos distribuídos¹⁰.

A geração distribuída, principalmente de fonte solar, vem avançando rapidamente na Califórnia. Como resultado, em muitos meses do ano, como na primavera, quando a insolação solar é alta e o consumo de energia é reduzido devido à pouca necessidade de refrigeração do ar e calefação, tem-se uma sobreoferta de energia ao longo do dia. Esse cenário levanta duas questões: i) muitas vezes, o operador do sistema precisa interromper acesso desses geradores ao grid (*curtailment*) para mitigar riscos de congestão e reduzir impactos sistêmicos na rede; ii) quando o sol para de brilhar, no fim do dia, que coincide com a demanda de pico, a carga californiana apresenta uma rampa muito íngreme, descrita na famosa "Curva do Pato".

⁶ <http://www.energy.ca.gov/efficiency/financing.html>

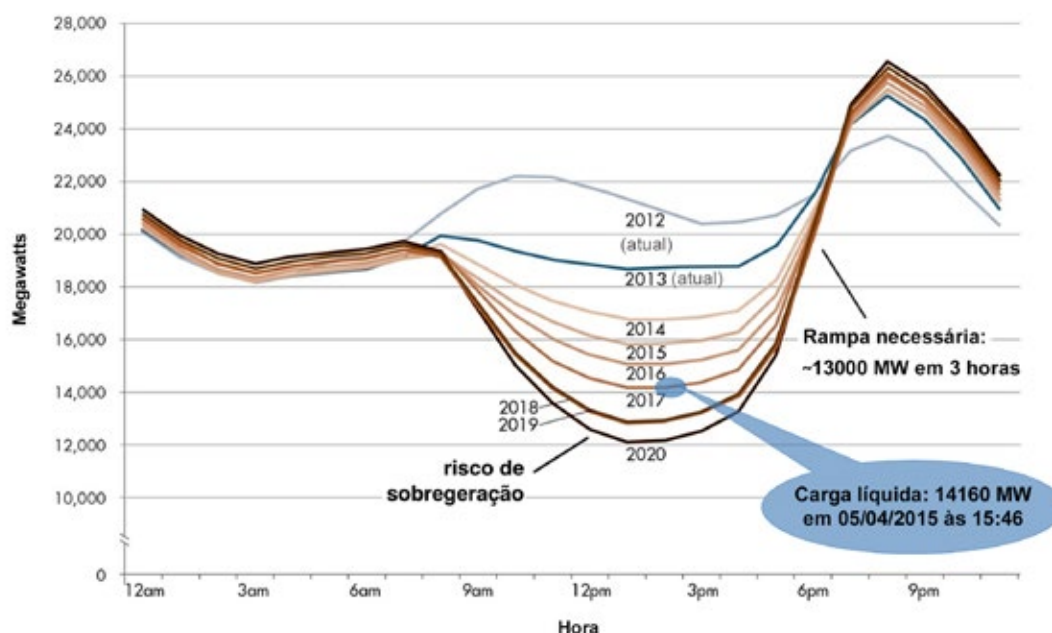
⁷ <https://www.energyupgradeca.org/home-energy-efficiency/>. Em relação àqueles que moram em propriedades alugadas, uma pesquisa recente indicou que essa população também se interessa por melhorias na eficiência energética das suas residências, o que indica um potencial mercado para desenvolvimento de instrumentos financeiros de financiamento de eficiência energética em residências alugadas. Para acesso ao sumário executivo do relatório, vide: <https://smartenergycc.org/wp-content/uploads/2017/11/SECCs-Spotlight-on-Renters-Executive-Summary-11-2-17.pdf>

⁸ <https://energy.gov/eere/slsr/property-assessed-clean-energy-programs>. O empréstimo do PACE fica atrelado à propriedade, passando para o próximo proprietário que adquirir o imóvel. A inadimplência no PACE geralmente resulta nas mesmas repercussões que a falta de pagamento do imposto de propriedade.

⁹ O programa ZEV atribui a cada fabricante de automóveis "créditos ZEV", que representam as vendas de carros elétricos da empresa. Fabricantes de automóveis são então obrigados a manter créditos ZEV iguais a uma porcentagem definida de vendas de modelos não-elétricos. O requisito de crédito é 4,5% das vendas em 2018, aumentando para 22% em 2025. Dentro desses percentuais, vendas de híbridos plug-in (PHEV) não podem ultrapassar 55%. O crédito por veículo varia de acordo com o tipo de transmissão e autonomia elétrica. A partir de 2018, PHEV receberão entre 0,4 e 1,3 créditos por veículo vendido. Veículos 100% elétrico (BEV) e à célula combustível (FCEV) receberão entre 1 e 4 créditos, com base na autonomia. Além disso, fabricantes de automóveis podem comercializar créditos entre eles. Para maiores informações, vide: <http://www.ucsusa.org/clean-vehicles/california-and-western-states/what-is-zev#.WfISxsZOqCQ>

¹⁰ Eles são: eficiência energética, resposta da demanda, geração distribuída e armazenamento de energia. Para uma maior discussão sobre Recursos Energéticos Distribuídos (RED), vide Caderno FGV Energia - Recursos Energéticos Distribuídos.

