

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



PROPOSTA METODOLÓGICA DE UM SISTEMA DE AVALIAÇÃO DO USO E EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR UTILIZANDO A ABORDAGEM DE *LANDSCAPE DESIGN*

Cauã Guilherme Miranda^{1,2}, Michelle Cristina Araujo Picoli¹, Núria Aparecida Miatto Rampazo¹, Archimedes Perez Filho², Katia Regina Evaristo de Jesus³

¹ Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol – CTBE/CNPEM – Rua Giuseppe Máximo Scolfaro, 10.000 - Polo II de Alta Tecnologia - 13083-970 - Campinas - SP, Brasil

² Instituto de Geociências - Universidade Estadual de Campinas – IG/UNICAMP – Rua João Pandiá Calógeras, 51 - 13083-870 - Campinas - SP, Brasil

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Meio Ambiente/CNPMA – Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho - 13820-000 - Jaguariúna - SP, Brasil
(caua.miranda@yahoo.com.br)

Resumo

Com a crescente demanda e conseqüente expansão da produção de etanol, é inquestionável a necessidade de avaliar os impactos da produção de cana-de-açúcar sobre a sociedade e o meio ambiente. O conceito de *Landscape Design* visa a análise sustentável da paisagem levando em consideração aspectos ambientais e socioeconômicos envolvidos na paisagem e sua influência nesta; são planos para alocação de recursos que podem sugerir um caminho para a gestão mais sustentável da produção do etanol. Foram analisados vários artigos derivados deste conceito para verificar quais metodologias já haviam sido aplicadas com sucesso e, avaliado os prós e contras. Sendo assim, este trabalho propõe o uso de sistema de informação geográfica (SIG) e o método estatístico de análise de componentes principais (ACP), que faz uma correlação automática dos índices pré-selecionados e indica quais destes devem ser alocados em conjunto, gerando assim diversas componentes. A vantagem deste método é o fato de gerar mais de um mapa final, ou seja, são gerados componentes onde dentro delas só há dados correlacionados. Os mapas finais baseados na ACP devem ser considerados como um ponto de partida para políticas públicas. No entanto, há desafios, como a escolha inicial dos indicadores e na escala espacial desses dados.

Palavras-chave: Landscape design, Sistema de informação geográfica (SIG), Análise de componentes principais (ACP).

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



Abstract

With the increasing demand and consequent expansion of ethanol production, there is an unquestionable need to assess the sugarcane production impacts on society and the environment. The concept of Landscape Design aims at sustainable landscape analysis taking into account environmental and socioeconomic aspects involved in landscape and its influence on this; are plans for resource allocation that may suggest a path to more sustainable management of ethanol production. Various articles about this concept were analyzed to see which methods have already been successfully implemented and assessed the pros and cons. Thus, this work proposes the use of geographic information system (GIS) and the statistical method of principal component analysis (PCA), which is an automatic correlation of pre-selected indexes and indicates which of these should be allocated together, generating thus various components. The advantage of this method is the fact that generate more than one final map, i.e., are generated components within there are only correlated data. The ACP-based final maps should be considered as a starting point for public policy. However, there are challenges, as the initial choice of indicators and spatial scale of such data.

Keywords: Landscape design, Geographic information system (GIS), Principal component analysis (PCA).

1. INTRODUÇÃO

Devido à crescente demanda e consequente expansão da produção de etanol, é inquestionável a necessidade de avaliar os impactos da produção de cana-de-açúcar sobre a sociedade e o meio ambiente. Neste sentido, vários pesquisadores do mundo têm trabalhado com o conceito de *Landscape Design* de análise espacial que foca no sistema de produção e na integração deste aos outros fatores da terra, meio ambiente e sistema socioeconômico.

Landscape Designs são planos para alocação de recursos que podem sugerir um caminho para uma gestão mais sustentável, no caso deste trabalho, focado para a produção de etanol. O resultado gerado tem o objetivo de promover ações práticas para a produção

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



de bioenergia enquanto mantém ou melhora a sustentabilidade (aspectos ambientais, sociais e econômicos) (Turner et al., 2001; Nassauer et al., 2009).

