



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências Sociais e Humanas

Relação entre as fontes de geração de eletricidade e a atividade económica: análise ARDL da Estónia e da Suécia

Marco Aurélio Mano Saldanha

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Economia
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor António Manuel Cardoso Marques
Coorientador: Prof. Doutor José Alberto Serra Ferreira Rodrigues Fuinhas

Covilhã, junho de 2015

Agradecimentos

Esta dissertação simboliza o término do meu percurso acadêmico na Universidade da Beira Interior. Por isso não poderia deixar de aproveitar tamanha oportunidade para agradecer não só aqueles que contribuíram ao longo deste ano para a concretização deste trabalho mas também a todos os que me acompanharam nestes anos de Universidade, vida académica e associativismo.

Assim, quero começar por agradecer ao meu orientador, Prof. Doutor António Marques, pelos conselhos e ensinamentos, pela sua dedicação e acima de tudo pelo incentivo em fazer um trabalho competente e autónomo. Agradeço também ao Prof. Doutor José Alberto Fuinhas pela ajuda e sugestões feitas ao longo desta dissertação de forma a melhorar o trabalho.

Quero ainda mostrar a minha gratidão a todos os meus amigos e colegas que contribuíram para a conclusão desta etapa. Aos que comigo começaram a Licenciatura e que estiveram sempre presentes quando mais precisei e me acompanharam em diversas jornadas de trabalho ou descontração. Aos que comigo integraram as Direções da AAUBI por todo o companheirismo, trabalho, empenho e amizade. E aos mais antigos pela amizade verdadeira que nem com a distância e ausência foi abalada. Um agradecimento especial à Márcia Fonseca por me ter acompanhado e apoiado incondicionalmente ao longo deste ano e por ter tido a paciência necessária para me ajudar a focar no término deste trabalho.

Por último, mas não menos importante, um grande bem-haja aos meus pais e avós por me terem proporcionado estes anos de educação e aprendizagem, pela paciência e por contribuírem de forma exemplar para que o empenho, rigor e dedicação estejam presentes no meu dia-a-dia. Para vocês, qualquer palavra de gratidão é sempre pouca. Agradeço pelo contributo que deram na minha formação enquanto membro da sociedade e espero um dia poder retribuir.

Resumo

As relações entre as fontes de eletricidade e a produção industrial na Estónia e Suécia são analisadas com base em dados mensais no espaço temporal de Janeiro de 2010 a Outubro de 2014. Estes países revelam particular interesse de estudo por pertencerem ao Nord Pool Spot, mercado energético que foi pioneiro a transacionar eletricidade e exemplo pela sua dimensão, tanto ao nível do número de países integrantes, como ao nível da sua quota de mercado. Aplica-se a abordagem ARDL, que permitiu capturar os efeitos de curto e longo prazo. No curto prazo verificámos que a eletricidade fóssil influencia positivamente o crescimento económico tanto na Estónia como na Suécia. Já no longo prazo apenas se verifica esta influência na Estónia bem como uma influência do crescimento para com a eletricidade fóssil. Quanto à eletricidade renovável verificou-se para a Estónia hipóteses contrárias no curto e no longo prazo. No curto prazo a eletricidade renovável promove mais crescimento mas no longo prazo é o crescimento que promove mais eletricidade renovável. Já a Suécia tem tanto no curto como no longo prazo elasticidades negativas, o que quer dizer que a eletricidade renovável promove menos crescimento neste país. A eletricidade hídrica na Suécia sofre um efeito positivo por parte do crescimento económico no longo prazo, enquanto na Estónia não encontramos relação entre esta fonte e o crescimento. No curto prazo, a eletricidade nuclear na Suécia e o crescimento apresentam uma relação bidirecional enquanto no longo prazo apenas o crescimento influencia a eletricidade nuclear. A Estónia deverá apoiar o desenvolvimento científico e tecnológico para a redução da emissão de poluentes na produção de eletricidade através do xisto betuminoso, bem como, promover políticas de redução do consumo de eletricidade e de eficiência energética de modo a que se possa abandonar parte do uso de eletricidade de fonte fóssil. Na Suécia as opções políticas devem passar pelo desenvolvimento tecnológico para o melhoramento dos sistemas hidroelétricos, bem como, a implementação de maior capacidade de armazenamento desta fonte.

Palavras-chave

Fontes de eletricidade; produção industrial; fóssil; renovável; hídrica; nuclear; ARDL; Estónia; Suécia

Abstract

The relationship between the sources of electricity and the industrial production in Estonia and Sweden are analyzed based on monthly data, between January 2010 and October 2014. These countries are particularly interesting to be studied because they belong to the Nord Pool Spot, a pioneering energy market to transact electricity and an example for its size, both for the number of countries belonging to it and also for the level of their market share. The ARDL model was applied, allowing to capture the long-run and short-run effects. In the short term we have found that the fossil source influence positively the economic growth in Estonia and also in Sweden. In the long term this influence is only noticed in Estonia, as well as it is an influence of growth with fossil fuels. About renewable sources, it was found to Estonia divergent hypotheses in both short and long term. In the short term renewable sources promotes more growth, while in the long term is the growth that promotes more renewable sources. Sweden has both the short and long term negative elasticities, in this way renewable sources promotes less growth in this country. Hydropower in Sweden suffers a positive effect from the economic growth in the long term, while in Estonia we found no relationship between this source and growth. In the short term both nuclear source in Sweden and growth have a bidirectional relationship, while in the long term only the growth influences the nuclear source. Estonia should support scientific and technological development for reducing emissions of air pollutants in the production of electricity from oil shale and promote policies for the reduction of electricity consumption for one efficient energy, so they can leave part of the use of fossil source. In Sweden the policy options must go through the technological development and the improvement of hydroelectric systems, as well as the implementation of one larger storage capacity of this source.

Keywords

Electricity sources; industrial production; fossil; renewable; hydropower; nuclear; ARDL; Estonia; Sweden

Índice

1.	Introdução	1
2.	Revisão de literatura.....	4
2.1.	Nexus Energia-Crescimento.....	4
2.2.	Visão global do Mercado Nórdico de Energia	6
2.3.	Estrutura dos Setores Elétricos.....	8
2.4.	Instrumentos de apoio à Energia Renovável	10
3.	Metodologia e dados	11
3.1.	Descrição dos Dados.....	11
3.2.	Metodologia Utilizada.....	12
3.3.	Apresentação dos Modelos	13
3.4.	Análise e testes preliminares.....	14
4.	Resultados empíricos.....	19
5.	Discussão	25
6.	Conclusões	28
	Referências bibliográficas.....	30

Lista de Figuras

Figura 1: Produção de Eletricidade por fonte de Energia na Estónia e Suécia, respetivamente, no ano de 2013.

Figura 2: Produção de Eletricidade por fonte de Energia na Estónia e Suécia, respetivamente, de Janeiro de 2010 a Outubro de 2014.

Lista de Tabelas

- Tabela 1. Variáveis analisadas
- Tabela 2. Estatísticas Descritivas - Estónia
- Tabela 3. Estatísticas Descritivas - Suécia
- Tabela 4. Testes de Raiz Unitária - Estónia
- Tabela 5. Testes de Raiz Unitária - Suécia
- Tabela 6.1. Zivot-Andrews Unit Root Test - Estónia
- Tabela 6.2. Perron Unit Root Test - Estónia
- Tabela 7.1. Zivot-Andrews Unit Root Test - Suécia
- Tabela 7.2. Perron Unit Root Test - Suécia
- Tabela 8. Modelo ARDL estimado - Estónia
- Tabela 9. Modelo ARDL estimado - Suécia
- Tabela 10. Likelihood Ratio Exclusion Test - Estónia
- Tabela 11. Likelihood Ratio Exclusion Test - Suécia
- Tabela 12. Resultado Bounds Test - Estónia
- Tabela 13. Resultado Bounds Test - Suécia
- Tabela 14. Elasticidades de longo prazo

Lista de Acrónimos

NPS	Nord Pool Spot
ARDL	Autoregressive Distributed Lag Approach
VECM	Vector Error Correction Model
UECM	Unrestricted Error-Correction Model
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
NASDAQ	National Association of Securities Dealers Automated Quotations
ERGEC	European Regulator's Group for Electricity and Gas
ERI	Electricity Regional Initiatives
IPI	Índice de Produção Industrial
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity
SC	Schwarz information criterion
RES-E	Electricity from renewable energy sources
LR	Likelihood Ratio Exclusion Test

1. Introdução

O estudo da relação entre fontes de geração de eletricidade e o crescimento económico não é um tema recente na literatura. Muitas têm sido as opiniões sobre o mesmo e realidades distintas têm sido analisadas. No entanto, os resultados têm sido bastantes diversos não existindo consenso na literatura. Enquanto alguns autores optam por analisar a relação entre o consumo de energia e o crescimento económico (Payne 2010), outros preferem diferenciar o consumo de energia renovável do consumo de energia não renovável e relacionar os dois com o crescimento económico (e.g. (Apergis and Payne 2012) (Salim, Hassan, and Shafiei 2014). Mais recentemente, outros autores procuram englobar neste nexus energia-crescimento uma variável ambiental (Alshehry and Belloumi 2015). Ao contrário dos estudos anteriores nesta área, o nosso estudo procura englobar a relação entre as diversas fontes de eletricidade existentes na Estónia e Suécia, o preço da eletricidade, as emissões de monóxido de carbono e as importações e exportações de eletricidade nestes países. O nexus é avaliado pela análise da relação entre essas diversas fontes de eletricidade e o crescimento económico desses dois países.

É do conhecimento geral que o consumo de energia é necessário para todas as atividades económicas e para o bem-estar da sociedade. No entanto, nem todos os países conseguem, por vezes, produzir eletricidade suficiente para a procura exigida ou encontrar formas de realizar trocas energéticas com outros países. Para responder a estas necessidades criaram-se alguns mercados de eletricidade, sendo o Nord Pool Spot (NPS) um bom exemplo disso mesmo. O NPS é o maior mercado de energia elétrica na Europa, tanto ao nível do valor transacionado em Terawatt-hora (TWh) como ao nível da quota de mercado europeu. Foi pioneiro ao fazer a primeira troca multinacional do mundo ao nível da negociação energética. Este mercado opera essencialmente nos países Nórdicos e Bálticos como a Noruega, Dinamarca, Suécia, Finlândia, Estónia, Letónia e Lituânia, mas possui também ligações e trocas energéticas com países como a Alemanha, a Holanda, a Bélgica ou o Reino Unido. A sua importância revela-se no facto de mais de 80 % da energia consumida no mercado nórdico ser transacionada através do NPS.

A geração de eletricidade média anual nos países nórdicos e bálticos é de cerca de 420 TWh no total. Na Noruega a principal fonte de geração de eletricidade é a fonte hídrica, enquanto na Suécia e na Finlândia existe uma combinação de eletricidade hídrica, nuclear e térmica. Já a Dinamarca usa eletricidade predominantemente térmica, mas a fonte eólica tem vindo a tornar-se cada vez mais importante. Na Estónia e na Lituânia a geração é principalmente feita a partir de eletricidade fóssil. Em anos de seca, os países nórdicos tornam-se mais dependentes da importação de eletricidade de outros países, como: Rússia, Estónia, Holanda, Polónia e Alemanha.