Figura 2: Curva do Pato em um dia típico de primavera na Califórnia¹¹.



Esse cenário é visto com preocupação em diversos lugares. Na Califórnia, ele é visto como uma oportunidade. E também como um desperdício. Com o auxílio de redes inteligentes e armazenamento de energia — incluindo baterias de carros elétricos — a sobreoferta de energia solar gerada ao longo do dia seria armazenada para utilização no momento da rampa. Resposta da demanda também seria um recurso a ser utilizado, que sinalizaria ao *prosumer*¹² quando armazenar ou consumir a energia gerada pela sua geração distribuída (ou quando carregar ou armazenar energia da rede na bateria do seu carro elétrico, por exemplo). Diversas leis já estão sendo implementadas para incentivar o armazenamento de energia no estado¹³.

Em relação a custos, muitas dessas novas tecnologias, como geração solar e eólica, já vêm apresentando valores competitivos. O preço das baterias, tanto para armazenamento doméstico quanto para veículos elétricos, também vem caindo rapidamente nos últimos anos¹⁴. Quanto mais escala essas novas tecnologias alcançarem, maior será a

queda dos custos associados a elas. Além disso, acesso ao Vale do Silício e a universidades de ponta na área tecnológica é mais um diferencial californiano que contribui para a disseminação das tecnologias necessárias para descarbonização completa da sua economia.

Entretanto, embora as perspectivas para o futuro sejam promissoras, a Califórnia ainda tem um longo caminho a percorrer. O estado neste momento não é auto-suficiente na produção de energia elétrica — em 2016, foi necessário importar 32% da eletricidade necessária para atender sua demanda (Tabela 1). Da análise da Tabela 1, também se conclui que o gás natural ainda representa uma grande parcela da matriz elétrica do estado. Além disso, excluindo as áreas *offshore* federais, a Califórnia foi o terceiro maior produtor de petróleo dentre os 50 estados americanos em 2016, depois do Texas e Dakota do Norte e, em janeiro de 2017, o terceiro na capacidade de refino de petróleo, com uma capacidade combinada de quase 2 milhões de barris por dia anuais nas 18 refinarias operacionais do estado¹⁵.

¹¹ Fonte: http://www.caiso.com/Documents/Briefing_DuckCurve_CurrentSystemConditions-ISOPresentation-July2015.pdf

¹² Aquela pessoa que, além de consumir energia da rede, a produz por geração distribuída.

¹³ Pela lei AB 2514, de 2013, as distribuidoras estaduais são obrigadas a adquirir 1.325 MW de armazenamento, divididos entre as três *Investor Owned Utilities* (IOU) do estado — *Pacific Gas & Electric*, *San Diego Gas & Electric* e *Southern California Edison*. Outra legislação de 2016 também requer que as *utilities* adquiram mais 500MW de armazenamento distribuído.

¹⁴ Vide Caderno FGV Energia - Carros Elétricos.

¹⁵ <https://www.eia.gov/state/?sid=CA#tabs-4>

Tabela 1: Geração elétrica total do sistema Californiano em Gigawatt Horas¹⁶.

Tipo de combustível	Geração própria (GWh)	Geração própria (%)	Importação da região Noroeste EUA (GWh)	Importação da região Sudoeste EUA (GWh)	Importação total (GWh)	Participação importação na Fonte de geração	Participação importação na Matriz Elétrica	Matriz Elétrica Califórnia (GWh)	Matriz Elétrica Califórnia (%)
Carvão	324	0.16%	373	11,310	11,683	97.30%	4.02%	12,007	4.13%
Grandes hidrelétricas	24,410	12.31%	3,367	1,904	5,271	17.76%	1.81%	29,681	10.21%
Gás Natural	98,831	49.86%	41	7,120	7,161	6.76%	2.46%	105,992	36.48%
Nuclear	18,931	9.55%	0	7,739	7,739	29.02%	2.66%	26,670	9.18%
Petróleo	37	0.02%	0	0	0	0.00%	0.00%	37	0.01%
Outros (Coque de petróleo/perdas de calor)	394	0.20%	0	0	0	0.00%	0.00%	394	0.14%
Renováveis	55,300	27.90%	11,710	6,952	18,662	25.23%	6.42%	73,962	25.45%
Biomassa	5,868	2.96%	659	25	684	10.44%	0.24%	6,552	2.25%
Geotermal	11,582	5.84%	96	1,038	1,134	8.92%	0.39%	12,716	4.38%
PCH	4,567	2.30%	229	1	230	4.79%	0.08%	4,797	1.65%
Solar	19,783	9.98%	0	3,791	16,082	3,791	1.30%	23,574	8.11%
Eólica	13,500	6.81%	10,725	2,097	12,822	48.71%	4.41%	26,322	9.06%
Fontes não-especificadas	N/A	-	26,888	14,937	41,825	100.00%	14.39%	41,825	14.39%
TOTAL	198,227	100.00%	42,378	49,963	92,341	-	31.78%	290,568	100.00%