As opções mais adequadas do design em bioenergia dependem de diferentes fatores biofísicos, sociais, ambientais e configurações energéticas encontrados em escala local (Duvenage et al., 2013). Portanto, se utiliza indicadores de sustentabilidade tanto de categorias ambientais quanto socioeconômicos (Dale et al., 2013).

A concepção e avaliação de sistemas de produção de bioenergia irão se beneficiar do uso da abordagem de *Landscape Design* e da perspectiva sistêmica, uma vez que promove o reconhecimento da heterogeneidade espacial e aborda as influências do contexto local.

Landscape Design pode ser aplicado a diferentes escalas, se encaixando no sistema existente, mantendo ou aumentando o ecossistema e os serviços sociais locais. Cada situação é caracterizada pela sua distribuição no espaço, pela política local, pelas decisões tomadas pelas partes envolvidas, pela localização, pelas influências temporais e pela escala espacial utilizada. Além disso, a boa administração, instituições fortes, acesso a informações sobre estratégias e táticas de gestão adequadas podem apoiar o uso dos recursos mais sustentável fazendo com que o território possa se beneficiar dos ecossistemas e dos processos sociais (Efroymsen et al., 2013; Dale et al. 2013).

Desenvolver sistemas de *Landscape Design* leva tempo e necessita de planejamento prévio. Apropriadamente aplicada, esta abordagem pode orientar as escolhas em relação a disposição mais sustentável da bioenergia e outros serviços (Dale et al., 2013).

O principal objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia de análise espacial da produção de biocombustível derivado da cana-de-açúcar (etanol) com a abordagem interdisciplinar de *Landscape Design* através de dados e índices oficiais, imagens de satélite e ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG), visando uma produção de cana-de-açúcar mais sustentável. O emprego desta metodologia pode embasar políticas públicas do setor e orientar os tomadores de decisão das áreas analisadas para adequar e/ou aumentar a sustentabilidade destas.

2. LANDSCAPE DESIGN

A ideia de *Landscape Design* surge como ponto principal do trabalho, visando uma análise sustentável da paisagem, ou seja, uma análise que leva em consideração tanto os

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



aspectos ambientais quanto sociais e econômicos envolvidos na paisagem e sua influência nesta.

Landscape Design é um plano colaborativo que se revela na paisagem e tem como objetivo a adequação dos recursos naturais e da gestão ambiental da mesma. Ele envolve múltiplas escalas, se encaixa em sistemas já existentes e mantém ou melhora serviços relacionados a área de estudo. Ele é totalmente dependente da política, agentes sociais e hegemônicos que são pontos chave para tomadas de decisão.

Devidamente aplicado, o *Landscape Design* pode orientar escolhas rumo a uma disposição mais sustentável entre o objeto de estudo, no caso a produção de cana-de-açúcar, e sua interação com o ambiente como um todo.

O objetivo desta abordagem é englobar o monitoramento e a avaliação de um conjunto de indicadores de qualidade de solo, qualidade e quantidade de água, biodiversidade, qualidade do ar, e de produtividade, assim como indicadores políticos e socioeconômicos (Dale et al., 2013).

Landscape Design foca numa gestão mais complexa de paisagens de forma integrada e holística, que engloba a análise dos diferentes usos nessas paisagens num processo coeso de gestão.

Alguns autores trazem à tona a ideia de utilizar esta conceituação de *Landscape Design* no planejamento e gestão espacial da produção de biocombustíveis, como Turner et al. (2001) e Nassauer et al. (2009). Eles mostram que *Landscape Designs* é uma metodologia para gestão de recursos que pode sugerir um caminho para uma gestão mais sustentável da produção de etanol. O resultado dessa metodologia tem como objetivo promover ações práticas para a produção de bioenergia enquanto mantém ou melhora sua sustentabilidade.