Como podemos perceber pelo estudo comparativo de Imran & Kockar, (2014) o NPS revela-se bastante complexo ao nível das negociações e transações, existindo até alguns países subdivididos em áreas diferentes, o que dificulta a análise das variáveis que nos vão ser essenciais no estudo. As particularidades dos países integrantes e do Mercado Nórdico, bem como, a sua diferente orgânica comparativamente a Portugal ou ao Mercado Ibérico de Eletricidade levaram a fomentar o interesse no estudo deste Mercado, onde optámos por seleccionar dois dos países pertencentes ao NPS, a Estónia e a Suécia. Apesar de integrarem o mesmo mercado, estes dois países apresentam complexidades e mix de eletricidade, bem diferentes. O nosso interesse encontra-se portanto em estudar o nexus eletricidade-crescimento para o Mercado Nórdico e Báltico - NPS - com base em dois países distintos que cumprem os requisitos de disponibilidade de dados.

A literatura sobre o nexus energia crescimento focada nestes dois países é escassa para a Suécia e quase inexistente para a Estónia. Wolde-Rufael & Menyah (2010) são uma exceção. Num estudo sobre o consumo de energia nuclear e o crescimento económico em nove países desenvolvidos, os autores concluíram que na Suécia o crescimento económico provocava a produção de mais energia nuclear. Assim, é objetivo do estudo contribuir com a percepção do nexus energia-crescimento nestes países, percebendo quais as fontes que mais influenciam o crescimento e quais as fontes que o crescimento económico mais influencia, procurando ainda encontrar algumas propostas que os políticos destes países possam seguir.

A análise empírica recorre a dados para o período Janeiro de 2010 a Outubro de 2014, com um total de 58 observações mensais. Note-se que foram considerados todos os dados disponíveis à data de Dezembro de 2014. Para o estudo desejado tivemos em atenção os dados correspondentes à eletricidade gerada por cada fonte de energia (ENTSO-E) e ao Índice de Produção Industrial (Eurostat). Ao longo da investigação incluímos alguns dados que se mostraram relevantes, como a Exportação e Importação de eletricidade (ENTSO-E), o seu Preço no Mercado Elspot (Nord Pool Spot) e a concentração média de monóxido de carbono no ar (Statistics Estonia). Esse nexus é analisado, controlando para variáveis de natureza ambiental e de ajustamento do sistema de eletricidade, como a Exportação e Importação de eletricidade, o Preço no Mercado Elspot e a concentração média de monóxido de carbono no ar.

A metodologia utilizada teve por base o emprego do modelo *Conditional Unrestricted Error Correction Model* (UECM) do *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL) que permitiu analisar os efeitos de curto e longo prazo. Para essa análise ser possível, houve a necessidade de criação de modelos ARDL para cada uma das variáveis dependentes, fosse ela o IPI ou as fontes de eletricidade.

Este estudo encontra-se organizado da seguinte forma. No próximo capítulo apresentamos uma breve revisão de literatura do nexus energia-crescimento e também uma visão global do mercado Nórdico de Eletricidade, do sistema elétrico da Estónia e da Suécia e ainda alguns instrumentos de apoio à Eletricidade Renovável. No capítulo 3 apresentam-se os dados, modelos e metodologias utilizados, fornecendo-se uma análise preliminar sobre o

tratamento dos dados. No capítulo 4 procede-se à análise dos resultados e no capítulo 5 à sua discussão. O capítulo 6 conclui.

2. Revisão de literatura

2.1. Nexus Energia-Crescimento

Existem muitos estudos focados na relação de causalidade entre o consumo de energia e o crescimento económico, mais conhecido por nexus energia-crescimento. Há vários artigos que procuram resumir essa mesma literatura. Exemplo disso são os artigos de Payne (2010) e Omri (2014). Os vários autores que estudam esta relação de causalidade centram-se na direção da mesma, isto é, se esta é unidirecional ou bidirecional, bem como na temporalidade dos seus impactos, de curto e de longo prazo. Empiricamente existem quatro hipóteses que definem esta relação de causalidade.

- A hipótese feedback é validada por uma causalidade bidirecional entre o consumo de energia e o crescimento económico. Ela indica que ambas as variáveis se influenciam uma a outra. Por outras palavras, uma restrição ao nível da energia vai influenciar o crescimento económico. Da mesma forma, um aumento no crescimento do PIB fará com que haja um impulso na procura de energia.
- A hipótese de conservação é validada por uma causalidade unidirecional do crescimento económico para com o consumo de energia. Isto é, o aumento do PIB conduz ao aumento do consumo de energia sem receber o mesmo feedback. Assim, as políticas de energia podem restringir o consumo de energia sem interferir no crescimento económico futuro.
- A hipótese crescimento é suportada por uma causalidade unidirecional do consumo de energia para com o crescimento económico. O que significa que a energia pode ser considerada um fator limite ou um “input” essencial para o crescimento económico. Neste caso, políticas a favor da restrição de energia ou o aumento dos preços da energia levaria a diminuição do crescimento do PIB.
- A hipótese de neutralidade consiste na ausência de causalidade entre o consumo de energia e o crescimento económico. Isto é, as duas variáveis não se relacionam. Neste caso, fatores externos ao crescimento económico (consumo de energia), direta ou indiretamente vão afetar o consumo de energia (crescimento económico).

Dentro da literatura sobre o nexus energia-crescimento, têm sido vários os estudos, vários os países analisados e várias as metodologias usadas. Inicialmente podemos encontrar estudos como o de Fuinhas & Marques (2012) que através da estimação de um Autoregressive Distributed Lag Approach (ARDL) bounds test para Portugal, Itália, Grécia, Espanha e Turquia (PIGST) sugerem uma causalidade bidirecional entre energia e crescimento no curto e longo prazo, apoiando a hipótese de feedback. Já Apergis & Payne (2012) procuraram examinar a

relação entre o consumo de energia renovável e não renovável com o crescimento económico para um universo de 80 países através de um Vector Error Correction Model (VECM) e também eles concluíram que existia uma causalidade bidirecional entre o consumo de energia renovável e não renovável com o crescimento económico tanto no curto como no longo prazo.

Mais recentemente Marques et al. (2014) através de um VECM para a Grécia constataram no curto prazo uma relação de causalidade da eletricidade fóssil para com o crescimento económico. No entanto, não encontraram qualquer tipo de relação causal da eletricidade renovável para com o crescimento económico, quer no curto quer no longo prazo. Mas verificaram que o crescimento económico provoca mais eletricidade renovável, seja no curto ou no longo prazo. Já Menegaki & Ozturk (2013) por sua vez procuraram incluir nesta discussão variáveis políticas e verificaram uma relação bidirecional entre crescimento económico e estabilidade política.

Também Salim et al. (2014) e Inglesi-Lotz (2015) se debruçam sobre a relação do consumo de energias renováveis e não renováveis com o crescimento económico para os países da OCDE, concluindo que existe uma relação de equilíbrio de longo prazo entre as fontes de energia e o crescimento económico e que existe uma causalidade bidirecional de curto prazo entre crescimento económico e o consumo de energia não renovável e uma causalidade unidirecional entre o crescimento económico e o consumo de energia renovável. Este resultado demonstra que as economias da OCDE, bem como o seu crescimento, continuam a ser dependentes da energia.

Segundo uma análise de Sebri (2015) aos estudos efetuados sobre este nexus, as variações nas hipóteses apoiadas são consequência de uma série de características, incluindo a especificação do modelo, as características dos dados, as técnicas de estimação (métodos de cointegração e testes de causalidade) e o nível de desenvolvimento do país em que o estudo foi realizado. Esta mesma conclusão pode ser suportada pelo estudo de Omri, Ben Mabrouk, & Sassi-Tmar (2015) que ao fazer o estudo da relação de causalidade entre energia nuclear, energia renovável e crescimento económico para diversos países obteve diversas relações de causalidade diferentes. Também recentemente se tem procurado verificar a relação de causalidade entre variáveis ambientais, consumo de energia e crescimento económico. Exemplo disso são os estudos de Alshehry & Belloumi (2015), Lin & Moubarak (2014) e Cowan, Chang, Inglesi-Lotz, & Gupta (2014).

Sobre os países em estudo, são vários os artigos que incluem a Suécia. No entanto, para a Estónia a literatura é inexistente e não permite uma conclusão sobre a relação de causalidade entre energia e crescimento económico. Num estudo sobre os G-11, Lee (2006) concluiu que para a Suécia é observada a hipótese neutra. No entanto, Akkemik & Göksal (2012) no seu estudo através de um painel de 79 países entende que para a Suécia existe uma causalidade unidirecional do PIB para o consumo de energia. Já Wolde-Rufael & Menyah (2010) focam-se em concreto no consumo de energia nuclear e no crescimento económico em nove países desenvolvidos, concluindo haver na Suécia a existência de uma causalidade unidirecional do crescimento económico para com o consumo de energia nuclear.

Neste estudo vamos aplicar a abordagem ARDL bounds test, introduzido por Shin & Pesaran (1999) e posteriormente melhorado por Pesaran, Shin, & Smith (2001). Esta tem sido de resto uma metodologia utilizada recente e intensamente na literatura para o estudo do nexus energia-crescimento. Esta técnica permite que os dados sejam tratados de uma forma flexível, o que lhe permite ultrapassar a maior parte das limitações das metodologias que eram alternativa.

O ARDL bounds test vai ser útil uma vez que existe uma amostra pequena e que este tipo de teste interage bem com a utilização de dummies para controlar eventuais fenómenos existentes no modelo. Ou seja, a utilização do ARDL bounds test vai permitir tirar conclusões sobre a cointegração entre as variáveis, mesmo na presença destas variáveis dummy. A forma como as variáveis respondem ao longo do tempo pode ser diferente, o que implica que o desfasamento ótimo pode ser também diferente para variáveis diferentes. O ARDL bounds test também permite que existam vários desfasamentos ótimos no estudo e não impõe a restrição de que todas as variáveis tenham a mesma ordem de integração, o que neste caso, será extremamente útil uma vez que a ordem de integração das variáveis é $I(0)$ e $I(1)$. É no entanto necessário acautelar que as variáveis não são integradas de ordem 2 ($I(2)$).

2.2. Visão global do Mercado Nórdico de Energia

O mercado Nórdico de intercâmbio de energia, Nord Pool Spot, foi estabelecido em 1993 pela Noruega, ao qual se juntou a Suécia em 1996, a Finlândia em setembro de 1998, a Dinamarca Ocidental em Janeiro de 1999 e a Dinamarca Oriental em Outubro de 2000. O NPS opera à semelhança do NASDAQ. Em 2010 o NPS abriu uma área de licitação também na Estónia e, mais tarde, em 2012 o mesmo aconteceu na Lituânia. O último país a juntar-se com uma área de licitação no NPS foi a Letónia em 2013. Como já se percebeu quando nos referirmos ao NPS como Mercado Nórdico de Energia também se incluem os países Bálticos que passaram a integrar o mesmo.

Sabemos que a União Europeia tem como grande objetivo a harmonização dos mercados de energia europeus, por isso, a ERGEC (European Regulator's Group for Electricity and Gas) lançou as "Electricity Regional Initiatives" (ERI) em 2006 e estabeleceu várias iniciativas por toda a Europa. Muitas destas iniciativas tiveram alguns progressos em integrar mercados com outros países. Para Imran & Kockar (2014) o NPS foi mesmo o primeiro mercado do mundo a transacionar eletricidade, quando se encontrou em pleno funcionamento em 2002 ao cobrir a Dinamarca, a Noruega, a Suécia e a Finlândia.

