

PRODUÇÃO, DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E AS TEORIAS ECONÔMICAS

Renato Rocha Lieber (unesp)
lieber@feg.unesp.br



Sustentabilidade vem se tornando um termo de uso corrente na gestão de empreendimentos produtivos. Todavia, na falta de conceitos claros, os pressupostos da sustentabilidade raramente são confrontados com as condições de possibilidade da produção. Diferentes perspectivas de abordagem vêm mostrando que o exame das relações econômicas é essencial para melhorar o entendimento. O objetivo deste trabalho foi examinar 3 teorias econômicas (neoclássica, ecológica e a proposição de Solow) que tratam da sustentabilidade. A abordagem neoclássica pressupõe relações perfeitas de mercado e se mostra pouco adequada, ao não fazer distinção entre o ambiente e os demais insumos no sistema econômico. A teoria ecológica rejeita a lógica clássica de equilíbrios e propõe o entendimento a partir da adição de ciclos produtivos. Enquanto que para Solow a sustentabilidade deve ser entendida enquanto um legado de opções, fato que não exclui o esgotamento de um recurso natural. Conclui-se que (a) todos os entendimentos pressupõem a necessidade de intervenção do Estado, (b) levam em conta o crescimento da entropia e (c) que a forma de produção brasileira, explorando recursos não renováveis, carece de sustentabilidade, ao deixar de criar alternativas econômicas.

Palavras-chaves: sustentabilidade, ambiente, economia

1. Introdução

Sustentabilidade vem se tornando um termo de uso genérico e irrestrito. “Preservar a sustentabilidade”, ainda que pouco entendimento possa se ter sobre todas as complexas implicações desse propósito, dá à ação o argumento da viabilidade intrínseca, a garantia da correção dos propósitos e a certeza de se poder superar qualquer colocação em contrário. Significados incontroversos aproximam-se perigosamente da condição indubitável, próprio das ideologias e dos discursos de convencimento. E, como lembrou Berlin (2005), a história das idéias deixou tristes testemunhos, porque, para justificação das ideologias, nenhum sofrimento humano foi suficiente o bastante.

Conceituar adequadamente “sustentabilidade” tem sido um desafio imposto em diferentes disciplinas. Biólogos, sociólogos, antropólogos, economistas e mesmo lingüistas, entre outros, vêm promovendo debates em diferentes condições, tanto em termos intradisciplinar como interdisciplinar. A questão se agrava quando a sustentabilidade se define enquanto uma condição, como “desenvolvimento sustentável”, sem qualificar-se enquanto objeto. O argumento refere-se ao desenvolvimento econômico? Biológico? Social? Político? Ou cultural? (OSÓRIO *et al.* 2005). Menos polêmico, e também bem menos resolutivo, é referir-se a tudo de uma maneira genérica. Esta estratégia, adotada pelos órgãos supranacionais, acabou resultando em múltiplas interpretações para a sua factibilidade e abriu espaço para contradições. Quando se adota que o desenvolvimento sustentável é ação em que “*qualquer um deve satisfazer as suas necessidades do presente sem comprometer as futuras gerações*” (WCED 1987), sob a premissa da UNESCO, lembrada por Solow (1993), na qual “*todas as gerações devem deixar os recursos naturais como água, solo e ar tão puro e impoluto como se encontra na terra*”, se está diante de condições que, rigorosamente, jamais foram encontradas na natureza e sem qualquer paralelo na história da humanidade. Trata-se, portanto, de um extenso desafio a todas as disciplinas.

Ao mesmo tempo, tem havido consenso que limitar a noção de sustentabilidade aos aspectos de equilíbrio ecológico no meio físico restringe as possibilidades de entendimento. O fato é que as atividades sociais, políticas, culturais e humanas de uma forma geral dependem de relações econômicas, cuja perspectiva não pode ser ignorada. Embora possam se realizar em diferentes níveis, relações econômicas são, em última análise, transformações dos recursos naturais em bens e serviços que possibilitam a existência humana por meio do trabalho, caracterizando a produção.

1.1 Objetivos

O propósito desse trabalho é (i) apresentar as possibilidades de entendimento da sustentabilidade sob enfoque do conjunto da teoria econômica; (ii) inferir proposições gerais de sustentabilidade para alguns problemas específicos brasileiros com base nesse mesmo enfoque, expondo a incerteza inerente nos prognósticos.

