



ANÁLISE TÉCNICA DO IMPACTO DA MUDANÇA DE HORA LEGAL NA PENETRAÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NÃO CONTROLÁVEL NO CONSUMO EM PORTUGAL CONTINENTAL

Nota Técnica 235-UER-2018

J. Silva, A. Couto, J. Duque

Unidade de Energias Renováveis e Integração de Sistemas de Energia (UER)

LNEG

Outubro 2018

Resumo

A análise técnica do impacto da alteração do regime de hora legal no consumo de energia em Portugal Continental, suprido pela geração de energia renovável não despachável (VRE) e, por isso, não regulável em função do consumo, procurou averiguar a presença de eventuais benefícios que poderiam decorrer dessa alteração. Contudo, neste domínio de análise, não foi detetada a existência de qualquer vantagem significativa decorrente da alteração do regime de hora legal vigente para quaisquer outros regimes de hora legal analisados.

Índice

1. Introdução	4
2. Premissas, dados e definição dos cenários	4
2.1 <i>Premissas assumidas</i>	4
2.2 <i>Dados utilizados</i>	5
2.3 <i>Definição dos cenários</i>	7
3. Análise de resultados	8
3.1 <i>Caso A – Consumo total</i>	8
3.2 <i>Caso B – Consumos setoriais</i>	16
4. Notas finais	20
Bibliografia:	22
Anexo A: Caso B – Consumos Setoriais	24

1. Introdução

Na sequência da consulta pública promovida pela comissão europeia sobre as disposições relativas à hora de verão [1], o Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I. P. (LNEG), procedeu a uma análise técnico-científica sobre o impacto da alteração do regime de hora legal na penetração do consumo de energia¹ suprido pela produção renovável não controlável (VRE) em Portugal Continental. A relevância da análise apresentada neste documento advém da elevada penetração no sistema elétrico nacional de energia com base em recursos renováveis (e.g., solar fotovoltaico – PV e eólica) diretamente dependentes da hora solar, cuja elevada participação no *mix* energético é crucial no ajuste do binómio produção/consumo.

A análise apresentada no presente documento recorre a dados históricos de produção e consumo de energia, publicamente disponíveis, e a métricas estatísticas usualmente aplicadas no setor energético, centrando-se em duas escalas de consumo distintas, em específico: *i)* consumo nacional agregado, e *ii)* consumos por setores de atividade. As duas principais opções estratégicas² possíveis para assegurar um regime harmonizado (definidas pela comissão europeia), bem como a influência do aumento previsto da capacidade VRE num futuro próximo em Portugal, nomeadamente através da integração em larga escala da tecnologia solar PV, foram contempladas na análise que se apresenta nas próximas secções.

Na secção 2 apresentam-se as premissas, dados e os cenários aplicados neste trabalho. Os resultados para as duas escalas de consumo analisadas são apresentados na secção 3 e, finalmente, na secção 4 são providenciadas algumas conclusões.

2. Premissas, dados e definição dos cenários

2.1 Premissas assumidas

No âmbito deste estudo, definiram-se as seguintes premissas a aplicar com a alteração do regime de hora legal:

***i)* O consumo de energia acompanha a alteração do regime de hora legal,**

- a) **na sua totalidade**, nesta situação considera-se que todo o consumo está diretamente relacionado com os períodos de trabalho e como tal, com o horário legal – caso A;
- b) **com exceção da componente de consumo associada à iluminação pública**, neste caso considera-se que esta componente do consumo depende somente da duração do período noturno, e por isso, não acompanha a alteração do regime de hora legal – caso B;

***ii)* A geração renovável não controlável (VRE) mantém o valor e não acompanha a alteração do regime da hora legal** dado depender apenas da disponibilidade do recurso.

¹ Este trabalho não contempla a vertente sociológica resultante da análise do comportamento dos consumidores face a possíveis alterações no regime de hora legal. Nesse sentido, o consumo de energia foi mantido inalterado durante a análise apresentada neste documento.

² De acordo com o descrito na consulta pública, as duas opções estratégicas são: “1) **manter as disposições relativas à hora de verão atualmente em vigor**, definidas na Diretiva 2000/84/CE; 2) **acabar com a atual mudança semestral de hora em todos os Estados-Membros e proibir alterações de hora periódicas** – a este respeito, convém mais uma vez referir que tal opção não teria qualquer efeito na escolha do fuso horário aplicável, e que continuaria a incumbir, em última instância, a cada Estado-Membro optar de forma permanente pela hora de verão ou de inverno (ou por qualquer outra hora)”.

2.2 Dados utilizados

i. Consumo total e produção VRE

Neste estudo foram usadas as médias horárias de potência da geração VRE e do valor total do consumo de energia em Portugal Continental. Esses valores foram obtidos a partir das séries de valores históricos disponibilizadas publicamente pelo operador do sistema electroprodutor português [2], com amostragens de 15 em 15 minutos, e para o período compreendido entre as 00 horas de 1 de janeiro de 2010 e as 23 horas de 31 de dezembro de 2017.

ii. Consumo por níveis de tensão de abastecimento

De acordo com os termos estabelecidos no n.º 4 do artigo 272.º do Regulamento de Relações Comerciais do setor elétrico (ERSE) [3], são anualmente calculadas e publicadas pelas Redes Energéticas Nacionais (REN) as séries temporais dos perfis de consumo tipo aplicáveis a clientes finais de média tensão (MT)³, clientes finais de baixa tensão especial⁴ (BTE), clientes finais de baixa tensão normal (BTN) desagregados nas classes BTN A, BTN B e BTN C e, o consumo para iluminação pública (IP), entre outros⁵ [3]. Estes perfis de consumo tipo, ou iniciais, têm como objetivo a aplicação a todos os clientes finais que não tenham equipamentos de medição com registos em períodos de 15 minutos. As respetivas séries temporais para os diferentes perfis de consumo por cliente no período entre as 00 horas de 1 de janeiro de 2010 e as 23 horas de 31 de dezembro de 2017, com uma resolução temporal de 15 minutos, foram obtidas em [4].

Os perfis encontram-se normalizados pelo valor total anual do respetivo consumo tipo e são inferidos através da aquisição de dados de sistemas de telecontagem sendo posteriormente submetidos para aprovação pelos operadores de rede. Tendo em conta que só foi possível apurar, de forma fidedigna, os valores totais anuais dos consumos tipo para o ano 2014, apenas foi possível obter as séries temporais com os valores absolutos de energia consumida para esse ano. No caso da iluminação pública, através dos valores anuais do consumo disponibilizados pela Pordata [5], foi possível obter a série de energia para o período completo entre 2010 e 2017. Na Tabela 1 é possível identificar algumas características associadas aos perfis de consumo tipo, nomeadamente o tipo de consumidor ou cliente mais característico, bem como o seu peso relativo no consumo total de energia em 2014.