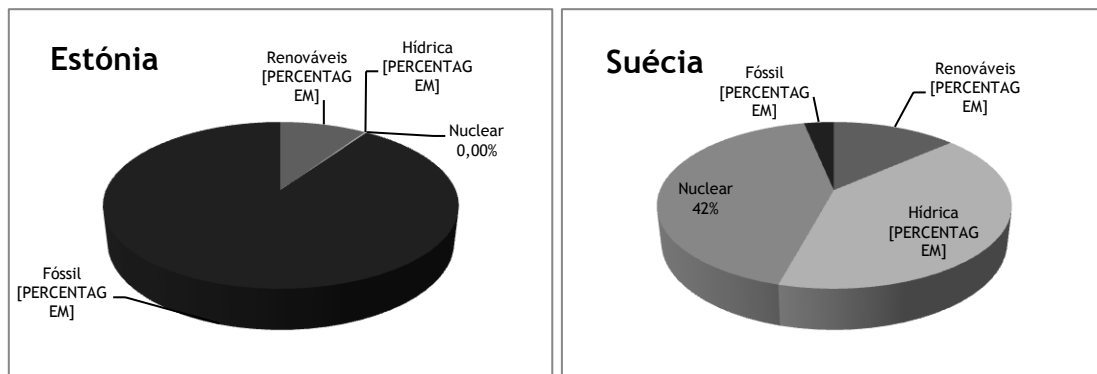
O Mercado Nórdico de Energia foi criado com o propósito de manter a balança entre a geração total e o consumo de energia em tempo real. Tal como Ilieva & Folsland (2014) referiram, o NPS é propriedade e é gerido pelos sistemas operadores de transmissão nacionais como o Statnett na Noruega, o Svenska Kraftnät na Suécia, o Energinet.dk na Dinamarca, o Fingrid na Finlândia, o Elering na Estónia, o Litgrid na Lituânia e a AST na Letónia.

Para Imran & Kockar (2014) no NPS as interações entre transmissores e operadores de mercado são na sua essência independentes. Uma vez que o operador de mercado que regula as trocas energéticas é único para esses países, o Nord Pool Spot, mas os sistemas de transmissão são controlados por cada país individualmente. A participação neste mercado é feita de forma voluntária e através de comércio bilateral.

A Estónia possui um operador de rede de transporte de energia elétrica que se chama Elering. A Elering foi criada em 1 de novembro de 1998, sob o nome de Põhivõrk, como uma unidade operacional da empresa de energia nacional estoniana, a Eesti Energia. Como já referimos, a Elering em 2010 assinou um acordo com a Nord Pool Spot para criar uma área de licitação chamada Estlink. Na Suécia a sua rede nacional é chamada de Svenska Kraftnät e opera na rede nacional de energia de alta tensão; é também responsável pelo equilíbrio de curto prazo do sistema elétrico e da segurança no fornecimento de eletricidade (International Energy Agency 2013).

Apesar da proximidade geográfica e de ambos os países pertencerem ao NPS, a Estónia e a Suécia possuem características muito diferentes no que toca à produção de eletricidade. A Estónia é dos poucos países no mundo que produz uma grande parcela eletricidade fóssil através de xisto betuminoso que é encontrado no nordeste. Para além desta fonte fóssil que produz cerca de 90 % da energia utilizada na produção de eletricidade, o restante é conseguido através de fontes de energia renováveis - em que a energia eólica produz metade dessa energia - e uma pequena parcela de energia hídrica. A Suécia, por sua vez, possui na energia nuclear e hídrica as suas duas maiores fontes de eletricidade de cerca de 40 %. O restante é conseguido através de fontes de eletricidade renováveis - sendo que também neste país a energia eólica produz metade dessa energia - e uma pequena parcela de eletricidade fóssil. Com isto podemos verificar que os dois países possuem fontes de eletricidade bastantes diferentes o que nos permitirá estudar realidades também elas diferentes. Estes mesmos dados do ano de 2013 são apresentados na figura 1.

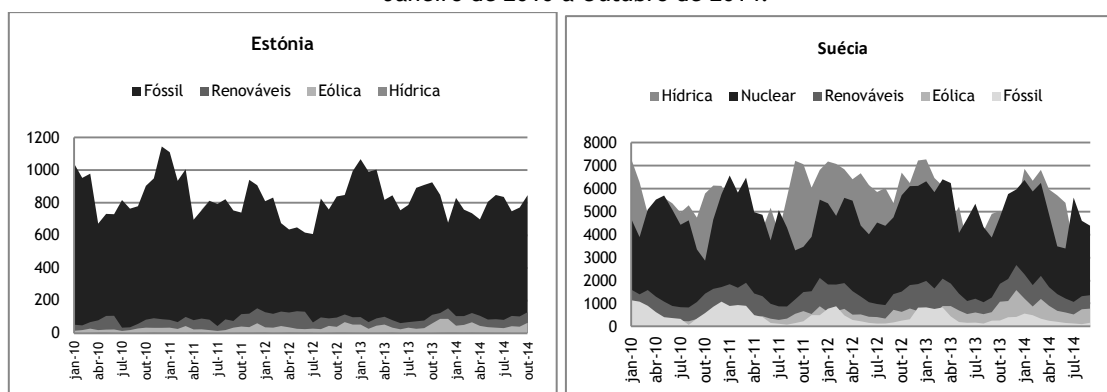
Figura 1. Produção de Eletricidade por fonte de Energia na Estónia e Suécia, respetivamente, no ano de 2013.



Fonte: ENTSO-E. Elaboração própria.

Na figura 2 podemos observar também a produção de eletricidade por fonte de geração, na Estónia e Suécia no período em estudo. Constatam-se também os picos de produção que normalmente se verificam no mês de novembro de cada ano para a Estónia e no mês de janeiro para a Suécia. Para além disso podemos ainda verificar que a Suécia ao longo dos anos tem vindo a apostar mais do que a Estónia no aumento da produção de eletricidade a partir de renováveis. Na figura 3 não observamos a energia hídrica uma vez que é uma quantidade muito pequena pois e a Estónia quase não possui fontes hídricas. Na figura 4 podemos observar que ao longo do tempo existiram meses em que a maior fonte na Suécia foi a Hídrica mas noutros verificamos que a maior fonte foi a Nuclear. A figura torna pois evidente a dissimilitude entre os sistemas electroprodutores dos dois países em análise, o que torna o seu estudo ainda mais interessante pois está focado em duas realidades bem distintas. A sua comparação permite pois acrescentar conhecimento ao já existente acerca das relações entre fontes dentro do nexus tradicional.

Figuras 3 e 4. Produção de Eletricidade por fonte de Energia na Estónia e Suécia, respetivamente, de Janeiro de 2010 a Outubro de 2014.



Fonte: ENTSO-E. Elaboração própria.

2.3. Estrutura dos Setores Elétricos

O mercado elétrico consiste em duas partes - a transmissão de eletricidade (física) e também a troca de eletricidade (financeira). A parte física acontece no transporte de eletricidade das estações de geração energia para os consumidores de eletricidade. A parte financeira é o comércio de energia elétrica onde surgem três intervenientes: o produtor, o fornecedor e o consumidor. Os produtores vendem eletricidade através do intercâmbio da energia elétrica aos fornecedores de eletricidade, que por sua vez vendem aos consumidores. Esta atividade ocorre com concorrência aberta entre os operadores. Logo, o consumidor final paga por dois serviços distintos: pela eletricidade consumida e para ter acesso a eletricidade transmitida nas redes.

O mercado para o comércio de eletricidade é a troca de energia feita pelos países nórdicos no NPS que tem um mercado spot (comércio físico) para a comercialização de

energia elétrica por hora para o dia seguinte. O NPS é da propriedade das empresas que detêm as redes nacionais nos países nórdicos e bálticos e está sediado em Oslo.

A Bolsa de Estocolmo NASDAQ OMX tem um mercado de futuros (negociação financeira) para negociação de longo prazo, onde o operador pode garantir os seus preços de eletricidade por vários anos no futuro. A maioria do comércio por hora tem lugar no mercado à vista, enquanto uma parte menor é feita bilateralmente entre produtores e fornecedores de eletricidade. Nos participantes do mercado de eletricidade estão incluídos também os operadores de sistema de outros países. A Svenska Kraftnät trabalha em estreita colaboração com os operadores de sistema da Noruega, Finlândia e Dinamarca para poder executar um sistema de energia elétrica eficaz (Svenska Kraftnät, 2013).

No que respeita à liberalização dos mercados, em Janeiro de 1996 o mercado sueco de eletricidade foi liberalizado, passando a existir competição no mesmo e podendo os consumidores finais optar por escolher os seus fornecedores de eletricidade. A liberalização do mercado fez com que houvesse uma maior facilidade de acesso à rede nacional por parte de pequenos produtores independentes.

Esta liberalização do mercado fez com que inicialmente houvesse uma redução da capacidade de produção instalada do país. No entanto, a partir de 2000 esta capacidade instalada voltou a aumentar e é agora maior do que era antes da liberalização. A maior parte dessa nova capacidade surgiu através de uma expansão na produção de energia eólica e na produção de biocombustíveis, apoiada pelo regime de certificados de energia elétrica, bem como no aumento da capacidade de produção em centrais nucleares do país.

Segundo a Swedish Energy Agency (2013) a capacidade de produção hídrica do país nunca é usada na sua plena capacidade ao mesmo tempo. O mesmo acontece quanto à disponibilidade das centrais nucleares, uma vez que esta depende do estado operacional das mesmas. Ou seja, nem sempre a capacidade instalada está no seu pleno disponível para operações. Como é sabido, a disponibilidade de energia eólica depende de onde e quando a velocidade do vento é mais adequada. Isto significa que a capacidade disponível nas diferentes formas de produção de eletricidade não podem ser comparadas diretamente. Durante um inverno muito frio podem acontecer situações de falta de energia, uma vez que, nessas situações, por vezes, torna-se impossível manter as centrais nucleares em funcionamento, um desses exemplo foi o inverno de 2010.

Por sua vez, a Estónia assinou o seu tratado de adesão à União Europeia em 2003 e acordou liberalizar parcialmente o seu mercado de eletricidade até 2009. Porém, essa liberalização parcial apenas foi alcançada em 2010 para os grandes consumidores e em 2013 o mercado de eletricidade abriu portas também aos pequenos consumidores domésticos.

O Elering, como operador do sistema de transmissão de energia elétrica, é responsável por gerir todo o sistema e administrá-lo em tempo real, a fim de garantir o funcionamento da rede de transmissão, a capacidade de transporte transfronteiriço e o equilíbrio entre a produção e o consumo máximo.

2.4. Instrumentos de apoio à Energia Renovável

É importante ainda compreender os instrumentos de apoio à eletricidade gerada a partir de energia renovável (RES-E) que têm vindo a ser implementados nos últimos anos nos países em estudo. Dentro destes instrumentos têm-se destacado principalmente dois: as tarifas feed-in e as quotas com certificados verdes transacionáveis (TGCs). Para além destes mecanismos existem outros mais diversificados e que têm sido aplicados pontualmente por vários países. As tarifas feed-in prevêm preços preferenciais por kWh (ou MWh) por RES-E gerada, sob a forma de preços garantidos mais altos e combinados com uma obrigação de compra por parte das empresas. As tarifas feed-in (FITs) promovem o pagamento total por kWh de eletricidade de origem renovável, enquanto que um pagamento por kWh mais caro do que o preço da eletricidade no mercado é concedido sob a forma de prémios feed-in (FIPs). Por sua vez, os TGCs são certificados que podem ser vendidos no mercado, permitindo que os geradores de RES-E possam obter receitas adicionais às suas vendas de eletricidade para a rede. Assim, os geradores podem obter receitas de dois mercados diferentes: o preço de mercado da eletricidade mais o preço dos TGCs multiplicado pelo número de MWh de eletricidade renovável fornecida à rede.