1.2 Metodologia

Foram escolhidas três abordagens distintas com destaque específico na teoria econômica para exame da sustentabilidade: no caso, a interpretação neoclássica, proposta pioneira do Banco Mundial; a economia ecológica, marco atual de análise; e o entendimento original de Robert M. Solow, prêmio Nobel de economia e referência em economia do desenvolvimento. O

exame de alguns obstáculos naturais à sustentabilidade precede a exposição, de forma a melhor justificar a busca de alternativas nas teorias examinadas.

2. Resultados e Discussão

Embora alguns rejeitem teorias econômicas para se entender “sustentabilidade” ou “desenvolvimento sustentável”, principalmente por decorrência do entendimento do que possa ser “riqueza econômica”, os economistas, pelo contrário, mantêm esses temas como objeto de estudo. Diferentes abordagens teóricas vêm se prestando para diferentes interpretações analíticas da realidade e, por conseguinte, proporcionam também diferentes proposições para se alcançar o ideal econômico, cuja qualificação nem sempre é resultado de consenso. Como ponto de partida, nenhuma teoria econômica pode deixar de considerar as condições de disponibilidade dos diferentes recursos de produção e como a matéria e a energia atendem aos ciclos econômicos e naturais.

2.1 O obstáculo decorrente das ciências naturais

Ainda que a física quântica tenha revolucionado a forma de se entender o mundo físico, mostrando a física clássica como um caso particular de interpretação da natureza, as relações entre massas e energia estabelecidas nos séculos XVIII e XIX continuam ainda válidas nos dois casos. Tanto as relações no universo como a transformação de gasolina em movimento no automóvel estão sujeitas às mesmas leis da termodinâmica.

A primeira lei da termodinâmica estabelece o princípio da conservação da energia. Assim como não se ganha nem se perde matéria. A energia só pode ser transformada de uma forma para outra em termos equivalentes, como trabalho e calor e vice-versa. Como rigorosamente não se cria energia, pode-se contar apenas com a energia remanescente do universo. Na terra, parte dessa energia vem do sol e parte decorre do calor que restou durante a formação do planeta. Processos químicos e físico-químicos alocam uma fração dessa energia, organizam e desorganizam a matéria, possibilitando a vida. Produzir trabalho pressupõe, portanto, interferir em algum dos processos pré-existentes, raptando a energia utilizada ou armazenada por eles. Tendo isso em mente, Huessemann (2003) argumenta que, sob o pressuposto da sustentabilidade, a única forma de energia que se poderia contar é a solar que, a rigor, se presta a manutenção dos processos já existentes, tanto bióticos como abióticos. De forma que, qualquer apropriação de uma parte notável dessa energia implicará na depleção de parte dela disponibilizada aos processos. Em termos práticos, cobrir em larga escala um deserto com painéis solares ou uma extensão de terra com biomassa conversível em energia constituem interferências em processos estabelecidos. As conseqüências decorrentes da construção e operação de barragens têm mostrado em pequena escala o nível de comprometimento desse gênero de apropriação de energia. O autor conclui que a obtenção de energia não pode ser entendida como um processo rigorosamente sustentável. É fato, todavia, que há também uma fração de energia restituída ao espaço, assim como outra fonte primária importante, como a energia geotérmica. A exploração desta, embora aparentemente promissora, também tem mostrado limitações. Nos EUA, a operação não vem alcançando o sucesso esperado em longo prazo, mostrando que o conhecimento é insuficiente para se prever os micro-abalos sísmicos e manter a produtividade nessas operações (Huang & Liu 2010).