³ Destina-se à indústria de componentes automóveis, metalúrgica, moldes, vitrificação, grande hotelaria, etc. Tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1kV e igual ou inferior a 45kV. Fonte: ERSE.

⁴ Destina-se a clientes residenciais, lojas, escritórios e pequenas empresas. Potências contratadas iguais ou inferiores a 41,4kVA e uma potência mínima contratada de 1,15kVA. Fonte: ERSE.

⁵ Não foi possível ao LNEG apurar uma base de dados pública com os perfis de consumos tipo para os níveis de tensão superiores, nomeadamente, em alta tensão e muito alta tensão.

Tabela 1.– Características e consumo anual de energia em 2014⁶ dos diferentes perfis de consumo tipo analisados.

Tipo de perfil	Características dos clientes	Consumo anual em 2014 (GWh)	Peso no consumo total em 2014 (%)
BTE	Consumo comercial/industrial	335.4	0.7
BTN A	Maioritariamente empresas com potência contratada elevada	4982.8	10.8
BTN B	Maioritariamente hotelaria e alguns domésticos com elevado consumo anual	610.8	1.3
BTN C	Maioritariamente domésticos	12530.5	27.2
IP	Iluminação pública	1477.9	3.2
MT	Indústria	13935.0	30.2

iii. *Projeções da capacidade VRE instalada*

Face ao aumento previsto da capacidade renovável não controlável num futuro próximo, nomeadamente através da integração em larga escala da tecnologia solar PV, procurou-se estudar o impacto desta nova capacidade instalada com a mudança do regime de hora legal, recorrendo-se à extrapolação dos valores históricos da produção renovável. A extrapolação baseia-se no escalonamento das séries de produção VRE (eólica e solar PV), mediante a utilização de fatores de escala anuais, determinados de acordo com a capacidade instalada [6] observada entre 2010 e 2017 (Tabela 2) e os valores inferidos (Tabela 3) de dois cenários do Plano Nacional de Energia e Clima para 2030 [7]. Na Tabela 4 apresentam-se os fatores de escala anuais para as duas tecnologias VRE em análise e respetivos cenários de projeção (designados neste trabalho por *Referência* e *Ambiciosa*)

Tabela 2.– Capacidade instalada no final de cada ano em Portugal Continental. Fonte: DGEG

Capacidade Instalada em Portugal Continental [MW]								
Tecnologia	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Eólica	3865	4309	4464	4653	4876	4957	5236	5236
Solar PV	121	151	218	273	385	409	467	526

Tabela 3.– Projeções Referência e Ambiciosa para a capacidade instalada em Portugal (valores preliminares).

Projeção 2030	Capacidade Instalada [MW]	
	Eólica (Onshore+Offshore)	Solar PV
Referência	5600	1700
Ambiciosa	6100	3300

⁶ Apenas foi possível identificar de forma fidedigna os valores de consumo anual discriminados por perfis de consumo para 2014.

Tabela 4.– Fatores de escala anuais aplicados às séries de produção eólica e solar PV com base nos valores preliminares da capacidade instalada nas projeções Referência e Ambiciosa.

Projeção Referência - Fatores de escala anuais								
Tecnologia	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Eólica	1.45	1.30	1.25	1.20	1.15	1.13	1.07	1.07
Solar PV	14.05	11.26	7.80	6.23	4.42	4.16	3.64	3.23

Projeção Ambiciosa - Fatores de escala anuais								
Tecnologia	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Eólica	1.58	1.42	1.37	1.31	1.25	1.23	1.17	1.17
Solar PV	27.27	21.85	15.14	12.09	8.57	8.07	7.07	6.27

2.3 Definição dos cenários

Os cenários apresentados neste estudo foram estabelecidos de acordo com o regime de hora legal seguindo o tempo universal coordenado (UTC) como referência para o horário legal, o qual está associado à hora solar média. Tendo em consideração as duas principais opções estratégicas definidas pela comissão europeia, apresentam-se na Tabela 5 os três cenários de regime de hora legal considerados neste estudo.

Tabela 5.– Definição dos cenários considerados.

Cenários	Horário Legal	Inverno	Verão	Nota explicativa
Atual	Atual	UTC	UTC+1	Situação atual (cenário de referência)
Hdl	Inverno	UTC	UTC	Manutenção da hora de Inverno (s/mudança ao longo do ano)
HdV	Verão	UTC+1	UTC+1	Manutenção da hora de Verão (s/mudança ao longo do ano)

No cenário *Atual* (cenário de referência), a mudança da hora legal ocorre na transição do sábado para o domingo do último fim de semana de março e de outubro, correspondendo a um período de permanência de 5 meses em horário UTC (hora de inverno) e de 7 meses em horário UTC+1 (hora de verão).

Tendo em conta os dados históricos disponíveis e apresentados na secção anterior, definiram-se dois casos de estudo que analisam igualmente o impacto da geração VRE no consumo total histórico para os diferentes cenários de regime hora legal, porém, com particularidades distintas no lado do consumo de energia:

- No primeiro caso, designado por “**Caso A - Consumo total**”, todo o consumo de energia acompanha a alteração do regime de hora legal não sendo considerada qualquer setorização dos consumos.
- No segundo caso, designado por “**Caso B - Consumos sectoriais**”, considera-se que todo o consumo acompanha a alteração do regime de hora legal à exceção da componente do consumo relativa à iluminação pública que não acompanha a mudança da hora legal. Adicionalmente, neste segundo caso, é efetuada uma análise à relação da geração VRE com os perfis de consumo tipo de cada sector associados aos diferentes níveis de tensão de abastecimento.

Em cada um dos casos definidos, recorrendo-se aos dados históricos observados, é realizada uma análise histórica, e uma análise do futuro próximo (composta por duas projeções), em que os dados da geração renovável são escalados

de acordo com as potências anuais (eólica e solar PV) instaladas, conforme descrito na secção 2.2. Assim, em ambos os casos A e B são analisados os impactos dos três níveis distintos de geração renovável, designadamente: **análise histórica, projeção referência e projeção ambiciosa**.