Em relação aos países em estudo, a Estónia através da lei feed-in promove os prémios feed-in referidos anteriormente. Para além disso, para a produção de energia eólica a Estónia possui subsídios para o investimento nesta fonte que é proveniente do Regime de Investimento Verde. No entanto, este é um subsídio alternativo aos prémios feed-in e os geradores de RES-E apenas podem optar por um deles (del Río and Mir-Artigues 2014).

A Suécia opta antes pelos certificados verdes transacionáveis. Para além destes, promove isenções de taxas para os produtores de energia de biomassa e eólica que produzam valores inferiores a 100 KW e ainda subsídios para o investimento em energia solar, fotovoltaica e eólica.

3. Dados e metodologia

3.1. Descrição dos Dados

Os dados utilizados são mensais e referem-se ao período de Janeiro de 2010 a Outubro de 2014. No que respeita às variáveis utilizadas, a eletricidade produzida por cada fonte encontra-se expressa em Gigawatt-hora; o preço de Mercado Elspot em Euros por Megawatt-hora; o Índice de Produção Industrial e o rácio exportação/importação em percentagem; e a concentração média de monóxido de carbono no ar em microgramas por metro cúbico. A descrição das variáveis e respetivas fontes são apresentadas de seguida.

- O Índice de Produção Industrial foi retirado do Eurostat e corresponde ao volume de produção mensal ajustado sazonalmente tendo em conta o fornecimento da indústria extrativa, da indústria de manufatura, eletricidade, gás, vapor e ar condicionado.
- A eletricidade gerada a partir de fontes de energia fóssil foi retirada da European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSOE) e corresponde à eletricidade produzida através de carvão, gás, petróleo e do combustível nuclear de mistura de óxidos.
- A eletricidade gerada a partir de fontes de energia renováveis foi retirada da ENTSOE e corresponde à eletricidade produzida através do recurso a fontes de energia como a eólica, solar e outras renováveis.
- A eletricidade gerada a partir de fontes de energia hídrica foi retirada a partir da ENTSO-E e corresponde à eletricidade produzida através da energia captada pelo movimento das águas em barragens.
- A eletricidade gerada a partir de fontes de energia nuclear foi retirada da ENTSOE e corresponde à energia libertada por reações nucleares, ou seja, em processos de transformação de núcleos atómicos em que ocorre a transformação de massa em energia.
- O rácio exportação/importação foi calculado com base nos valores da exportação e da importação de eletricidade nos países, retirados da ENTSO-E, mostra-nos as exportações como uma percentagem das importações, ou seja, como uma taxa de cobertura.
- Os preços no Mercado Elspot foram retirados do Nord Pool Spot e correspondem à média mensal dos preços praticados pela Estónia no Mercado Elspot.
- A concentração média de monóxido de carbono no ar foi retirada da Statistics Estonia e visa representar uma variável ambiental através da concentração de um dos poluentes existentes no ar.

Para que o estudo se fosse possível de realizar recorreremos à transformação das variáveis originais através de logaritmos pelo mecanismo *Generate Series* do *Eviews*. Na Tabela 1 podemos ver as variáveis e a sua definição resumida, bem como, a forma como as mesmas são expressas.

Tabela 1. Variáveis analisadas

Variável	Definição
1. LIPI	Índice de Produção Industrial (%)
2. LFOSSIL	Eletricidade gerada a partir de fontes de energia fósseis (GWh)
3. LRES	Eletricidade gerada a partir de fontes de energia renováveis (GWh)
4. LHYDRO	Eletricidade gerada a partir de fonte hídrica (GWh)
5. LTN	Eletricidade gerada a partir de fonte nuclear (GWh)
6. LRXM	Rácio exportação importação (%)
7. LPRICE	Preços no Mercado Elspot (€/MWh)
8. LCO	Concentração média de monóxido de carbono no ar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Importa salientar que a inclusão das variáveis ambiental e o preço no Mercado Elspot é feita apenas para a Estónia, uma vez que, a Suécia não possui dados mensais para a concentração de monóxido, Do mesmo modo, tal como outros países nórdicos, encontra-se dividida por zonas para as trocas internas e externas de eletricidade, o que faz com que essas zonas da Suécia possuam preços diferenciados no Mercado Elspot. Foi ainda testada a inclusão do rácio exportação/importação nos modelos.

3.2. Metodologia Utilizada

A análise econométrica tem por base a modelização UECM do ARDL e foi efetuada no software *Eviews* 8. Para a análise das interpelações entre as variáveis, recorre-se à abordagem ARDL, introduzida por Shin & Pesaran (1999) e mais tarde alargado por Pesaran, Shin, & Smith (2001). Este modelo é bastante flexível para tratamento de dados e para uma análise de curto e de longo prazo. Outras vantagens do modelo ARDL passam pela sua capacidade de lidar com amostras de dimensão moderada, como é o nosso caso com apenas 58 observações, um número que segundo Shin & Pesaran (1999) não é reduzido para a utilização de um ARDL mas que o seria para a utilização de outros modelos. Algumas observações revelam ainda quebras estruturais e o ARDL permite o uso de variáveis dummies para tratamento das mesmas. Ao contrário de outros modelos o ARDL, mesmo com variáveis dummies, permite-nos tirar conclusões sobre a cointegração das variáveis (Fuinhas and Marques 2012).

O ARDL Bounds Test permite-nos também utilizar o número de desfasamentos necessários para trabalharmos de forma consistente. Este tipo de teste é conhecido por conseguir obter estimativas consistentes e eficientes quer as variáveis sejam $I(0)$ e $I(1)$, desde que não sejam $I(2)$. Ao contrário do teste *Johansen* (Johansen 2000) que exige que a ordem

de integração das variáveis sejam I(1), o Bounds Test não nos impõe que todas as variáveis tenham a mesma ordem de integração. Assim sendo depois de verificado que as variáveis não são integradas de ordem I(2), mas sim de ordem de integração I(0) e I(1), então pode-se proceder à estimação do modelo ARDL.

Na estimação do modelo ARDL, o cálculo do número de defasamentos foi feito através de uma metodologia de aproximação, uma vez que a utilização do número de *lags* correspondente ao *Schwarz information criterion* (SC), não é aplicável devido à presença de valores extremos (*outliers*). Apesar do SC poder ser utilizado quando o número de observações é relativamente baixo, mesmo assim, este seria pouco útil uma vez que geraria muitos defasamentos. A nossa metodologia de aproximação passa pela tomada de decisão que seja empiricamente razoável, tendo em atenção a perda de graus de liberdade. Este procedimento é efetuado preservando a lógica económica dos modelos, eliminando as variáveis que não são estatisticamente significantes e analisando cuidadosamente os resíduos.

Para estabilizar o modelo foi ainda necessário recorrer à análise de alguns testes diagnósticos. De seguida estimámos o ARDL Bounds Test para concluir sobre a presença de cointegração e por último foi calculado o impacto das variáveis no curto e longo prazo. O modelo ARDL possui propriedades que permitem não ter que recorrer a causalidades à Granger de curto e longo prazo (Mehrara 2007), uma vez que, esta metodologia é robusta na presença de endogeneidade das variáveis e como tal quando um parâmetro é significativo, isso é idêntico a testar a causalidade à Granger.

3.3. Apresentação dos Modelos

Uma vez que estamos a trabalhar com países diferentes em que as variáveis utilizadas para o cálculo dos modelos não serão as mesmas e fazer a apresentação modelo a modelo tornar-se-ia demasiado extensivo, apresentamos um exemplo de modelo para cada país. As equações (1) e (2) relativas à Estónia e Suécia, respetivamente, mostram-nos o modelo ARDL depois de verificada a presença de estacionariedade ou cointegração.

Modelo Estónia

$$LY_t = c_1 + \delta_1 TREND + \sum_{i=0}^n \alpha_{11} LY_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{12} LX1_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{13} LX2_{t-i} + \dots + \sum_{i=0}^n \alpha_{14} LXm_{t-1} + \mu_{1t} \quad (1)$$

Modelo Suécia

$$LY_t = c_2 + \delta_2 TREND + \sum_{i=0}^n \alpha_{21} LY_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{22} LX1_{t-i} + \sum_{i=0}^n \alpha_{23} LX2_{t-i} + \dots + \sum_{i=0}^n \alpha_{24} LXm_{t-1} + \mu_{2t} \quad (2)$$

Onde LY representa a variável dependente em logaritmo e onde LX1, LX2, LX3, etc representam as variáveis independentes em logaritmos a incluir nos modelos para os países. Estas variáveis poderão ser: *LIPI*, *LFOSSIL*, *LRES*, *LHYDRO*, *LTN*, *LRXM*, *LPRICE* e *LCO*. O c_1 é a constante e *TREND* a tendência.

O modelo UECM do ARDL pode ser especificado através dos *bounds test* conforme as equações (3) e (4) demonstram.

Modelo Estónia

$$DLY_t = c_3 + \delta_4 TREND + \sum_{i=0}^n \beta_{11i} DLY_{t-1} + \sum_{i=0}^n \beta_{12i} DLX1_t + \sum_{i=0}^n \beta_{13i} DLX1_{t-1} + \sum_{i=0}^n \beta_{14i} DLX2_t + \sum_{i=0}^n \beta_{15i} DLX2_{t-1} + \dots + \sum_{i=0}^n \beta_{16i} DLXm_t + \sum_{i=0}^n \beta_{17i} DLXm_{t-1} + \gamma_{11} LY_{t-1} + \gamma_{13} LX2_{t-1} + \dots + \gamma_{14} LXm_{t-1} + \mu_{3t} \quad (3)$$

Onde D corresponde às primeiras diferenças, LY representa a variável dependente, LX1, LX2, ..., LXm representam as variáveis independentes, c é a constante, TREND a tendência, β_{11i} , β_{12i} , β_{13i} , β_{14i} , β_{15i} , β_{16i} e β_{17i} , explicam a dinâmica dos coeficientes de curto prazo e os parâmetros γ_{11} , γ_{12} , γ_{13} e γ_{14} explicam os multiplicadores de longo prazo.

Modelo Suécia

$$DLY_t = c_4 + \delta_4 TREND + \sum_{i=0}^n \beta_{21i} DLY_{t-1} + \sum_{i=0}^n \beta_{22i} DLX1_t + \sum_{i=0}^n \beta_{23i} DLX1_{t-1} + \sum_{i=0}^n \beta_{24i} DLX2_t + \sum_{i=0}^n \beta_{25i} DLX2_{t-1} + \dots + \sum_{i=0}^n \beta_{26i} DLXm_t + \sum_{i=0}^n \beta_{27i} DLXm_{t-1} + \gamma_{21} LY_{t-1} + \gamma_{22} LX1_{t-1} + \gamma_{23} LX2_{t-1} + \dots + \gamma_{24} LXm_{t-1} + \mu_{4t} \quad (4)$$

Onde D corresponde às primeiras diferenças, LY representa a variável dependente, LX1, LX2, ..., LXm representam as variáveis independentes, c é a constante, TREND a tendência, β_{21i} , β_{22i} , β_{23i} , β_{24i} , β_{25i} , β_{26i} e β_{27i} explicam a dinâmica dos coeficientes de curto prazo e os parâmetros γ_{21} , γ_{22} e γ_{23} e γ_{24} explicam os multiplicadores de longo prazo

3.4. Análise e testes preliminares

A base de dados possui 57 observações para as variáveis da Suécia e 58 observações para as variáveis da Estónia, excluindo a variável Preços no Mercado Elspot, uma vez que a Estónia apenas entrou no mercado em Abril de 2010. Algumas variáveis podem revelar alguns valores atípicos e quebras estruturais que serão posteriormente tratados. Nas tabelas 2 e 3 podemos verificar isto mesmo, através das estatísticas descritivas das variáveis para os países em estudo.