A aplicação desta abordagem na produção de biocombustível, como é o caso da produção de etanol no Brasil, requer atenção para o contexto em que esta produção está inserida (Efroymsen et al., 2013). O planejamento mais apropriado depende das diferentes condições biofísicas, ambientais, sociais e políticas encontradas em escala local (Duvenage et al., 2013).

A avaliação gerada por esta abordagem deve incluir algumas qualidades contextuais, tais como: o clima e microclima; topografia e declividade; uso da terra anterior e atual; condições quali-quantitativos do ar, da água e do solo; zoneamento e legislação local; acesso e circulação de pessoas; questões de igualdade de renda e acesso a recursos; entre

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



outros. Outros fatores a serem considerados nos projetos de *Landscape Design* incluem variáveis subjetivas, tais como necessidades e objetivos das partes envolvidas, além das intencionalidades para se manter, modificar ou substituir certos elementos (Dale et al., 2013).

Os autores afirmam que o modelo resultante tem como objeto fornecer um plano prático para o desenvolvimento de planejamento de recursos bioenergéticos, mantendo ou melhorando a sustentabilidade tanto dos sistemas de serviços ambientais quanto dos sistemas socioeconômicos. A abordagem de *Landscape Design* é capaz de prestar serviços ecossistêmicos de forma adequada ao mesmo tempo que integra as partes sociais e econômicas na cadeia produtiva em diferentes escalas de análise e planejamento (Dale et al., 2013).

Segundo Blaschke (2013), fontes de energias renováveis são múltiplas e variam em sua disponibilidade espacial e temporal. Desta forma, se torna claro que Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma ferramenta adequada não só para analisar estado atual da produção de etanol, mas também para visualizar áreas com potenciais de oferta e demanda passíveis à expansão da produção de biocombustível.

Os planos diretores e as decisões políticas devem ser baseados em fatos concretos, muitos dos quais podem e devem ser baseados em posicionamento geográfico e fazer uso de técnicas de geoprocessamento. Observa-se que a modelagem espaço-temporal dos recursos energéticos deve levar em conta as características do espaço em que é efetivo e não apenas a demanda e potencial energético de cada local (BLASCHKE, 2013).

Alguns autores usam o conceito de *Landscape Design* como uma forma de identificar locais apropriados, formas e abordagens de gestão para a produção de matéria-prima (Gopalakrishnan et al., 2011 e 2012; Conservation International, 2010). Além disso, *Landscape Design* tem sido também utilizado como uma ponte entre a modelagem energética e de planejamento espacial (Blaschke et al., 2013).

Nesta metodologia é utilizado a definição de *Landscape Design* de Blaschke et al. (2013), baseando-se conceitualmente em Gopalakrishnan et al. (2011 e 2012) e na organização não-governamental Conservation International (2010). Ou seja, o *Landscape Design* é aplicado objetivando o planejamento espacial que resulte na identificação de locais apropriados, formas e abordagens de gestão para a produção de matéria-prima do etanol (cana-de-açúcar).



3. METODOLOGIA

Foram analisados vários artigos derivados do conceito de *Landscape Design* para verificar quais metodologias já haviam sido aplicadas. Contudo, poucas referências foram encontradas que explicassem objetivamente como realizar este tipo de trabalho. Apesar disto, alguns artigos foram sucintamente elaborados para este fim, e como tal, foram utilizados de base para elaboração desta metodologia.

Em primeiro lugar, foi verificado no relatório sobre "*Impacts of Biofuel Production*", publicado pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e produzido por Van der Hilst et al. (2013), uma metodologia condizente com o que se espera para este trabalho, estudando os impactos nos casos da produção de biocombustíveis dos países Argentina, Moçambique e Ucrânia.

O que o relatório mostrou de mais interessante foi o fato de levarem em consideração dados e índices oficiais informados por órgãos nacionais destes países ou por instâncias internacionais responsáveis por estes.

A metodologia empregada nesse relatório integrou os diferentes tipos de dados a partir de uma normatização destes, deixando-os classificados em classes iguais. Em seguida, a partir de um software SIG, estas informações foram integradas espacialmente, e a partir disso, fez-se a compilação de todos os mapas gerados a partir de média simples da soma dos valores de cada mapa, gerando um mapa final com a vulnerabilidade de cada região estipulada (Figura 1).