Por forma a quantificar o impacto da alteração do regime de hora legal nos dois casos de estudo, utilizou-se também um conceito fundamental na gestão segura e robusta de um sistema electroprodutor, o consumo líquido⁷ que corresponde ao consumo não abastecido pela produção VRE, e determinaram-se alguns dos parâmetros estatísticos usualmente utilizados no setor energético para a compreensão da adequabilidade da integração da produção VRE num sistema electroprodutor, nomeadamente:

- i) contribuição da produção VRE no consumo:** avaliado por parâmetros como a correlação de *Pearson* e taxa de penetração da energia VRE no consumo (média e máxima global, e perfil diário);
- ii) variabilidade do consumo líquido:** avaliado por parâmetros como o desvio padrão e os perfis diários do consumo líquido.

3. Análise de resultados

3.1 Caso A – Consumo total

Na Figura 1 apresentam-se os perfis médios diários do consumo total nos três cenários de regime de hora legal, considerando em a) a produção eólica e solar PV histórica e, em b) e c) a produção extrapolada de acordo com a capacidade prevista, respetivamente, na *Projeção Referência (Proj. Ref.)* e na *Projeção Ambiciosa (Proj. Amb.)*. De notar que esta figura pretende contextualizar e ilustrar, através dos três gráficos apresentados, a respetiva evolução expetável do perfil diário da produção VRE, sendo que os perfis de consumo total permanecem inalterados nos três gráficos.

Os gráficos da Figura 1 permitem visualizar a evolução expetável do perfil médio diário da produção VRE de acordo com a capacidade instalada histórica e prevista nas duas projeções (*Referência e Ambiciosa*). Relativamente ao perfil diário do consumo total, observa-se que o cenário *Atual* se encontra ligeiramente mais próximo do cenário *HdV* face ao cenário *Hdl*, facto que é explicado pela coincidência da hora legal durante 7 meses do ano com o primeiro, sendo que, os consumos no cenário *HdV* e *Hdl* distam naturalmente de 1 hora.

⁷ Para auxiliar nesta análise introduziu-se o conceito de consumo líquido (C.L.) que se define como:

$$\text{Consumo líquido} = \text{Consumo total} - (\text{Produção Eólica} + \text{Produção Solar PV})$$

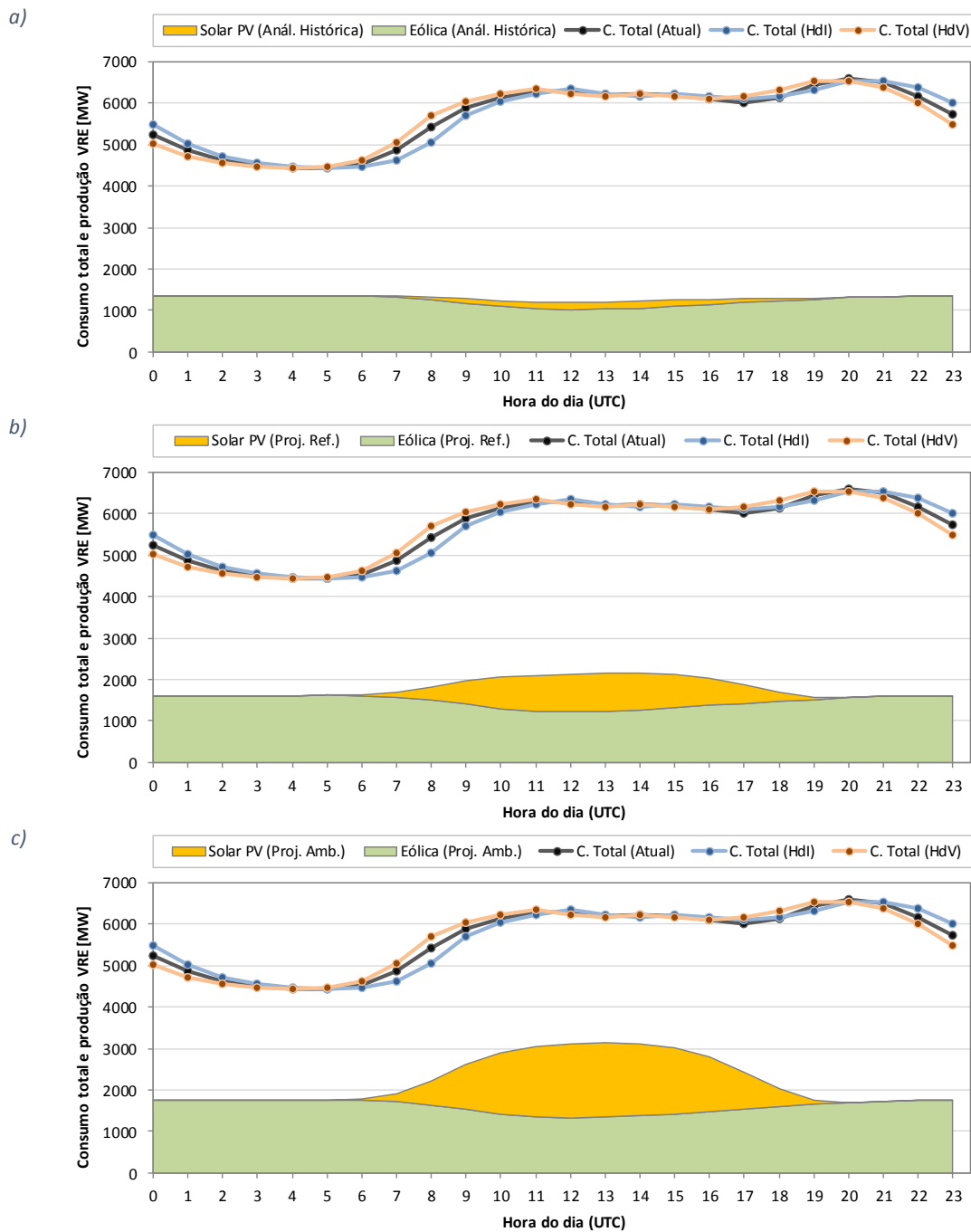


Figura 1: Perfil diário do consumo total e da produção cumulativa da VRE: a) análise histórica; b) e c) análise futuro próximo com extrapolação dos dados observados de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência (Proj. Ref.)* e *Projeção Ambiciosa (Proj. Amb.)*, respetivamente.

Na Figura 2 apresentam-se os perfis médios diários do consumo líquido para os diferentes cenários de regime de hora legal, bem como a produção eólica e solar PV, ambos referenciados ao horário UTC. Cada gráfico apresentado descreve

os perfis diários decorrentes da produção eólica e solar PV associadas à capacidade instalada, na análise histórica e nas duas análises projetadas de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência* e *Projeção Ambiciosa*.