Tabela 2. Estatísticas Descritivas - Estónia

Variável	Estatísticas descritivas				
	Obs	Média	Std Dev	Min	Max
1. LIPI	58	4.767512	0.097841	4.493121	4.874434
2. LFOSSIL	58	6.712749	0.146172	6.410175	7.044033
3. LRES	58	4.478174	0.332109	3.496508	5.023881
4. LHYDRO	58	0.803673	0.531138	0.000000	1.609438
5. LRXM	58	0.922724	0.429639	0.153223	2.052643
6. LPRICE	55	3.725499	0.139254	3.427515	4.036362
7. LCO	58	5.436091	0.283529	4.532599	5.998937

Nota: todas as variáveis encontram-se em logaritmos.

Tabela 3. Estatísticas Descritivas - Suécia

Variável	Estatísticas descritivas				
	Obs	Média	Std Dev	Min	Max
1. LIPI	57	4.592726	0.036071	4.528289	4.652054
2. LFOSSIL	57	5.827497	0.753173	4.262680	7.040536
3. LRES	57	7.270926	0.284739	6.719013	7.891705
4. LHYDRO	57	8.610480	0.204805	8.167636	8.891924
5. LTN	57	8.492173	0.201521	7.959975	8.790421
6. LRXM	57	0.660241	0.960662	-1.510347	3.267418

Nota: todas as variáveis encontram-se em logaritmos.

Antes da estimação propriamente dita, é importante fazer uma análise da ordem de integração das variáveis de forma a estudar a estacionariedade das séries. Para isso aplicamos três testes de raízes unitárias: ADF (*Augmented Dickey Fuller*), PP (*Phillips Perron*), KPSS (*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin*). Os testes de ADF e PP são testes modelo de raízes unitárias e servem de base para a identificação da não estacionariedade das séries analisadas. No entanto, o teste PP é não paramétrico, sendo menos sensível a *outliers* e quebras estruturais. O teste KPSS é um teste de confirmação, com a hipótese nula de estacionariedade.

As tabelas 4 e 5 mostram-nos os resultados dos testes de integração das variáveis em níveis e nas primeiras diferenças para os modelos da Estónia e Suécia, respetivamente: ADF, PP e KPSS.

Tabela 4. Testes de Raiz Unitária - Estónia

		ADF			PP			KPSS	
		CT	C	N	CT	C	N	CT	C
LIPI	Level	-2.6081	-4.5703***	2.4796	-2.5964	-2.9395**	2.0955	0.2021**	0.7153**
	1st dif	-7.8221***	-6.8271***	-8.7657***	-10.475***	-9.2953***	-8.6597***	0.1376*	0.4350*
LRES	Level	-4.2845***	-3.9493***	0.2736	-4.1471***	-3.7903***	1.0359	0.1326*	0.4849**
	1st dif	-8.7064***	-8.7787***	-8.8262***	-15.860***	-14.934***	-13.026***	0.2312***	0.2175
LFOSSIL	Level	-3.7978**	-3.8683***	-0.2855	-3.8701**	-3.9341***	-0.3063	0.0574	0.0992
	1st dif	-9.0090***	-9.0708***	-9.1514***	-9.0045***	-9.0681***	-9.1486***	0.0347	0.0579
LHYDRO	Level	-3.6770**	-3.6754***	-2.0099**	-3.2944**	-3.3180**	-1.7919**	0.1032	0.1296
	1st dif	-7.2072***	-7.2030***	-7.2719***	-10.585***	-9.4462***	-9.6009***	0.3404***	0.3123
LPRICE	Level	-4.5833***	-4.0820***	0.0952	-4.5600***	-4.1727***	0.0337	0.0684	0.2894
	1st dif	-7.3626***	-7.4111***	-7.4830***	-10.193***	-10.262***	-10.357***	0.0407	0.0495
LRXM	Level	-5.2931***	-4.8173***	-1.7657*	-5.2737***	-4.8558***	-1.5460	0.0468	0.3637*
	1st dif	-8.1533***	-8.2365***	-8.3106***	-16.739***	-16.904***	-17.027***	0.0891	0.1003
LCO	Level	-5.1501***	-5.0686***	-0.5448	-5.1099***	-5.0151***	-0.6947	0.0484	0.2401
	1st dif	-10.550***	-10.617***	-10.693***	-11.162***	-11.243***	-11.304***	0.0681	0.0963

Notas: CT significa constante e tendência e C significa constante e N sem constância e sem tendência. ***, ** e * denotam significativa a 1%, 5% e 10%, respetivamente.

Tabela 5. Testes de Raiz Unitária - Suécia

		ADF			PP			KPSS	
		CT	C	N	CT	C	N	CT	C
LIPI	Level	-3.9719**	-1.5532	-0.0649	-3.7856**	-2.0521	-0.1786	0.1985**	0.6029**
	1st dif	-12.391***	-11.908***	-12.020***	-13.891***	-12.212***	-12.328***	0.5000***	0.3723*
LRES	Level	-6.5719***	-5.1298***	2.080	-3.3075*	-3.1611**	-0.2102	0.0319	0.2047
	1st dif	-8.0776***	-8.1663***	-6.2425***	-5.8148***	-5.8709***	-5.9281***	0.0331	0.0331
LTN	Level	-3.9518**	-3.9717***	-0.1264	-3.9781**	-3.9948***	-0.1354	0.0520	0.1173
	1st dif	-7.5418***	-7.5960***	-7.6669***	-11.159***	-11.034***	-11.203***	0.1206*	0.1337
LFOSSIL	Level	-6.2306***	-5.4490***	-1.6894*	-3.3418*	-3.1913**	-0.8284	0.0402	0.2933
	1st dif	-6.9169***	-7.0027***	-6.6856***	-6.3714***	-6.4262***	-6.4591***	0.0315	0.0346
LHYDRO	Level	-3.2568*	-3.2734**	-0.5214	-3.3779*	-3.3927**	-0.5955	0.1137	0.1378
	1st dif	-8.5576***	-8.6334***	-8.6917***	-8.6370***	-8.6743***	-8.7354***	0.0578	0.0576
LRXM	Level	-4.0109**	-3.5155**	-1.7089*	-4.0758*	-3.5391**	-2.5342**	0.0542	0.6069**
	1st dif	-6.4064***	-6.4414***	-6.4343***	-8.7622***	-8.8078***	-8.8358***	0.0395	0.0609

Nota: CT significa constante e tendência e C significa constante e N sem constância e sem tendência. ***, ** e * denotam significante a 1%, 5% e 10%, respetivamente.

Da análise das Tabelas 4 e 5 podemos concluir que não existem variáveis integradas de ordem 2, ou seja, I(2). Assim, através destes testes de raízes unitárias ou testes de estacionariedade podemos concluir que as variáveis não são estacionárias em nível, mas que o são nas suas primeiras diferenças, pelo que podemos recorrer ao modelo ARDL.

Para além destes foram ainda realizados mais dois testes, desta vez, testes de raízes unitárias com uma quebra estrutural que permitem corroborar os resultados obtidos nos testes ADF e PP: *Perron Unit Root Test* (Perron 2006) e *Zivot-Andrews Unit Root Test* (Zivot and Andrews 1992). Estes são apresentados na tabela 6 e 7.

Tabela 6.1. Zivot-Andrews Unit Root Test - Estónia

		Zivot-Andrews Unit Root Test					
		C	QE	T	QE	CT	QE
LIPI	Level	-3.3294	2013m01	-4.2253*	2011m04	-4.0752	2011m03
	1st dif	-9.8269***	2011m07	-9.9161***	2012m01	-9.9773***	2012m05
LRES	Level	-4.9159*	2012m07	-4.6080**	2012m01	-5.0919**	2012m07
	1st dif	-6.8504***	2012m05			-6.8416***	2012m04
LFOSSIL	Level	-4.3800	2012m08	-3.7696	2011m01	-4.4847	2011m04
	1st dif	-9.2378***	2013m02			-9.7291	2011m01
LHYDRO	Level	-5.2006**	2013m06	-4.9880***	2012m04	-5.0586**	2012m03
	1st dif	-5.2980**	2013m11	-5.2816***	2014m01	-6.6223***	2013m11
LPRICE	Level	-3.7637	2012m12	-3.1069	2012m01	-3.8295	2012m12
	1st dif	-5.2666**	2012m07	-4.8839***	2013m10	-5.1582**	2013m10
LRXM	Level	-6.1227***	2012m01	-5.2673***	2012m05	-6.1199***	2012m01
	1st dif	-8.4065***	2012m04	-8.1221***	2014m01	-8.3819***	2012m04
LCO	Level	-5.7766***	2012m12	-5.1349***	2014m02	-5.8327***	2012m12
	1st dif	-5.3249**	2012m08	-5.1460***	2012m12	-5.4790**	2011m03

Notas: C significa constante, T significa tendência e CT significa constante e tendência. QE indica-nos o mês e o ano em que ocorre a quebra estrutural. ***, ** e * denotam significante a 1%, 5% e 10%, respetivamente.

Tabela 6.2. Perron Unit Root Test - Estónia

		Perron Unit Root Test					
		C	QE	T	QE	CT	QE
LIPI	Level	-3,2992	2012m12	-4,1105	2011m04	-4.0752	2011m03
	1st dif	-9.7081***	2011m06	-9.5239***	2012m01	-10.087***	2012m05
LRES	Level	-4.8844	2011m07	-47157*	2012m02	-5.0385	2012m06
	1st dif	-6.3261***	2011m07	-6.0576***	2013m11	-6.3261***	2011m07
LFOSSIL	Level	-4.3838	2012m07	-3.8521	2013m08	-4.4352	2011m03
	1st dif	-9.3759***	2012m08	-9.3921***	2010m10	-9.6279***	2011m02
LHYDRO	Level	-5.1272*	2013m05	-5.0586**	2012m03	-5.3583*	2013m10
	1st dif	-5.6835**	2013m11	-5.2816***	2014m01	-6.8087***	2013m10
LPRICE	Level	-5.0131*	2012m11	-4.8681**	2012m06	-5.0750	2012m06
	1st dif	-10.732***	2010m09	-10.895***	2010m11	-10.923***	2012m02
LRXM	Level	-6.2035***	2011m12	-5.4057**	2012m05	-6.1604**	2011m12
	1st dif	-10.858***	2012m01	-10.420***	2013m12	-10.753***	2012m01
LCO	Level	-5.6169**	2012m11	-4.6891*	2013m10	-6.0204**	2013m12
	1st dif	-5.4280**	2012m12	-5.0109**	2013m04	-5.3904*	2011m02

Notas: C significa constante, T significa tendência e CT significa constante e tendência. QE indica-nos o mês e o ano em que ocorre a quebra estrutural.