A segunda lei da termodinâmica diz respeito à espontaneidade dos processos. Não é possível transferir energia de um corpo frio para um corpo quente sem interferência externa. Em

condições espontâneas, se dá o inverso. Quando um corpo quente está em contato com um corpo frio num espaço fechado, com o transcurso do tempo as temperaturas se tornarão iguais. Os físicos entendem que, nessa condição de equilíbrio, houve uma redução do ordenamento (frio de um lado, quente de outro) e denominam esse processo de desordenamento de “aumento da entropia”. Muito embora os processos bióticos reduzam a entropia, organizando a matéria, isto se dá graças ao uso da energia, dissipada por outros processos intermediários onde a entropia está em crescimento. Em outros termos, o equilíbrio espontâneo se dá aumentando a “desordem”. Para percorrer o caminho inverso, ou “organizar” algum processo, é necessário que algum outro processo se desorganize, produzindo a energia necessária para organizar aquele primeiro, conservando a energia (conforme a primeira lei). Em termos globais, a energia se conserva, mas em termos particulares, parte dela é irremediavelmente perdida na forma de calor, reduzindo a eficiência nas transferências havidas. Como a maior parte dos processos é irreversível, a entropia vai aumentando cada vez mais. Em termos cosmológicos, entende-se então que a entropia do universo cresce continuamente.

Em síntese, as intervenções, transformações, mudanças ou alocações que se possa fazer na natureza demandam necessariamente energia, resultam em formas menos organizadas e que não podem ser revertidas espontaneamente. Em termos práticos, um procedimento de reciclagem, quando possível, demanda diferentes níveis de energia (ou custos) nas suas diferentes etapas de processamento. De forma que é concebível converter vidro usado em garrafas adicionando-se energia, mas não se concebe convertê-lo novamente em sílica cristalina, barrilha, calcário e seus outros componentes primitivos, pois são estados de baixa entropia (alto ordenamento). Em outras palavras, sistemas amplos não podem ser concebidos como sustentáveis, pois estão sempre sendo “sustentados” por alguma forma de energia e matéria pré-existente, ambas em declínio por decorrência do aumento da entropia (segunda lei). Foram os processos geofísicos precedentes que disponibilizaram a matéria na terra e são os processos de transformação subseqüentes que vão desorganizá-la cada vez mais.

Alguns recursos naturais se apresentam em processos altamente reversíveis, como o ciclo do carbono, e são tidos como renováveis. Outros recursos, naturais e sintéticos, têm graus variados de reversibilidade. Quanto maior a taxa de reversibilidade possível, mais viável é a reciclagem sob um dado padrão de custo. A tabela 1 pondera o grau de renovação de diferentes recursos em função da reciclagem, combinando possibilidades de reversibilidade e viabilidade econômica do processo.

| <i>Classe de Renovação</i> | <i>Reciclagem</i> | | <i>Exemplo</i> |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|---|
| | Tecnicamente Possível | Economicamente Viável | |
| I | Sim | Sim | Maioria dos metais e elementos catalíticos |
| II | Sim | Não | Embalagens, elementos refrigerantes, solventes etc |
| III | Não | Não | Revestimentos, pigmentos, pesticidas, herbicidas, germicidas, conservantes, floculantes, anticongelantes, explosivos, |

propelentes, retardantes de chama, reagentes, detergentes, fertilizantes, combustíveis, lubrificantes etc

Fonte: Ayres 1994 e adaptado de Huesemann (2003).

Tabela 1: Classe de renovação de recursos naturais e sintéticos de acordo com as possibilidades de reciclagem.

A viabilidade econômica de um processo decorre, evidentemente, de diversos fatores, mas dirigir o fluxo de energia entre processos é crucial. A partir da última década, estudos têm buscado melhorar o entendimento da sustentabilidade a partir do conceito de *exergia*, ou trabalho máximo que se pode transferir quando um sistema interage até equilibrar-se. Ecologistas, engenheiros e economistas, entendendo que a energia não pode ser inteiramente transformada (conforme a segunda lei da termodinâmica), buscam maneiras de entender em que condições os processos naturais e sintéticos maximizam a exergia, ao minimizar perdas e irreversibilidades (Rosen & Dincer 2001 ; Wall & Gong 2001). Dessa maneira, tem ficado mais claro o papel da complexidade. Interações simples, como produzir um produto a partir de reagentes, são dispendiosas sob o ponto de vista energético. Interações complexas, envolvendo múltiplas reações bioquímicas simultâneas em vários ciclos, como nos seres vivos, são mais eficientes, pois maximizam o uso da energia residual que se dissipa em cada ciclo. Todavia, ainda que o conhecimento científico possa se aproximar desse processo evolutivo datado de bilhões de anos, a energia não poderá ser recuperada de forma absoluta em nenhuma intervenção antrópica. Resta, portanto, a necessidade de se examinar a sustentabilidade dos processos produtivos sob outras perspectivas.