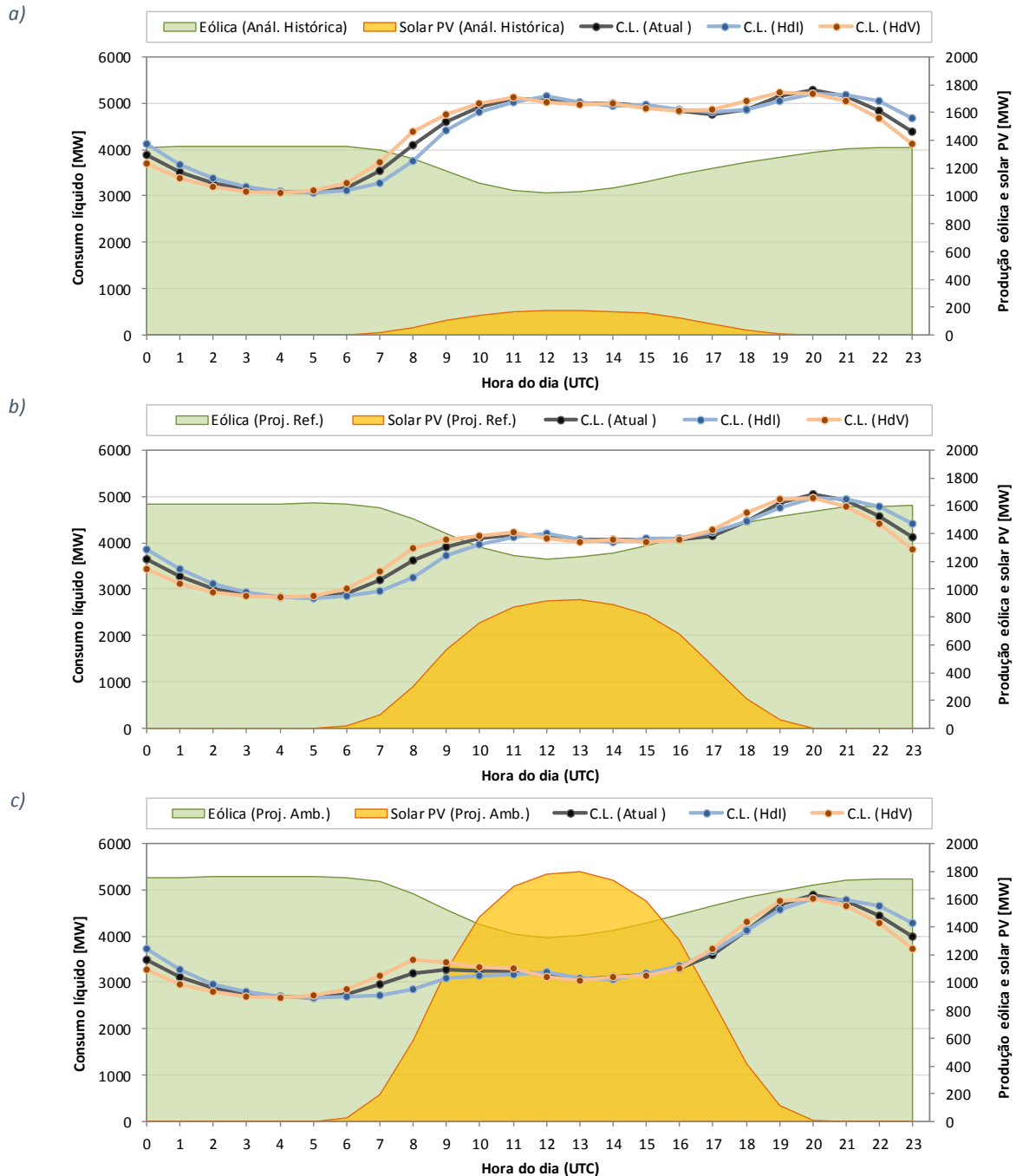


Figura 2: Perfil diário do consumo líquido e da produção VRE: a) análise histórica; b) e c) análise futuro próximo com extrapolação dos dados observados de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência* (Proj. Ref.) e *Projeção Ambiciosa* (Proj. Amb.), respetivamente.

Através da Figura 2 verifica-se que, com o aumento da capacidade VRE diminui o valor do consumo líquido sendo esta diminuição mais acentuada no período de maior produção de energia solar PV. Porém, o comportamento relativo do perfil diário para os três cenários de regime de hora legal, no geral, mantém-se similar entre os três níveis de produção VRE.

Na Figura 3 apresentam-se os perfis diários da penetração VRE no consumo total de energia, bem como as diferenças dessa penetração nos cenários *Hdl* e *HdV* face ao cenário *Atual*.