Como o governador Jerry Brown falou recentemente, quando foi anunciado que a Califórnia alcançará a meta de produção de 50% da sua eletricidade por fontes renováveis uma década antes do previsto, o maior desafio será descarbonizar os 50% finais. Parte desse desafio virá da necessidade de balancear o *grid* usando novas tecnologias de forma que se evite a utilização de plantas de resposta rápida, alimentadas com combustível fóssil, para atender à demanda de ponta¹⁷. Ademais, descarbonizar completamente a economia da Califórnia requererá um esforço muito maior que até então, e não apenas no setor elétrico: transportes, indústria e todos os outros setores da economia terão que passar a consumir energia renovável em larga escala.

Mas os californianos acreditam que eles serão capazes de realizar essa descarbonização, não apenas no setor elétrico, mas no energético como um todo. Para tanto, sua transição energética vai acontecer por meio da promoção de "3Ds": descarbonização, descentralização e digitalização. As metas energéticas estaduais têm como principal objetivo reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa¹⁸ — o primeiro "D": descarbonização. Para tanto, os outros dois "D", descentralização e digitalização, serão imprescindíveis. A descentralização será promovida com a crescente utilização de microgrids, geração distribuída e demais recursos energéticos distribuídos, levando a uma maior participação do consumidor na geração e gerenciamento da

¹⁶ Fonte: http://www.energy.ca.gov/almanac/electricity_data/total_system_power.html. A geração elétrica total do sistema é definida como a energia anual fornecida pelas geradoras de eletricidade, incluindo a oferta de geração distribuída, para atender a demanda anual.

¹⁷ <https://cleantechnica.com/2017/12/21/california-poised-hit-50-renewable-target-full-decade-ahead-schedule/>

¹⁸ California Public Utilities Commission, "California's Energy Policy". San Francisco, CA. September 29th, 2017.

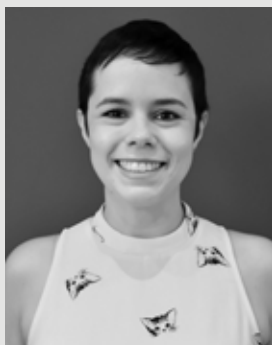
demanda de eletricidade. A digitalização permitirá a utilização de todo o potencial das renováveis e dos recursos distribuídos existentes no estado em todos os setores da economia. Além disso, o advento da internet das coisas e outras tecnologias contribuirão para que o grid californiano se torne cada vez mais confiável, sustentável e emissor-zero de gases de efeito es-

tufa. A adoção de veículos elétricos descarbonizará o setor de transportes, além de trazer a possibilidade de utilização das baterias em sistemas *vehicle to grid*.

Transicionar para uma matriz energética zero em carbono faz parte do planejamento energético futuro em diversos lugares. Na Califórnia, contudo, o futuro é hoje.

Agradecimentos Especiais

As autoras agradecem sobremaneira ao **Departamento de Estado Norte-Americano** (*US Department of State*) e à **Embaixada dos Estados Unidos** (*US Embassy*) no Brasil pelo convite para a **FGV Energia** participar do programa *International Visitor Leadership Program – Energy Security in the United States: A Project for Brazil*, de outubro de 2016, sobre segurança energética.



Tatiana Bruce da Silva. Mestre em Administração Pública, com especialização em crescimento e desenvolvimento econômico, pela Universidade da Pensilvânia e Economista pela UFPE. Tem experiência com coordenação de projetos e como analista de dados estatísticos, tendo atuado em vários centros da Universidade da Pensilvânia, como a Perelman School of Medicine, a Wharton Business School e o Annenberg Public Policy Center. Além disso, tem experiência com planejamento estratégico, gestão orientada para resultados e formulação de parcerias público-privadas e consórcios públicos. Suas áreas de pesquisa na FGV Energia englobam: recursos energéticos distribuídos e sua inserção na matriz elétrica brasileira, veículos elétricos, transição energética e integração energética.



Fernanda Delgado. Pesquisadora na FGV Energia. Doutora em Planejamento Energético (engenharia), dois livros publicados sobre Petropolítica e professora afiliada à Escola de Guerra Naval, no Mestrado de Oficiais da Marinha do Brasil. Experiência profissional em empresas relevantes, no Brasil e no exterior, como Petrobras, Deloitte, Vale SA, Vale Óleo e Gás, Universidade Gama Filho e Agência Marítima Dickinson. Experiente na concepção e construção de planos de negócios para empresas de óleo e gás, estudos de viabilidade financeira de projetos e avaliação de empresas. Longa experiência em planejamento estratégico, fusões e aquisições, análise de negócios, avaliação econômico-financeira e inteligência competitiva.

Veja a publicação completa no nosso site: fgvenergia.fgv.br

Este texto é de inteira responsabilidade do autor e não reflete necessariamente a linha programática e ideológica da FGV.



fgv.br/energia