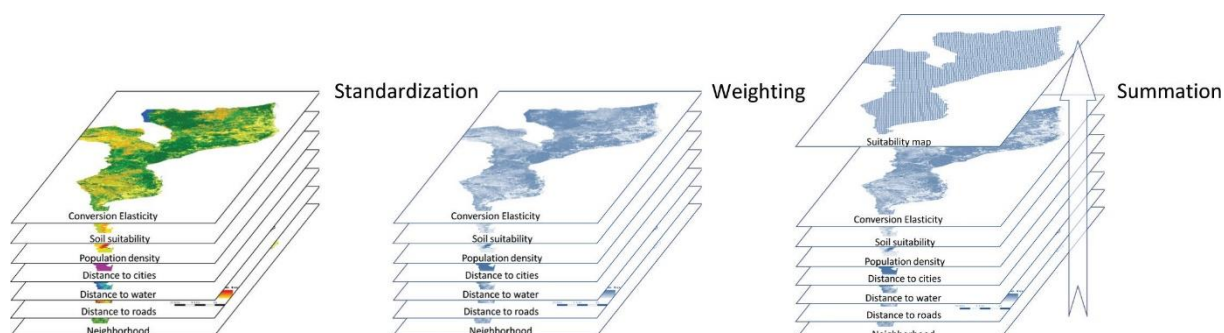


Figura 1. A padronização, ponderação e somatório de fatores de adequação para uma classe específica uso da terra para um país específico (Van der Hilst et al., 2013, p. 5).



Contudo, apesar de Van der Hilst et al. (2013) apresentar uma excelente metodologia para a integração de todos os diversos dados, o modo como ela faz o cálculo final, apenas com um cálculo de média, acaba sendo um pouco simplório e pode não representar a realidade, já que o sistema em si é complexo e é necessário, pelo menos, um cálculo que represente essas complexidades e as interações entre os níveis de informação, que são distintos entre si.

Para preencher esta lacuna, verificou-se um artigo que expõe um melhor método para fazer este cálculo final. Abson et al. (2012) utiliza para este cálculo final, na área de estudo que ele chama de SADC¹, um método estatístico de análise de componentes principais (ACP), em que, converte um número de variáveis potencialmente correlacionadas (com algum atributo comum, tais como pontos no espaço ou no tempo) para um conjunto de variáveis não correlacionadas, que captam a variabilidade dos dados subjacentes, ou seja, faz uma correlação automática dos índices oficiais e indica quais destes devem ser colocados junto a outros (Tabela 1).

Tabela 1. Agrupamento de componentes principais para a análise espacial da vulnerabilidade socioecológicas na SADC (Abson et al., 2012, p. 521).

	PC1	PC2	PC3	PC4
INFANT MORTALITY	0.409	-0.178	0.041	0.257
POVERTY	0.341	0.243	-0.143	0.187
AGRICULTURAL CONSTRAINTS	0.29	-0.13	0.104	-0.28
HANPP	0.037	0.512	-0.079	0.104
SOIL DEGRADATION	-0.164	0.388	-0.266	0.062
IRRIGATION	-0.077	0.321	-0.088	0.102
POP NPP	-0.044	0.192	0.667	0.093
INFRASTRUCTURE POVERTY	-0.012	0.248	0.632	0.161
TRAVELTIME	0.038	-0.45	0.165	-0.113
PRECIPITATION CV	-0.167	-0.168	-0.077	0.754
MALNOURISH	0.382	-0.072	-0.067	0.388
ARIDITY	-0.448	-0.183	0.005	0.155
Eigenvalue	3.7108	2.0596	1.3216	1.1691
Proportion	0.285	0.158	0.102	0.09
Cumulative	0.285	0.444	0.546	0.635

Outra vantagem do método de ACP de Abson et al. (2012) é o fato de gerar mais de um mapa final, ou seja, mais informações precisas (por não correlacionar índices muito