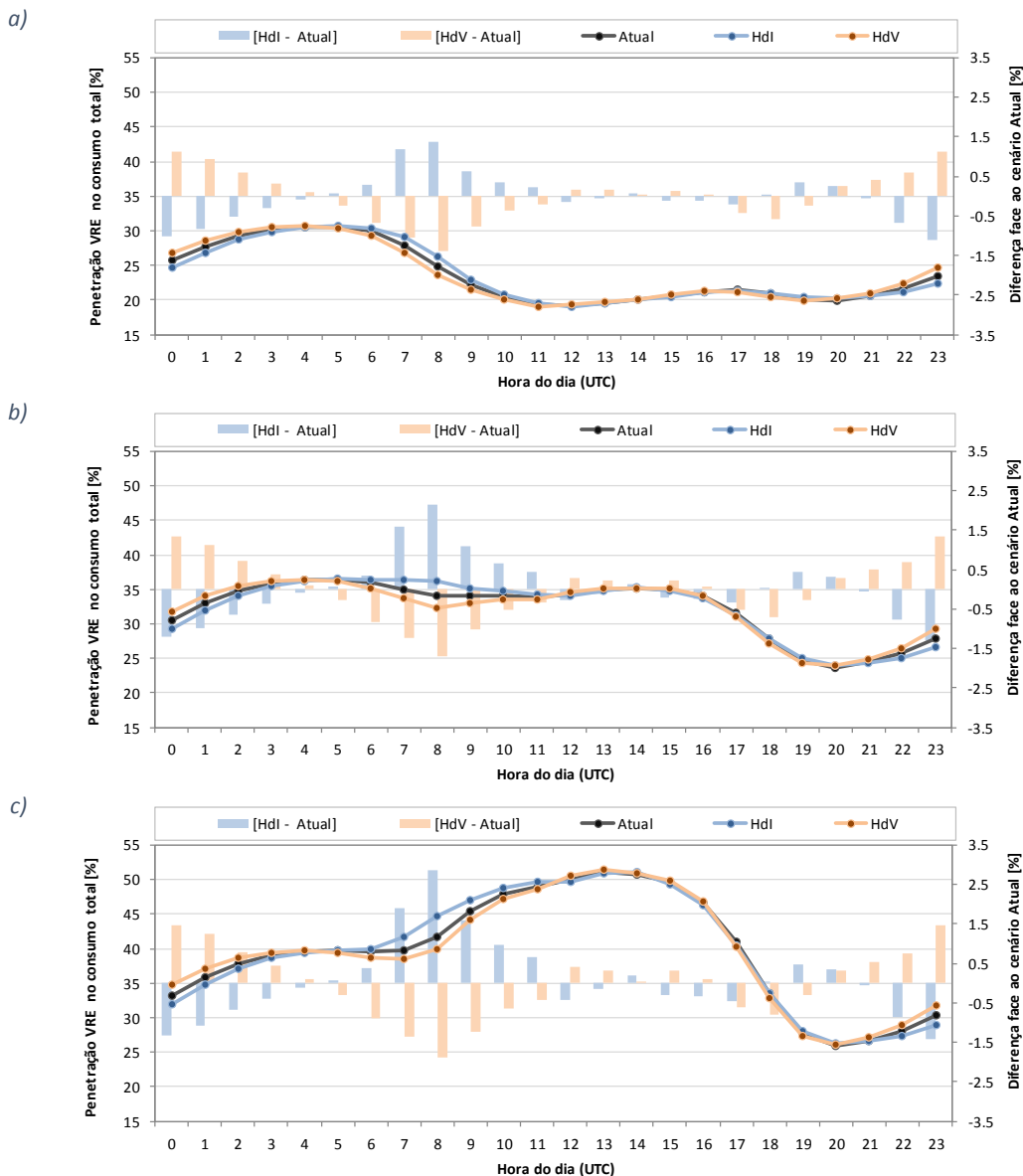


Figura 3: Perfil diário da penetração de VRE no consumo total (gráfico de linhas) e diferença face ao cenário *Atual* (gráfico de barras): a) análise histórica; b) e c) análise futuro próximo com extrapolação dos dados observados de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência (Proj. Ref.)* e *Projeção Ambiciosa (Proj. Amb.)*, respetivamente.

Os resultados da Figura 3, sugerem que:

- atualmente, o maior impacto na diferença de penetração VRE no consumo verifica-se nos períodos entre: i) as 22h e as 02h caracterizado pelo efeito positivo (maior penetração) do cenário *HdV*, de, aproximadamente, 1% face ao cenário *Atual*, e negativo no cenário *Hdl* com magnitude similar; e ii) as 07h e as 09h caracterizado por diferenças em sentido inverso relativamente ao período anterior, embora de amplitude um pouco superior;
- com o aumento da penetração das VRE no consumo total, por via de um incremento da capacidade instalada, também se acentuam as diferenças de penetração referidas anteriormente, especialmente no período entre as 07h e as 09h. De notar que, neste período a maior amplitude observada no cenário *Hdl* face ao cenário *HdV* é motivada pela maior duração do período de hora legal não coincidente entre o primeiro e o cenário *Atual* (7 meses).

Face ao exposto, e analisando as Figura 1 a Figura 3 (alíneas a) referentes à análise histórica, pode concluir-se que os períodos onde a penetração VRE no consumo apresenta alterações mais significativas com o regime de hora legal, ainda que reduzidas, encontram-se relacionados com os períodos de maior variação do consumo (acentuada subida entre as 07h e 09h e, descida moderada entre as 22h e 02h). Não obstante, e como referido anteriormente, quando se analisa o impacto do aumento da produção VRE (Figura 3 Figura 3), observa-se que essas alterações na penetração VRE no consumo são especialmente amplificadas no período da manhã (das 07h às 09h). Este facto é explicado pela coincidência do aumento da produção solar PV com o aumento do consumo de energia, a qual não se observa no período de decréscimo da produção solar PV (entre as 16h e 18h) onde o consumo total não sofre, em média, variações significativas.

Por formar a analisar a coincidência ao longo dos anos entre a produção VRE e o consumo total nos três cenários de regime de hora legal, apresentam-se na Figura 4 os valores de correlação anual, entre 2010 e 2017, do consumo de energia com a produção de energia eólica e solar PV⁸, respetivamente.

Os gráficos da Figura 4 revelam uma correlação interanual inexistente da produção eólica e uma correlação fraca da produção solar PV com o consumo total para os diferentes cenários. Nesse sentido, no caso da energia eólica, os resultados sugerem que as diferenças entre os cenários do regime de hora legal analisados são muito reduzidas. Porém, no caso da energia solar PV, embora as correlações apresentem ainda valores fracos, os resultados sugerem uma ligeira diminuição da correlação no cenário *Hdl* face ao cenário *Atual*, sendo este último muito similar ao cenário *HdV*. De facto, quando se observa o perfil diário do consumo total e da produção solar PV (Figura 1.c)) verifica-se que, no período de crescimento da produção solar PV (durante o início da manhã), a coincidência com o crescimento do consumo é superior no cenário *HdV*. Com substância, a similaridade dos valores anuais da correlação do cenário *HdV* com o cenário *Atual* pode ser explicada, em parte, pela ocorrência do maior período de tempo (7 meses) em que a hora legal de ambos os regimes coincide.