2.2 Abordagem na teoria econômica neoclássica

A “sustentabilidade”, “desenvolvimento sustentável” ou, ainda, “crescimento sustentável” foi objeto de análise pelo Banco Mundial no início da década de 90. Numa abordagem neoclássica, Pezzey (1992) se depara com dificuldades conceituais, uma vez que idéias centrais no pensamento econômico, como “estoque de capital”, podem ou não distinguir os recursos naturais, foco da sustentabilidade. De qualquer forma, o autor entende que as forças de livre mercado por si mesmas não são capazes de proporcionar sustentabilidade. A análise dos seus modelos, declaradamente imperfeitos, busca então entender como as intervenções políticas podem favorecer ou dificultar a sustentabilidade. Se os recursos não renováveis são essenciais aos processos produtivos, é seu entendimento que técnicas inadequadas e o livre acesso aos mesmos são as condições-chave para a insustentabilidade. Nesse caso, a intervenção do Estado é essencial, muito embora a promoção da sustentabilidade pela redução da depleção de recursos naturais possa inicialmente baixar o consumo e a utilidade (ou satisfação relativa). Sacrifícios iniciais são necessários e as políticas tradicionais, como taxaço de poluidores, costumam ser insuficientes. As formas de controle devem incluir o estabelecimento de direitos de propriedade aos recursos naturais. Detendo esses direitos, os pobres podem reduzir a pobreza e melhorar o ambiente. Agregando-se restrições ao seu uso, o preço dos recursos sobe e estimula-se a preservação, traduzindo a responsabilidade entre as gerações.

A abordagem neoclássica ancora-se em relações perfeitas e, conseqüentemente, promove interpretação pouco realista. Restrições de uso elevam o valor relativo por unidade de

trabalho, atraindo a exploração predatória e, freqüentemente, usurpando direitos dos menos favorecidos. A maior crítica ao enfoque neoclássico, contudo, é tratar os recursos ambientais, finitos por princípio, da mesma forma que os demais insumos que entram no sistema econômico.

2.3 Abordagem na teoria economia ecológica

Em contrapartida, a economia ecológica Daly (2006) pressupõe o “capital natural”, ou um conjunto de recursos que não podem ser substituídos, gerando um entendimento diferente de sustentabilidade. A economia neoclássica pressupõe que a “utilidade”, ou satisfação relativa, deve ser sustentável. Isto quer dizer que a satisfação auferida pelo consumidor, decorrente do processo econômico, deve ser não-declinante ao longo das gerações. Recursos naturais seriam permutáveis em busca desse propósito. Querosene substituiu o óleo de baleia como recurso de iluminação e a utilidade elevou-se. Por outro lado, a economia ecológica destaca não a utilidade, mas o “ciclo de produção” (*throughput*), como aspecto a ser mantido por um sistema sustentável. O sistema econômico apresenta-se sustentável se a capacidade de receber os diferentes fluxos de demanda de matéria e energia no sistema natural se apresentarem como não-declínantes.

Em outros termos, a economia ecológica reconhece o papel da entropia crescente dentro de sistemas, onde a energia não pode ser reciclada e a matéria se sujeita apenas em parte nesse fim. Se o fluxo de entropia (ou desordenamento) entre os ciclos de exploração dos recursos não for declínante, o capital natural se preserva. Por capital natural entende-se a capacidade de promover tanto os fluxos de recursos naturais como de atender as demandas de recepção dos dejetos. Se o capital natural for inteiramente preservado, entende-se que há “sustentabilidade forte”, em distinção à “sustentabilidade fraca”, onde se mantém constante a soma do capital natural e o produzido pelo homem (DALY 2006).