¹ Angola, Botswana, República Democrática do Congo (RDC), Lesoto, Madagascar, Malawi, Moçambique, Namíbia, África do Sul, Suazilândia, Tanzânia, Zâmbia e Zimbábue.



distintos) para a tomada de decisão dada pelos agentes envolvidos, como pode-se observar na Tabela 1 e Figura 2, com os dados e índices normalizados e efetuando-se uma simples média, é possível que o resultado não represente de forma confiável a realidade, já a partir do método de ACP, criam-se algumas categorias com os dados melhor correlacionados, fazendo com que os resultados gerados sejam mais confiáveis.

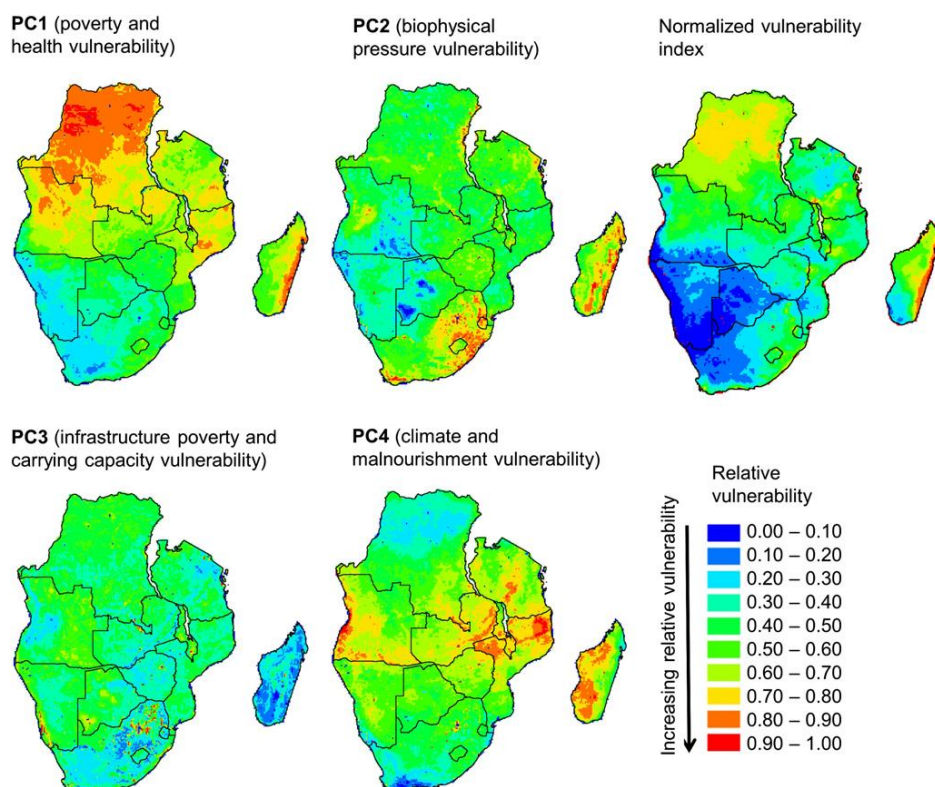


Figura 2. Mapas baseados em ACP e mapa normalizado de vulnerabilidade socioecológica relativo para a região da SADC (Abson et al., 2012, p. 521).

Por tanto, a metodologia adotada neste artigo é uma adaptação dos métodos utilizados por Van der Hirst et al. (2013) e Abson et al. (2012), utilizando os índices e dados oficiais categorizados em baixa, média e alta vulnerabilidade a mudança de uso para cana-de-açúcar.