⁸ Apresentam-se apenas os resultados das correlações anuais individuais (produção eólica e solar PV com o consumo) para a análise histórica, uma vez a sua extrapolação para as projeções de capacidade instalada, diferem apenas por fatores de escala que não influenciam o valor final da correlação.

$$Corr(kx, y) = \frac{\sum(k(x-\bar{x}))(y-\bar{y})}{\left[\left(\sum(k(x-\bar{x}))^2\right)\left(\sum(y-\bar{y})^2\right)\right]^{1/2}} = \frac{\sum((x-\bar{x}))(y-\bar{y})}{\left[\left(\sum(x-\bar{x})^2\right)\left(\sum(y-\bar{y})^2\right)\right]^{1/2}} = Corr(x, y)$$

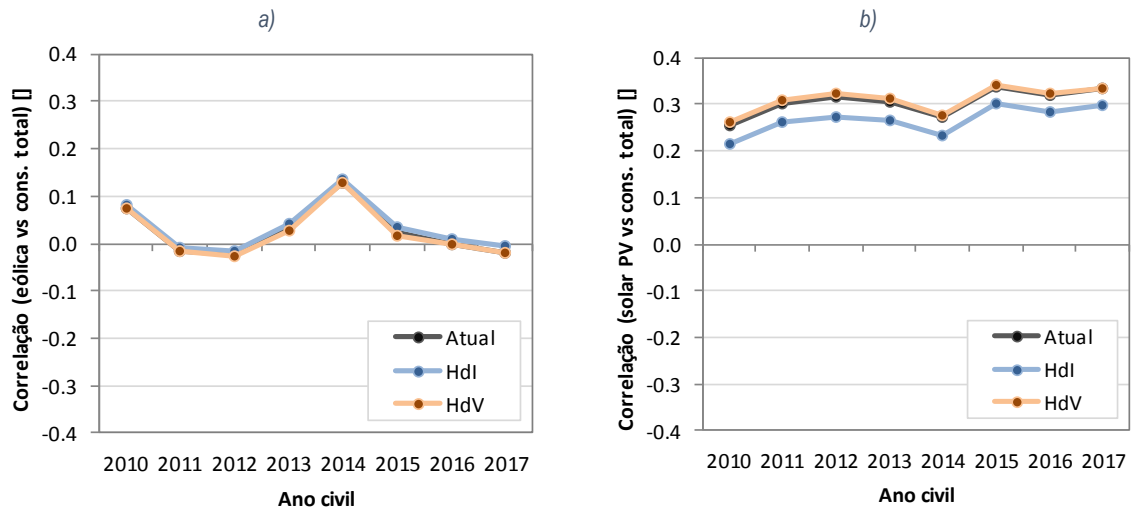


Figura 4: Perfil interanual da correlação entre produção renovável: a) eólica e b) solar PV atualmente observadas e o consumo total.

Na Figura 5 apresentam-se os resultados da correlação interanual da produção VRE agregada (eólica e solar PV) com o consumo, para os diferentes cenários de regime de hora legal. Neste caso, apresentam-se igualmente os resultados considerando a produção VRE histórica e projetada de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência* e *Projeção Ambiciosa*.

Os resultados da Figura 5.a), indicam que a correlação na análise histórica é inexistente, para todos os cenários de regime de hora legal, diferindo muito pouco entre si. Com o aumento da capacidade instalada de VRE, em especial da tecnologia solar PV, esses valores aumentam ligeiramente em todos os cenários, embora sejam ainda caracterizados por uma fraca correlação com o consumo de energia. Este ligeiro aumento encontra-se relacionado com o aumento da contribuição da produção solar PV na produção VRE agregada, refletindo o comportamento identificado na Figura 4.b).

Com o incremento da capacidade instalada, é possível verificar uma diferenciação da correlação entre os diferentes cenários de hora legal, em especial, no cenário *Hdl* que se desagrega dos restantes cenários, refletindo o comportamento observado na Figura 4.b). Assim, com as capacidades projetadas, os resultados sugerem que face ao cenário *Atual*: i) o cenário *Hdl* apresenta valores de correlação ligeiramente inferiores; e ii) o cenário *HdV* apresenta valores de correlação idênticos.

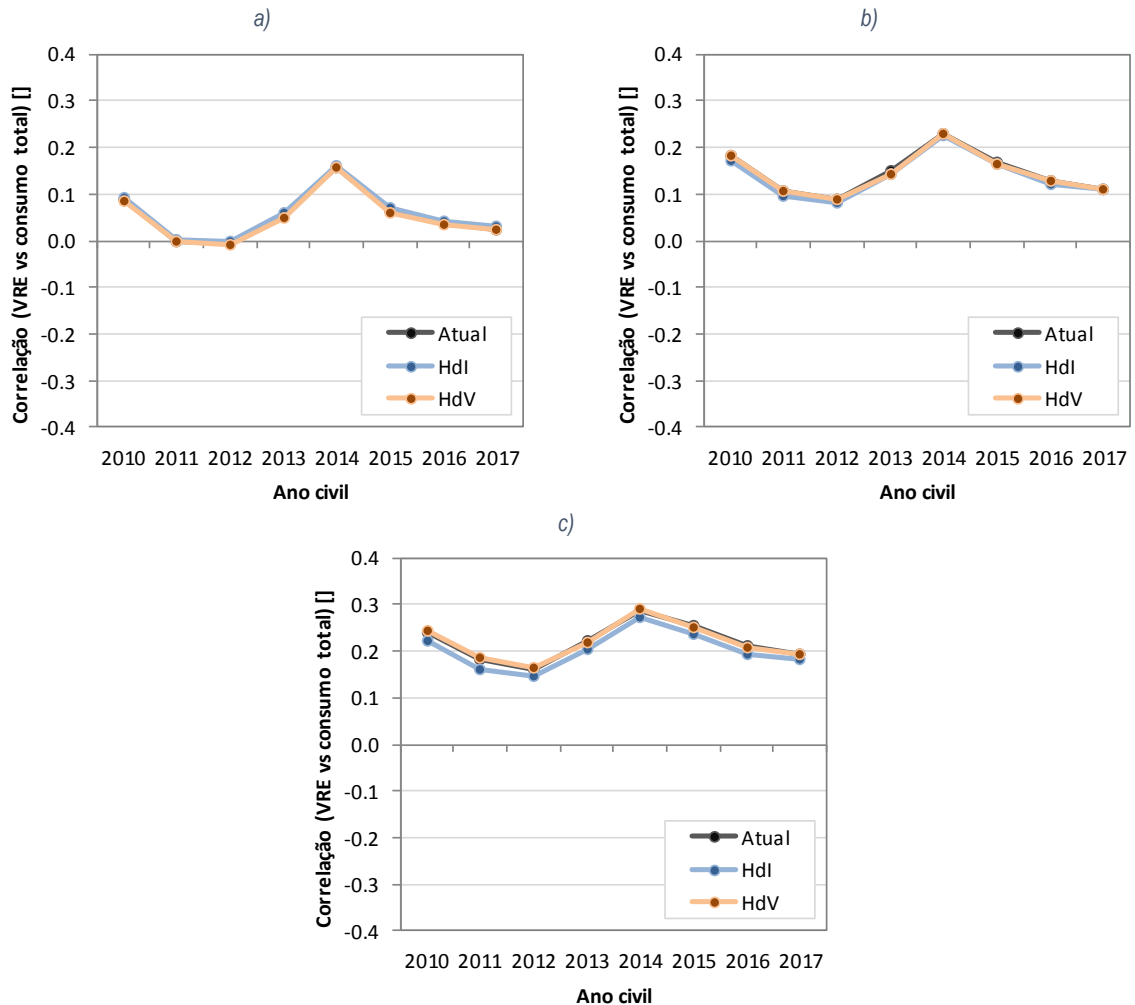


Figura 5: Perfil interanual da correlação entre produção VRE e o consumo total: a) análise histórica; b) e c) análise futuro próximo com extrapolação dos dados observados de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência (Proj. Ref.)* e *Projeção Ambiciosa (Proj. Amb.)*, respetivamente.