Com base nos princípios da economia ecológica, Daly (2006) vai mostrar contradições no pressuposto da sustentabilidade. Uma lógica de equilíbrio, em semelhança ao aparelho circulatório, domina a explicação clássica de processos econômicos, em contraposição a uma lógica de ciclos necessários para reduzir a entropia. De forma análoga a um sistema digestivo, o processo econômico se encontra na verdade preso do início ao fim ao meio ambiente. Como seres vivos, também as coisas, ou objetos da vida econômica, são mantidas contra as forças de entropia as custas dos recursos naturais, dos quais muitos não podem ser renovados. Por isso, sustentabilidade não pode ser entendida como algo “para sempre”, o próprio universo não é para sempre. Sustentabilidade refere-se antes de tudo a um caminho voltado à postergabilidade e à justiça. O crescimento envolve a adição de ciclos de produção, mas o ciclo de produção tem um custo, pois há limites ecológicos. E quando os custos são mais elevados que os benefícios, o crescimento é perdulário (*uneconomic*). Como os sistemas de elevada entropia resistem à adição de valor, o crescimento antieconômico dos países ricos força inexoravelmente os países pobres ao resultado econômico, ao fazer uso extensivo de recursos de baixa entropia, como os recursos naturais.

2.4 Proposição na teoria econômica por Solow

Numa conferência em 1991, Solow analisou a coerência econômica da proposta da sustentabilidade. Diante da vagueza do termo, sua primeira dedução foi àquela relativa às obrigações com o futuro. Todavia, para ele, ninguém pode ser obrigado a algo naturalmente impossível, no sentido de se deixar o ambiente absolutamente intacto durante a vida. Além disso, seria questionável impor a qualquer habitante atual nas Américas, por exemplo, viver

exatamente como viviam os antigos selvagens nessa parte do planeta. Mas cabe a cada um conduzir a sua vida de forma que no futuro haja capacidade de se estar tão bem como se está hoje. O desafio é conceber as expectativas e possibilidades que estarão presentes no futuro distante. Um homem, vivendo há cem anos atrás, por exemplo, não poderia conceber as demandas, os problemas e as oportunidades desfrutadas no século XXI. É fato, porém, que gerações passadas deixaram um legado em termos de ambiente não apenas natural, mas também um ambiente construído, além de conhecimento, cabendo a todos aumentar esse legado, sem restringir as possibilidades do futuro.

Também para ele, o governo tem papel regulador preponderante, uma vez que o mercado não é capaz de representar adequadamente os interesses do futuro distante. Apesar do mercado raciocinar em termos de poupança e investimento, sua preferência é transferir encargos ao ambiente ou ao futuro.

Por outro lado, garantir a capacidade do futuro não implica em se deixar de usar um recurso ambiental no presente. O compromisso com o futuro se traduz em explorar o recurso de tal forma que o legado dessa exploração gere um valor para a posteridade. No seu entender, esse legado não precisa ser necessariamente material, nem se exclui o esgotamento do próprio recurso. Como exemplo, ele cita a exploração do petróleo no mar do norte. Enquanto a Noruega decidiu poupar os recursos gerados para aprimorar ou gerar novos conhecimentos, de forma a habilitar a população em alternativas econômicas no futuro, a Inglaterra, sob a administração Thatcher (1979-1990), preferiu elevar o padrão de vida inglês, valorizando a moeda. Como nos países pobres a alternativa econômica do futuro é a força de trabalho dos próprios filhos, a pressão demográfica permanente eleva ainda mais o consumo, reduzindo a capacidade de poupança e investimento. Sustentabilidade não seria uma coisa que possa ser medida ou avaliada. Trata-se de uma diretriz política voltada ao investimento, conservação e uso de recursos (SOLOW 1993).

As implicações para as opções econômicas brasileiras são claras. Recursos naturais, renováveis e não renováveis vêm sendo historicamente explorados no país sem preocupação com legado econômico. Explorações de commodities, destinadas ao mercado externo, exauram as reservas, comprometem outros recursos naturais e prestam-se exclusivamente à elevação do consumo interno, graças às relações de câmbio. Em casos como a exploração de petróleo, a monetarização do recurso natural por meio de royalties não tem proporcionado retorno sócio-econômico, nem mesmo para a situação presente das populações diretamente envolvidas (POSTALI & NISHIJIMA 2011). O investimento para opções econômicas em educação ou desenvolvimento tecnológico pós-petróleo é praticamente inexistente, concentrando-se em grande escala nas necessidades relativas à atividade exploratória em si (PETROBRAS 2011). Em termos semelhantes podem ser entendidas as explorações de aquíferos no sudeste, como o aquífero Guarani pela agroindústria e o aquífero Karst, em vias de comprometimento no oeste paranaense (FRITZSONS & MANTOVANI 2011).