***, ** e * denotam significante a 1%, 5% e 10%, respetivamente.

Tabela 7.1. Zivot-Andrews Unit Root Test - Suécia

		Zivot-Andrews Unit Root Test					
		C	QE	T	QE	CT	QE
LIPI	Level	-4.7370*	2012m09	-4.1501*	2011m02	-4.7247	2012m09
	1st dif	-4.4045	2013m07	-4.0159	2011m07	-4.3796	2013m11
LRES	Level					-5.9466***	2011m06
	1st dif	-5.3835***	2012m09	-5.2082***	2013m11	-5.3035***	2013m10
LTN	Level	-5.7616***	2012m09	-5.4054***	2013m05	-5.7607***	2012m09
	1st dif	-6.8570***	2010m11	-6.6203***	2012m12		
LFOSSIL	Level	-7.1093***	2011m06	-6.4900***	2012m01	-7.0992***	2011m06
	1st dif	-5.1032**	2011m09	-4.9381***	2013m01	-5.0839**	2011m09
HYDRO	Level	-4.6157*	2011m08	-4.0022	2012m03	-4.5631	2011m08
	1st dif	-8.6851***	2011m06			-8.9576***	2013m08
LRXM	Level	-5.1962**	2012m12	-5.0290***	2013m11	-5.6068***	2013m05
	1st dif	-5.4986***	2011m03	-5.0858***	2011m08	-5.4047**	2013m11

Notas: C significa constante, T significa tendência e CT significa constante e tendência. QE indica-nos o mês e o ano em que ocorre a quebra estrutural.

***, ** e * denotam significante a 1%, 5% e 10%, respetivamente.

Tabela 7.2. Perron Unit Root Test -Suécia

		Perron Unit Root Test					
		C	QE	T	QE	CT	QE
LIPI	Level	-4.8570	2012m08	-4.2858	2011m02	-4.6865	2012m08
	1st dif	-13.099***	2013m07	-13.244***	2011m05	-13.628***	2012m01
LRES	Level	-6.8640***	2011m03	-6.2304***	2013m09	-6.9161***	2011m03
	1st dif	-4.9153	2011m12	-4.8140*	2013m07	-4.9179	2013m06
LTN	Level	-5.6927**	2012m08	-5.2650**	2013m09	-5.7210**	2012m09
	1st dif	-4.9352*	2011m09	-4.7359*	2013m06	-4.9026	2011m09
LFOSSIL	Level	-7.0417***	2011m05	-5.9544***	2011m09	-7.0110***	2011m05
	1st dif	-5.3058**	2011m02	-5.3699**	2012m08	-5.1013	2011m02
LHYDRO	Level	-4.5689	2011m07	-4.0587	2012m05	-4.5072	2011m07
	1st dif	-8.8688***	2011m09	-9.0200***	2010m09	-8.9060***	2011m09
LRXM	Level	-5.2725**	2013m10	-4.2652	2014m01	-5.5156*	2013m04
	1st dif	-4.9554*	2013m10	-4.1246	2013m12	-5.1465	2013m12

Notas: C significa constante, T significa tendência e CT significa constante e tendência. QE indica-nos o mês e o ano em que ocorre a quebra estrutural.

***, ** e * denotam significante a 1%, 5% e 10%, respetivamente.

4. Resultados empíricos

Após concluirmos que as variáveis são $I(0)$ e $I(1)$ procedemos à estimação do modelo ARDL e do teste de cointegração. A estimação do ARDL corroborou a presença de efeitos de curto e longo prazo. As estimações foram submetidas a testes diagnósticos que permitem verificar a não violação das propriedades econométricas desejadas. Sendo eles os seguintes: Teste de Normalidade *Jarque-Bera test*; Correlação serial de *Breusch-Godfrey test LM*; Teste *ARCH* para a heterocedasticidade; e *Ramsey test* para a especificação do modelo.

Em seguida apresentamos o Modelo ARDL estimado para a Estónia, tabela 8, e para a Suécia, tabela 9, bem como todos os testes diagnósticos realizados.

Tabela 8. Modelo ARDL estimado - Estónia

	LIPI	LFOSSIL	LRES	LHYDRO
DLIPI(-1)	-0.454180 ***	2.061327 ***		
DLFOSSIL	0.087314 ***			-0.711420 **
DLRES				0.743487 ***
DLRES(-1)	0.019964 **			
DLHYDRO		-0.068082 **	0.121414 **	
DLHYDRO(-1)	-0.036997 ***	0.089878 ***		
DLPRICE	0.033530 *			
DLCO		0.198510 ***		
DLCO(-1)				-0.438638 **
LIPI(-1)	-0.127832 ***	0.325521 ***	0.775761 ***	-1.053269 ***
LFOSSIL(-1)	0.092504 ***	-0.384423 ***	-0.524944 **	
LRES(-1)			-0.482756 ***	0.815277 ***
LHYDRO(-1)	0.013574 ***	-0.086389 **		-0.607202 ***
LRXM(-1)	-0.012104 *			
LCO (-1)		0.200804 **	0.372724 ***	0.345918 *
<i>Dummies</i>				
D2010M04		-0.337547 ***		
D2010M06				-0.825600 **
D2010M07			-0.852633 ***	
D2011M07			-0.556984 ***	
D2012M03	-0.038639 **			
D2013M02	-0.069677 ***			
D2014M04	0.035863 **			
D2014M08				-0.754809 **
<i>Testes diagnósticos</i>				
Adjusted R-squared	0.663082	0.522831	0.618043	0.561349
SE of Regression	0.014955	0.089437	0.186542	0.321387
Jarque-Bera Normality	[0.835314]	[0.810172]	[0.569927]	[0.402272]
Breusch-Godfrey Correlation LM-Test	(1) [0.8465] (2) [0.1015] (3) [0.0625]	(1) [0.9630] (2) [0.7408] (3) [0.8939]	(1) [0.2366] (2) [0.3091] (3) [0.4722]	(1) [0.8706] (2) [0.7996] (3) [0.5994]
ARCH Test	(1) [0.9845] (2) [0.6108] (3) [0.8360]	(1) [0.4476] (2) [0.6096] (3) [0.7269]	(1) [0.3042] (2) [0.5575] (3) [0.7346]	(1) [0.6179] (2) [0.2690] (3) [0.2558]
Ramsey Reset Test	[0.6216]	[0.6547]	[0.2841]	[0.2444]

Notas: Os testes diagnósticos foram baseados no *F-statistic*. Em [] representamos os *p-values*. Em () representamos os lags tanto para as variáveis como para os testes. O método estimado foi o *least squares*. ***, ** e * denotam significativa a 1%, 5% e 10%, respetivamente.

Os potenciais choques a que as duas economias estiveram sujeitas foram controlados através da inclusão de várias variáveis dummy. Não houve necessidade de incluir constante ou tendência no modelo uma vez que não tinham significância.

Tabela 9. Modelo ARDL estimado - Suécia

	LIPI	LFOSSIL	LRES	LTN	LHYDRO
Constante	1.356672 ***				
Tendência		-0.022168 ***			
DLIPI					
DLIPI(-1)	-0.385821 ***			1.208919 *	-1.895037 **
DLFOSSIL	0.020987 ***		0.171753 ***		
DLFOSSIL(-1)			0.174159 ***		0.209199 ***
DLRES	-0.039865 **	1.456649 ***		0.385644 ***	
DLRES(-1)					
DLHYDRO				-0.362765 ***	
DLHYDRO(-1)		0.506018 *			
DLTN	0.020910		0.304970 ***	0.234559 ***	-0.437605 ***
DLRXM		-0.111797 *		0.121250 ***	0.060019 **
DLRXM(-1)	0.011460 **				0.062304 **
LIPI(-1)	-0.243703 ***	-1.774689 ***		0.679827 ***	0.703727 ***
LFOSSIL(-1)	0.016629 ***	-0.709823 ***			-0.057379 **
LRES(-1)	-0.046120 ***	1.775107 ***	-0.360114 ***	0.157811 **	
LHYDRO(-1)					-0.337148 ***
LTN(-1)			0.309615 ***	-0.502773 ***	
LRXM(-1)					
<i>Dummies</i>					
D2011M09				-0.331274 ***	
D2012M01	0.043920 **				
D2012M05	0.059340 ***				
<i>Testes diagnósticos</i>					
Adjusted R-squared	0.552535	0.605736	0.545923	0.691827	0.460759
SE of Regression	0.016069	0.312353	0.127731	0.107678	0.121496
Jarque-Bera Normality	[0.758870]	[0.319498]	[0.281057]	[0.760343]	[0.753163]
Breusch-Godfrey Correlation LM	(1) [0.6794] (2) [0.6021] (3) [0.6976]	(1) [0.4961] (2) [0.6473] (3) [0.5871]	(1) [0.5446] (2) [0.7870] (3) [0.4181]	(1) [0.1966] (2) [0.2850] (3) [0.4095]	(1) [0.3227] (2) [0.6152] (3) [0.7870]
ARCH Test	(1) [0.1250] (2) [0.3408] (3) [0.5568]	(1) [0.2445] (2) [0.4873] (3) [0.6500]	(1) [0.7865] (2) [0.9038] (3) [0.6094]	(1) [0.8779] (2) [0.9144] (3) [0.6886]	(1) [0.9942] (2) [0.4601] (3) [0.7729]
Ramsey Reset Test	[0.6585]	[0.8294]	[0.3326]	[0.7615]	[0.3973]

Notas: Os testes diagnósticos foram baseados no F-statistic. Em [] representamos os p-values. Em () representamos os lags tanto para as variáveis como para os testes. O método estimado foi o least squares. ***, ** e * denotam significativa a 1%, 5% e 10%, respetivamente.

Os resultados obtidos tanto para a Estónia e para a Suécia (Tabelas 8 e 9) demonstram que os modelos apresentam uma estrutura de curto e longo prazo. As variáveis *LIPI(-1)*, *LFOSSIL(-1)*, *LRES(-1)*, *LTN(-1)* e *LHYDRO(-1)* no longo prazo, para os seus respetivos modelos, suportam as variáveis dependentes demonstrando a convergência dos modelos para o equilíbrio.

Verificando o resultado dos testes de diagnóstico para os dois modelos podemos confirmar que, quanto aos seus resíduos, pela estatística de Jarque-Bera, estes têm um comportamento de normalidade para ambos os países nos vários modelos. O teste *Breusch-Godfrey Correlation Serial LM* rejeita na primeira, segunda e terceira ordem a correlação serial entre as equações, à exceção da terceira ordem para o Modelo LIPI da Estónia. O teste ARCH confirma que os resíduos são homocedásticos em todas as equações e o Teste Ramsey analisa a estabilidade dos parâmetros e mostra para os dois modelos uma relação funcional correta entre as variáveis e as equações.

Para verificarmos que as variáveis independentes são estatisticamente significantes e que devem ser preservadas nos modelos dos dois países, procedemos ao cálculo do *Likelihood Ratio Exclusion Test (LR)* para cada variável e no conjunto das variáveis (Tabelas 10 e 11). Os resultados evidenciam que de facto os modelos não restritos, com a inclusão dessas variáveis, são os adequados.