A Figura 6 apresenta o perfil interanual do desvio padrão normalizado do consumo líquido para os três cenários de regime de hora legal, bem como o perfil interanual da potência média do consumo líquido e do consumo total. Os resultados são apresentados considerando a produção VRE histórica e projetada de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência* e *Projeção Ambiciosa*.

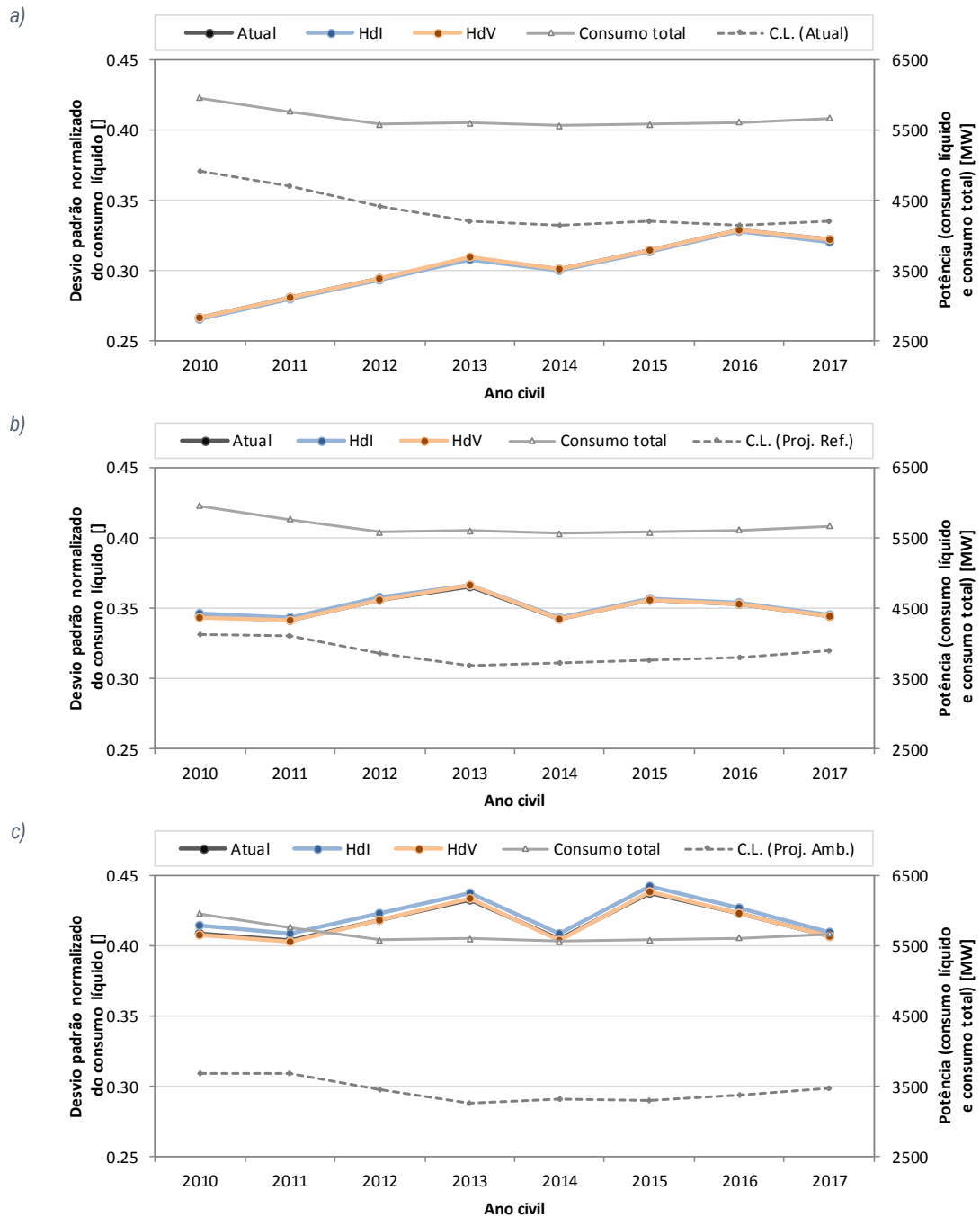


Figura 6: Perfil interanual do desvio padrão normalizado do consumo líquido, da potência média dos consumos líquido e total: a) análise histórica; b) e c) análise futuro próximo com extrapolação dos dados observados de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência (Proj. Ref.)* e *Projeção Ambiciosa (Proj. Amb.)*, respetivamente.

Através da Figura 6.a) é possível verificar que, a evolução da capacidade VRE instalada ao longo dos últimos anos refletiu-se naturalmente numa diminuição do valor médio do consumo líquido, acarretando um aumento significativo da

sua variabilidade resultante do comportamento estocástico da produção VRE. Este comportamento é idêntico em todos os cenários de regime de hora legal analisados.

Com o incremento da capacidade instalada (Figura 6 alíneas b) e c)), é possível verificar uma diferenciação dos valores do desvio padrão normalizado do consumo líquido entre os diferentes cenários de regime de hora legal. Em particular, o cenário *Hdl* denota um aumento relativamente aos restantes cenários. Nesse sentido, com as capacidades projetadas, os resultados do desvio padrão normalizado sugerem que face ao cenário *Atual*: i) o cenário *Hdl* apresenta valores ligeiramente superiores, *i.e.*, maior variabilidade do consumo não abastecido pela produção VRE; e ii) o cenário *HdV* apresenta valores praticamente equivalentes.

Na Tabela 6 são apresentados os parâmetros estatísticos relativamente à penetração VRE no consumo de energia e ao desvio padrão do consumo líquido verificados para os três cenários de regime horário legal, de acordo com a análise no período compreendido entre as 00 horas de 1 de janeiro de 2010 e as 23 horas de 31 de dezembro de 2017. Os resultados são apresentados considerando a produção VRE histórica e projetada de acordo com as capacidades previstas na *Projeção Referência* e *Projeção Ambiciosa*.