3. Conclusões

- As três perspectivas apresentadas, embora distintas em pressupostos, pactuam o mesmo entendimento da necessidade da ação do Estado, visto a falta de instrumentos adequados na relação de mercados. Mesmo a teoria neoclássica entende que a simples taxação de poluidores é insuficiente.

- A economia ecológica e o entendimento de Solow destacam a condição do inevitável crescimento da entropia, aspecto pouco considerado de uma forma geral. A noção de equilíbrio é uma forma muito limitada para se entender as condições da vida. Transformações são necessárias em todos os níveis e só a adição de energia pode reverter alguns processos, mas não todos. Por consequência, os mesmos destacam a importância de se considerar ciclos de produção e noção de sustentabilidade como uma diretriz. Mais especificamente, a questão passa a ser: Quais são as alternativas econômicas que estão sendo construídas pela exploração de recursos não renováveis, de forma a se manter a economia quando o mesmo estiver esgotado? Qual a relação de incerteza relativa às necessidades futuras? A precaução impõe-se, portanto, como uma necessidade diante dos riscos.
- Sob o ponto de vista das teorias apresentadas, é questionável a condição de sustentabilidade na exploração de alguns dos principais recursos naturais no país, base da atual economia exportadora. A prática corrente em compensações ambientais nos processos produtivos pode estar obliterando outras reais necessidades futuras.

Referências bibliográficas

- BERLIN I. Meu caminho intelectual. In: Hardy H, organizador. *A força das idéias*. Trad. R. Eichenberg. São Paulo: Cia das Letras; 2005. p 17-46.
- DALY HE. Sustainable development: definitions, principles, policies. In: KEINER M. *The Future of Sustainability*. Dordrecht: Springer Netherlands; 2006. p.39-54.
- FRITZSONS E & MANTOVANI LE Groundwater nitrogen pollution by conventional horticultural production in karst areas of the state of Paraná, Brazil. In: In: BIBLIO, C.; HENSEL, O.; SELBACH, J. F. (Org.). *Sustainable water management in the tropics and subtropics - and case studies in Brazil*. Jaguarão: Unipampa, 2011. v. 1, p. 409-422. [acesso em 03 ago 2011] Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/897521>
- OSÓRIO LAR, LOBATO MO, DEL CASTILLO XA. Debates on sustainable development: towards a holistic view of reality. *Environment, Development and Sustainability*. v.7, p.501-18, 2005.
- PETROBRÁS Atuação no pré-sal. [acesso em 03 ago 2011] Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/petroleo/presal>
- PEZZEY J. Sustainable development concepts. An economic analysis. World Bank Environment Paper Number 2. Report No.:11425; 1992. [acesso em 03 ago 2011]. Disponível em: http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/1999/10/21/000178830_98101911160728/Rendered/PDF/multi_page.pdf
- POSTALI, FAS. & NISHIJIMA M. The petroleum royalties in Brazil and their social impacts in the 1990s. *Estudos Econômicos*, v. 41, n. 2, p. 463-85, 2011.
- SOLOW RM. Sustainability: an economist's perspective. In: DORFMAN R, DORFMAN N. editores. *Economics of the Environment: Selected Readings*. New York: W.W. Norton & Company; 1993. pp. 179-87.
- WCED (World Commission on Environment and Development) Our Common Future. Oxford (UK): Oxford University Press; 1987. [acesso em 03 ago 2011]. Disponível em: <http://www.princeton.edu/~ota/disk1/1993/9340/934004.PDF>
- HUESEMANN MH. The limits of technological solutions to sustainable development. *Clean Techn Environ Policy*. 2003;5:21-34.
- ROSEN MA, DINCER I. Exergy as the confluence of energy, environment and sustainable development. *Exergy, An International Journal*. 2001;1:3-13.

WALL G, GONG M. On exergy and sustainable development—Part 1: Conditions and concepts. Exergy, An International Journal. 2001;1:128-145.

PEZZEY J. Sustainable development concepts. An economic analysis. World Bank Environment Paper Number 2. Report No.:11425; 1992. [acesso em 03 ago 2011]. Disponível em: http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/1999/10/21/000178830_98101911160728/Rendered/PDF/multi_page.pdf

HUANG S, LIU J. Geothermal energy stuck between a rock and a hot place. Nature. 2010; 463:293.