Nos modelos estimados nas Tabelas 8 e 9 pode-se ainda observar que o coeficiente da variável dependente com um desfaseamento - $LIPI(-1)$, $LFOSSIL(-1)$, $LRES(-1)$, $LHYDRO(-1)$ e $LTN(-1)$ - é negativo e significativo a 1% em todos os modelos. Pelo que, segundo o teste ECM podemos ver que quanto ao IPI a Estónia possui uma velocidade de ajustamento mais baixa (-0.128) do desequilíbrio de curto prazo até ao equilíbrio de longo prazo do que a Suécia (-0.244). Já quanto às fontes de eletricidade podemos ver que na Estónia a fonte Fóssil (-0.384) é a que demora mais tempo a voltar a ajustar-se, enquanto a fonte Hídrica é a que demora menos (-0.607). Na Suécia a fonte que demora mais tempo a voltar a ajustar-se é a Hídrica (-0.337) e a que demora menos é a Fóssil (-0.71). Estes resultados vão claramente de encontro ao peso relativo de cada fonte de geração de eletricidade que encontramos em cada país e que foi vista aquando da revisão de literatura.

Tabela 10. Likelihood Ratio Exclusion Test - Estónia

Dependent Variable	LIPI	LFOSSIL	LRES	LHYDRO
LIPI(-1)	35.20382***	9.854887***	11.24446***	15.18843***
LFOSSIL(-1)	33.80136***	12.67925***	6.896257**	
LRES(-1)			30.66718***	15.47412***
LHYDRO(-1)	7.809244***	7.075077**		31.26631***
LRXM(-1)	3.424993**			
LCO(-1)		6.757215**	9.343214***	3.823366**
ALL	15.00777***	4.287615***	9.789926***	8.378845***

Nota: F-statistic. *** e ** denotam significante a 1% e 5% respetivamente.

Tabela 11. Likelihood Ratio Exclusion Test - Suécia

Dependent Variable	LIPI	LFOSSIL	LRES	LTN	LHYDRO
LIPI(-1)	10.76655***	25.00025***		20.16204***	17.98531***
LFOSSIL(-1)	11.23698***	32.10959***			4.348120**
LRES(-1)	13.63205***	31.25304***	19.79508***	5.771736**	
LTN(-1)			19.92790***	25.77300***	
LHYDRO(-1)					13.52520***
ALL	5.945481***	11.49411***	10.06108***	8.691431***	7.920151***

Nota: F-statistic. *** e ** denotam significante a 1% e 5% respetivamente.

A fim de verificar a presença de uma relação de longo prazo entre as variáveis, realizamos o *Bounds Test*. Estes resultados são resumidos nas Tabelas 12 e 13.

Tabela 12. Resultado Bounds Test - Estónia

K	Variável dependente	F-statistic	C&T	Valores críticos	
				Bottom	Top
3	DLIPI	15.00777***	Sem C e sem T	3.42	4.84
3	DLFOSSIL	4.287615***	Sem C e sem T	3.42	4.84
3	DLRES	9.789926***	Sem C e sem T	3.42	4.84
3	DLHYDRO	11.15655***	Sem C e sem T	3.42	4.84

Nota: C significa constante e T significa tendência. K é o número de variáveis independentes na equação estimada. Os valores críticos foram obtidos através de Pesaran et al. (2001). *** Significância a 1%.

Podemos ver que para a Estónia a hipótese nula de não cointegração é rejeitada em todos os modelos, ao nível de significância de 1%, confirmando a existência de uma relação de longo prazo entre as variáveis.

Tabela 13. Resultado Bounds Test - Suécia

K	Variável dependente	F-statistic	C&T	Valores críticos	
				Bottom	Top
2	DLIPI	5.945481***	Com C e sem T	4.13	5.00
2	DLFOSSIL	11.49411***	Sem C e com T	6.34	7.52
1	DLRES	10.06108***	Sem C e sem T	4.81	6.02
2	DLTN	8.691431***	Sem C e sem T	3.88	5.30
2	DLHYDRO	7.920151***	Sem C e sem T	3.88	5.30

Nota: C significa constante e T significa tendência. K é o número de variáveis independentes na equação estimada. Os valores críticos foram obtidos através de Pesaran et al. (2001).

*** Significância a 1%.

Também para a Suécia podemos confirmar a existência de uma relação de longo prazo entre as variáveis, uma vez que, para todos os modelos rejeitamos a hipótese nula de não cointegração ao nível de significância de 1%.

As elasticidades de longo prazo são calculadas a partir dos coeficientes estimados das variáveis independentes com um grau de desfasamento dividido pelo coeficiente da variável dependente com um grau de desfasamento e em seguida multiplicado por um sinal negativo. As elasticidades de curto prazo são representadas pelos coeficientes das respetivas variáveis em primeiras diferenças que podemos ver nas tabelas 8 e 9. A tabela 14 apresenta as elasticidades de longo prazo para os dois países.

Tabela 14. Elasticidades de longo prazo

Modelos	IPI		FOSSIL		RES		HYDRO		NUCLEAR
	Estónia	Suécia	Estónia	Suécia	Estónia	Suécia	Estónia	Suécia	Suécia
LIPI(-1)			0.847***	-2.500***	1.607***		-1.735***	2.087***	1.352***
LFOSSIL(-1)	0.724***	0.068***			-1.087***			-0.170	
LRES(-1)		-0.189***		2.501***			1.343***		0.314***
LHYDRO(-1)	0.106**		-0.225**						
LRXM(-1)	-0.095**					0.860***			
LCO(-1)			0.522***		0.772***		0.570*		

Nota: ***, ** e * denotam significante a 1%, 5% e 10%, respetivamente.

As elasticidades de curto prazo no Modelo IPI revelam que para a Estónia as fontes Fossil e Renovável exercem um impacto positivo no crescimento do país. Um aumento de 1% na produção de Fossil poderia levar a um aumento de 0,087% no crescimento e um aumento de 1% na produção de Renovável poderia levar a um aumento de 0.020% no crescimento. Enquanto a fonte Hídrica tem um impacto negativo no crescimento de -0.037%. Já para a Suécia são as fontes Fossil e a Nuclear que exercem esse impacto positivo no crescimento. Um aumento de 1% tanto na produção de Fossil como na produção de Nuclear poderia levar a um aumento de 0.021% no crescimento. Enquanto a fonte Renovável tem um impacto negativo no crescimento de -0.040%.

As elasticidades de longo prazo também no Modelo IPI mostram que a fonte Fossil exerce um impacto positivo no crescimento tanto da Estónia (0.724%) como na Suécia (0.068%). Também a fonte Hídrica tem um impacto positivo no crescimento da Estónia (0.106%), mas na Suécia verificamos que a fonte renovável tem um impacto negativo no crescimento (-0.189%).

Quanto aos modelos por fonte de eletricidade, as elasticidades de curto prazo indicam-nos que um aumento de 1% no IPI leva a um impacto positivo de 2.061% na produção Fossil na Estónia, ao impacto positivo de 1.209% na produção Nuclear da Suécia e ao impacto negativo de -1.895% na produção Hídrica da Suécia. No longo prazo esse mesmo aumento de 1% no IPI da Estónia levaria a um impacto positivo de 0.847% na produção Fossil, a um impacto positivo de 1.607% na produção Renovável e a um impacto negativo de -1.735% na produção Hídrica. Na Suécia um aumento de 1% no IPI levaria a um impacto negativo de -2.5% na produção Fossil e a impactos positivos na produção Hídrica e Nuclear de 2.087% e 1.352% respetivamente.

As elasticidades de curto prazo entre fontes de eletricidade mostram-nos que na Estónia a fonte Hídrica exerce um impacto negativo de -0.068% na fonte Fossil e a fonte Fossil exerce um impacto negativo de -0.711% na fonte Hídrica, enquanto na Suécia a fonte Hídrica e a fonte Renovável exercem um impacto positivo de 0.506% e de 1.457% na fonte Fossil respetivamente e a fonte Fossil exerce um impacto positivo de 0.209% e de 0.172% na fonte Hídrica e Renovável respetivamente. Na Estónia a fonte Hídrica influencia positivamente em

0.121% a fonte Renovável e a fonte Renovável influencia em 0.743% a fonte Hídrica, enquanto na Suécia a fonte Renovável é influenciada positivamente pela fonte Nuclear em 0.305% e a fonte Nuclear é influenciada positivamente pela fonte Renovável em 0.386%. Também na Suécia a fonte Nuclear exerce um efeito negativo na fonte Hídrica de -0.438% e a fonte Hídrica exerce um efeito negativo na fonte Nuclear de -0.363%. Estes resultados vão inspirar a discussão que se segue.

5. Discussão

Depois de construídos os modelos ARDL e verificado que todos passavam nos testes diagnósticos necessários, podemos então analisar as respectivas elasticidades de curto e longo prazo e constatar as diversas relações existentes e a influência exercida entre variáveis. Assim verificámos que estas elasticidades nos indicam haver na Estónia uma relação bidirecional de curto e longo prazo entre a eletricidade fóssil e o crescimento, o que possivelmente sustenta a existência da chamada *Hipótese Feedback*. No entanto, a elasticidade de curto prazo da eletricidade renovável para com o crescimento sustenta a *Hipótese Crescimento*. Por outro lado, a elasticidade de longo prazo sustenta a *Hipótese Conservadora*, uma vez que o crescimento levará a mais eletricidade renovável. Esta hipótese vai de encontro a outros trabalhos já desenvolvidos, uma vez que, existe um efeito rendimento, isto é, os países encontram-se mais disponíveis a investir em fontes renováveis, que são por natureza mais dispendiosas, quando possuem uma maior riqueza. Sabendo que a Estónia é um dos maiores produtores de xisto betuminoso no mundo e que este tipo de energia ocupa a maior parcela da produção de energia, apesar de ao nível ambiental não ser o mais indicado, é recomendável que no futuro próximo a Estónia continue a recorrer a este tipo de produção de forma a poder crescer, podendo no entanto procurar investir também em renováveis para que possa continuar a seguir as políticas ambientais europeias. Como os resultados mostram que esta é uma fonte demasiado importante no crescimento económico a Estónia pode apostar no seu desenvolvimento tecnológico e científico para que consiga reduzir a emissão de poluentes na produção de eletricidade através do xisto betuminoso.

Por sua vez, as elasticidades da Suécia suportam a existência de uma relação unidirecional no curto prazo da eletricidade fóssil para o crescimento, o que sustenta a chamada *Hipótese Crescimento*. No entanto, no longo prazo, para além de verificarmos também uma relação positiva da eletricidade fóssil para com o crescimento encontramos uma relação negativa do crescimento para com a eletricidade fóssil, o que se deve ao facto de a Suécia já se encontrar no uso pleno da sua capacidade fóssil pelo que mesmo com crescimento económico não se deverá apostar nesta fonte de eletricidade. As elasticidades entre a eletricidade renovável e o crescimento indicam-nos uma relação negativa da eletricidade renovável para com o crescimento tanto no curto como no longo prazo, o que nos faz acreditar que a aposta em renováveis na Suécia tem enormes custos para o país. A eletricidade de fonte nuclear tem sido a aposta forte da Suécia, embora venha sendo reduzida por decisão política. No entanto, os nossos modelos confirmam essa importância da fonte nuclear no crescimento económico do país uma vez que no curto prazo se verifica uma relação bidirecional entre eles, existindo assim evidência para a *Hipótese Feedback*. No longo prazo o mesmo não se verifica, o crescimento económico induz a mais eletricidade nuclear - *Hipótese Conservadora* - o que está de acordo com Wolde-Rufael & Menyah (2010). No

entanto, isto não deverá acontecer, uma vez que, a Suécia tem adotado diversas medidas de redução das centrais nucleares a favor da promoção de energias renováveis. Também no longo prazo as elasticidades indicam-nos uma relação do crescimento para com a eletricidade hídrica - *Hipótese Conservadora* - o que poderá indicar ser uma boa alternativa à fonte nuclear.