Com os dados em mãos, é feita a classificação da vulnerabilidade de cada um deles de 1 a 3 (baixa, média e alta vulnerabilidade) de acordo com seus impactos no sistema em software SIG, colocando todas as informações em pontos em grade em distâncias pré-definidas, no caso do estudo de Abson et al. (2012) foi utilizado como resolução espacial

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



18,5 km. Em seguida, com todos os dados postos em pontos georreferenciados, é aplicado o método estatístico de CATPCA (análise de ACP específico para dados categorizados) (Moreira, 2007) em software de análise estatística, gerando as componentes principais e normalizando-as que, inseridos os pontos novamente em SIG, torna-se possível confeccionar os mapas finais que, posteriormente, são analisados e, com isso, faz-se a discussão de como estes impactos estão influenciando na sustentabilidade atualmente e como, estrategicamente, eles podem ser adequados a uma expansão menos agressiva ambientalmente, socialmente e economicamente da produção de cana-de-açúcar.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta metodologia é a mais adequada para este tipo de análise a partir da abordagem de *Landscape Design*, ela derivou do debate de quatro conceitos fundamentais para o trabalho (Paisagem, Sistema, Sustentabilidade e o próprio *Landscape Design*), além de buscar bases em pesquisas publicadas em revistas internacionalmente reconhecidas.

O ponto principal é que ela é capaz de englobar dados oficiais que podem ser encontrados para quase todo o território nacional sem perder sua importância tanto em escala regional quanto local.

Por fim, o próximo passo é executar esta metodologia em uma região específica para verificar sua aplicabilidade e sua capacidade estratégica de planejamento da expansão do cultivo de cana-de-açúcar. Concomitantemente ao desenvolvimento da metodologia, foi-se discutindo qual seria a melhor escala para fazer esse experimento, e definiu-se que uma bacia hidrográfica seria a melhor forma para representar um sistema, já que tem limites definidos pelo próprio ambiente e impactos causados dentro dela são evidenciados em todo o conjunto.

5. AGRADECIMENTOS

Ao apoio financeiro da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e do projeto SustenAgro.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSON, D. J. et al. Using Principal Component Analysis for information-rich socio-ecological vulnerability mapping in Southern Africa. *Applied Geography*, n. 35, Elsevier Publis., 2012. 515-524p.

BLASCHKE, T. et al. 'Energy landscapes': Meeting energy demands and human aspirations. *Biomass & Bioenergy*, n. 55, Elsevier Publis., 2013. 3-16p.

CONSERVATION INTERNATIONAL. Responsible cultivation areas for biofuels: Sustainability in practice. Results from field-testing the RCA Methodology in Para state, Brazil. 2010.

DALE, V. H. et al. A landscape perspective on sustainability of agricultural systems. *Landscape Ecology*. 2013. (DOI) 10.1007/s10980-012-9814-4.

DUVENAGE, I. et al. Grappling with biofuels in Zimbabwe: depriving or sustaining societal and environmental integrity? *Journal of Cleaner Production*, n. 42, Elsevier Publis., 2013. 132-140p.

EFROYMSON, R. A. et al. Environmental indicators of biofuel sustainability: What about context? *Environmental Management*, n. 51, v. 2, Elsevier Publis., 2013. 291-306p.

GOPALAKRISHNAN G. et al. A novel framework to classify marginal land for sustainable biomass feedstock production. *Journal of Environmental Quality*, n. 40, Elsevier Publis., 2011. 1593-1600p.

GOPALAKRISHNAN G. et al. Modeling biogeochemical impacts of bioenergy buffers with perennial grasses for a row-crop field in Illinois. *Global Change Biology Bioenergy*, n. 4, Elsevier Publis., 2012. 739-750p.

NASSAUER, J. I.; OPDAM'S, P. Design in science: extending the landscape ecology paradigm. *Landscape Ecology*, n. 23, Elsevier Publis., 2009. 633-644p.

MOREIRA, A. C. Comparação da Análise de Componentes Principais e da CATPCA na Avaliação da Satisfação do Passageiro de uma Transportadora Aérea. *Investigação Operacional*, n. 27, 2007. 165-178p.

TURNER, M. G. et al. *Landscape ecology in theory and practice*. New York: Springer-Verlag, 2001.

VAN DER HILST, F. et al. Impacts of Biofuel Production. Case studies: Mozambique, Argentina and Ukraine. Final Report. Nov. 2013. UNIDO.