Recordando as interações entre as fontes de eletricidade na Estónia, no curto prazo, verificamos haver uma influência bidirecional negativa entre a fonte fóssil e a fonte hídrica, o que significa que estamos na presença de um efeito de substituição entre as duas fontes. Por sua vez, entre a fonte hídrica e a fonte renovável já existe uma relação bidirecional positiva o que demonstra que a aposta em eletricidade renovável promoverá também a geração de mais eletricidade hídrica e vice-versa, o que se deverá ao facto de também a fonte hídrica ser uma fonte renovável. A análise no longo prazo mostra que mais hídrica leva a existência de menos fóssil, de que menos fóssil leva a existência de menos renovável e de que mais renovável leva a existência de mais hídrica. Este resultado, como não poderia deixar de ser, demonstra que as fontes renovável e hídrica podem coabitar e complementarem-se tendo sempre em conta que a fonte fóssil é necessária para servir de base à implementação das outras fontes, uma vez que se assim não for feito menos fóssil provocará também menos renovável.

Quanto às interações entre fontes de eletricidade na Suécia, encontramos no curto prazo um conjunto de relações bidirecionais: Fóssil ↔ Renovável (positiva); Fóssil ↔ Hídrica (positiva); Nuclear ↔ Renovável (positiva) e Nuclear ↔ Hídrica (negativa). A análise no longo prazo mostra que mais renovável leva a mais fóssil, mais nuclear leva a mais renovável, mais renovável leva a mais hídrica e que mais fóssil leva a menos nuclear. Na Suécia encontramos entre as fontes de eletricidade resultados completamente opostos aos da Estónia, aqui a fonte fóssil pode coabitar com a fonte renovável e hídrica. Isto acontece uma vez que para este país a fonte fóssil não é preponderante. O mesmo já não acontece entre a nuclear e a hídrica que tem uma relação negativa uma vez que são fontes com grande peso no país e apresentam um efeito de substituição entre elas.

Também através das elasticidades podemos retirar algumas relações do IPI ou das fontes de eletricidade com o rácio exportação importação na Estónia e Suécia ou com o preço da eletricidade e a concentração média de monóxido de carbono no ar para a Estónia. Assim encontramos que no curto prazo para a Suécia o rácio exportação importação influencia positivamente tanto o IPI como as fontes de eletricidade, à exceção da fonte fóssil. Esta exceção deverá dever-se ao facto da produção de eletricidade fóssil ser muito diminuta na Suécia o que a torna ineficiente para exportação. Também no curto prazo existem elasticidades para a Estónia que indicam que o Preço da eletricidade influencia positivamente o IPI, ou seja ao subirmos o preço da eletricidade a produtividade industrial irá aumentar também.

Assim, os formuladores de políticas da Estónia devem apoiar o seu desenvolvimento científico e tecnológico para a redução da emissão de poluentes na produção de eletricidade

através do xisto betuminoso, bem como, promover políticas de redução do consumo de eletricidade e de eficiência energética de modo a que se possa abandonar parte do uso de eletricidade de fonte fóssil. Na Suécia as opções políticas devem passar também pelo seu desenvolvimento tecnológico mas com vista ao melhoramento dos sistemas hidroelétricos, bem como, a implementação de maior capacidade de armazenamento desta fonte.

6. Conclusões

Este estudo focou-se em dois países integrantes do NPS, a Estónia e a Suécia, no período temporal de Janeiro de 2010 a Outubro de 2014 com dados mensais. O estudo está centrado em analisar as inter-relações entre as diversas fontes de eletricidade e destas com o crescimento económico, controlando para outros efeitos como o da integração num mercado comum de eletricidade. Procurou-se também controlar para o efeito de uma variável ambiental (monóxido de carbono) e verificar a sua relação com as outras variáveis. Assim, este estudo pretende contribuir para o debate sobre o nexus energia-crescimento, diferenciando as diversas fontes de eletricidade existentes e verificando a sua influência no crescimento económico, e vice-versa, bem como a dinâmica de curto e de longo prazo existente entre essas mesmas fontes. É importante recordar que as fontes de eletricidade existentes e a sua capacidade instalada são muito diferentes nestes dois países.

A análise mostra que tanto na Suécia como na Estónia, no curto prazo, a fonte fóssil promove o crescimento económico. No entanto, no longo prazo isso apenas se verifica na Estónia e também apenas neste país o crescimento económico promove a aposta na fonte fóssil. Quanto à fonte renovável verificou-se para a Estónia hipóteses contrárias no curto e no longo prazo. De facto, no curto prazo a fonte renovável promove mais crescimento mas no longo prazo é o crescimento que promove mais eletricidade de fonte renovável. Já a Suécia tem tanto no curto como no longo prazo elasticidades negativas. Estes resultados levam-nos a acreditar que a Estónia deve encorajar a aposta em fontes renováveis através de mais instrumentos de apoio, enquanto na Suécia se percebe que não existem ainda condições para investir mais nas renováveis. A maior fonte de eletricidade da Suécia é a fonte nuclear e aí verificamos que no curto prazo existe uma relação bidirecional desta para com o crescimento económico e vice-versa, enquanto no longo prazo apenas o crescimento económico induz a mais eletricidade de fonte nuclear.

Estes resultados indicam-nos que a Estónia, sendo ainda quase totalmente dependente da fonte fóssil através do xisto betuminoso, deve continuar a promoção da eletricidade de fonte renovável, procurando medidas políticas de apoio às renováveis que possam substituir o xisto betuminoso. Este país tem apresentado um crescimento do seu IPI, o que, como vimos anteriormente, suporta a criação de mais renovável. A Suécia, no presente, já possui uma maior percentagem de eletricidade de fonte renovável comparativamente com a Estónia. No entanto, ainda é em grande parte dependente da fonte nuclear que pretende diminuir através da gradual desativação de centrais nucleares. Para isso, deverá proceder a um reforço da fonte hídrica ou ao aprofundamento e melhoramento das fontes renováveis de eletricidade. Estes investimentos poderão prejudicar o crescimento do país no curto prazo mas são as alternativas existentes para substituição da fonte nuclear.

Como foi referido inicialmente existe ainda muito espaço no que concerne ao estudo destes países, pelo que poderá ser recomendável relacionar as fontes de eletricidade com outro índice da atividade económica para além do usado neste estudo.

Referências bibliográficas

- Akkemik, K. Ali and Koray Göksal. 2012. "Energy Consumption-GDP Nexus: Heterogeneous Panel Causality Analysis." *Energy Economics* 34(4):865-73.
- Alshehry, Atef Saad and Mounir Belloumi. 2015. "Energy Consumption, Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: The Case of Saudi Arabia." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41:237-47.
- Apergis, Nicholas and James E. Payne. 2012. "Renewable and Non-Renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence from a Panel Error Correction Model." *Energy Economics* 34(3):733-38.
- Cardoso, António, José Alberto, and Angeliki N. Menegaki. 2014. "Interactions between Electricity Generation Sources and Economic Activity in Greece : A VECM Approach." 132:34-46.
- Cowan, Wendy N., Tsangyao Chang, Roula Inglesi-Lotz, and Rangan Gupta. 2014. "The Nexus of Electricity Consumption, Economic Growth and CO2 Emissions in the BRICS Countries." *Energy Policy* 66:359-68.
- Fuinhas, José Alberto and António Cardoso Marques. 2012. "Energy Consumption and Economic Growth Nexus in Portugal, Italy, Greece, Spain and Turkey: An ARDL Bounds Test Approach (1965-2009)." *Energy Economics* 34(2):511-17.
- Ilieva, Iliana and Torjus Folsland. 2014. "An Econometric Analysis of the Regulation Power Market at the Nordic Power Exchange." *Energy Procedia* 58(1876):58-64.
- Imran, Kashif and Ivana Kockar. 2014. "A Technical Comparison of Wholesale Electricity Markets in North America and Europe." *Electric Power Systems Research* 108:59-67.
- Inglesi-Lotz, Roula. 2015. "The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Growth: A Panel Data Application." *Energy Economics* 1-6.
- International Energy Agency. 2013. "Energy Policies of IEA Countries: Sweden 2013 Review." 28.
- Johansen, Søren. 2000. "Modelling of Cointegration in the Vector Autoregressive Model." *Economic Modelling* 17(3):359-73.
- Lee, Chien Chiang. 2006. "The Causality Relationship between Energy Consumption and GDP in G-11 Countries Revisited." *Energy Policy* 34(9):1086-93.
- Lin, Boqiang and Mohamed Moubarak. 2014. "Renewable Energy Consumption - Economic Growth Nexus for China." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 40:111-17.
- Mehra, Mohsen. 2007. "Energy Consumption and Economic Growth: The Case of Oil Exporting Countries." *Energy Policy* 35(5):2939-45.
- Menegaki, Angeliki N. and Ilhan Ozturk. 2013. "Growth and Energy Nexus in Europe Revisited: Evidence from a Fixed Effects Political Economy Model." *Energy Policy* 61:881-87.

- Million, S. E. K. 2013. “» A LEADING ROLE FOR A SECURE AND SUSTAINABLE ENERGY SUPPLY
« NET INCOME FOR THE YEAR AMOUNTED TO AT THE END OF THE YEAR WAS 478.”
- Omri, Anis. 2014. “An International Literature Survey on Energy-Economic Growth Nexus: Evidence from Country-Specific Studies.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38:951-59.
- Omri, Anis, Nejah Ben Mabrouk, and Amel Sassi-Tmar. 2015. “Modeling the Causal Linkages between Nuclear Energy, Renewable Energy and Economic Growth in Developed and Developing Countries.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42:1012-22.
- Payne, James E. 2010. “A Survey of the Electricity Consumption-Growth Literature.” *Applied Energy* 87(3):723-31.
- Perron, P. 2006. “Dealing with Structural Breaks.” *Palgrave handbook of econometrics* 1:278-352.
- Pesaran, M. Hashem, Yongcheol Shin, and Richard J. Smith. 2001. “Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships.” *Journal of Applied Econometrics* 16(3):289-326.
- Del Río, Pablo and Pere Mir-Artigues. 2014. “Combinations of Support Instruments for Renewable Electricity in Europe: A Review.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 40:287-95.
- Salim, Ruhul a., Kamrul Hassan, and Sahar Shafiei. 2014. “Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Activities: Further Evidence from OECD Countries.” *Energy Economics* 44:350-60.
- Sebri, Maamar. 2015. “Use Renewables to Be Cleaner : Meta-Analysis of the Renewable Energy Consumption - Economic Growth Nexus.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 42:657-65.
- Shin, Yongcheol and M. Hashem Pesaran. 1999. “An Autoregressive Distributed Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis.”
- Swedish Energy Agency. 2013. “Energy in Sweden 2013.” 115.
- Wolde-Rufael, Yemane and Kojo Menyah. 2010. “Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in Nine Developed Countries.” *Energy Economics* 32(3):550-56.
- Zivot, Eric and Donald W. K. Andrews. 1992. “Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis.” *Journal of Business & Economic Statistics* 10(1):251-70.