Tabela 6: Parâmetros estatísticos relativamente à penetração (VRE) e ao desvio padrão normalizado do consumo líquido de acordo com os cenários de hora legal em estudo e os cenários de produção renovável analisados (análise histórica, *Projeção Referência* e *Projeção Ambiciosa*).

	Penetração VRE média no consumo total (%)			Penetração VRE máxima instantânea no consumo total (%)			Desvio padrão normalizado do consumo líquido (Adim.)		
	Análise Histórica	Proj. Ref.	Proj. Amb.	Análise Histórica	Proj. Ref.	Proj. Amb.	Análise Histórica	Proj. Ref.	Proj. Amb.
Atual	23.64	32.20	39.57	108.06	119.67	150.00	0.3071	0.3524	0.4192
Hdl	23.63	32.23	39.65	104.48	119.67	150.00	0.3062	0.3537	0.4235
HdV	23.65	32.20	39.57	108.06	122.65	153.73	0.3074	0.3525	0.4190

Em termos médios, os resultados apresentados na Tabela 6 relativamente à análise histórica indicam que, com exceção do valor máximo instantâneo da penetração VRE no cenário *Hdl*, os valores são bastante semelhantes entre os diferentes cenários de regime de hora legal analisados. Porém, com o incremento da produção VRE patente nas projeções *Referência* e *Ambiciosa*, denota-se no cenário *Hdl* face ao cenário *Atual*, um acréscimo muito ligeiro da penetração VRE média no consumo total. No exemplo mais expressivo, *i. e.*, na *Projeção Ambiciosa*, o cenário *Hdl* permite um aumento muito ligeiro no valor da penetração VRE de 0.08%, face ao valor do cenário *Atual*. Este valor reflete a ligeira diferença na amplitude identificada no perfil diário da penetração VRE (Figura 3). Por outro lado, o desvio padrão do consumo líquido revela-se ligeiramente mais penalizador para o cenário *Hdl* face ao cenário *Atual*. Em resumo, os resultados indicam que os três cenários de regime de hora legal traduzem uma contribuição média da produção VRE para o consumo total muito similar entre si, sendo as diferenças residuais.

3.2 Caso B – Consumos setoriais

Nas Figura 7 Figura 10 e nas Tabelas 7 e 8 apresentam-se os resultados da análise ao “caso B – Consumos setoriais”, isto é, o caso em que se considera que a totalidade do consumo de energia acompanha a alteração do regime de hora legal à exceção da componente do consumo associada à iluminação pública (IP). Com efeito, este estudo compreende uma reanálise do “caso A - Consumo total” mas, diferindo na premissa anteriormente referida. Nesse sentido, e por se

ter verificado uma grande similaridade nos resultados dos parâmetros estatísticos analisados, também transportada para a representação gráfica, torna-se dispensável a sua repetição neste caso de estudo. Assim, estes resultados podem ser integralmente consultados no anexo A (Figura A.1Figura A.6), sendo que nesta seção apenas são apresentados: o perfil diário das diferenças dos valores da penetração VRE no consumo total (Figura 7) entre os dois casos de estudo, a Tabela 7 relativa aos parâmetros estatísticos (penetração VRE no consumo de energia e desvio padrão do consumo líquido) e a Tabela 8 com as diferenças entre os dois casos de estudo nos parâmetros estatísticos referidos. De notar que as diferenças foram determinadas subtraindo os valores do caso B pelo caso A.

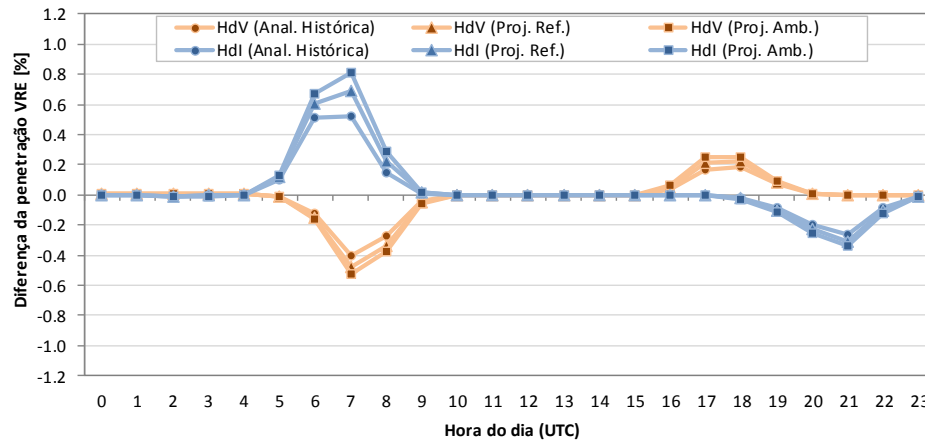


Figura 7: Perfil diário da diferença dos valores da penetração VRE no consumo total entre os dois casos de estudo (“A – Consumo total” e “B – Consumo setorial”) em que, no caso A, a componente relativa à iluminação pública (IP) acompanha a mudança da hora e, no caso B, não acompanha a mudança da hora.

A Figura 7 sugere a existência de ligeiras diferenças no perfil diário da penetração VRE no consumo entre o caso A e B, somente verificadas nos períodos de transição diurno/noturno (onde a iluminação pública é ligada/desligada), apresentando maior amplitude no período da manhã, em especial no cenário *Hdl*. De notar que a figura se refere à diferença dos valores da penetração VRE entre os dois casos de estudo (gráfico de barras da Figura 3 – caso A, e da Figura A.3 do anexo A - caso B). Assim, por exemplo, para o maior valor da diferença observada de 0.8% às 07h no cenário *Hdl* que resulta de um aumento da penetração VRE de 41.6% (caso A) para 42.4% (caso B) àquela hora, correspondente a um acréscimo relativo de 1.9%.

Tabela 7: Parâmetros estatísticos relativamente à penetração da produção VRE e ao desvio padrão do consumo líquido, de acordo com os cenários de regime de hora legal em estudo e os cenários de produção renovável analisados (Análise Histórica, Projeção Referência e Projeção Ambiciosa) considerando que a componente do consumo da IP não acompanha a alteração do regime de hora legal.

	Penetração VRE média no consumo total (%)			Penetração VRE máxima instantânea no consumo total (%)			Desvio padrão normalizado do consumo líquido (Adim.)		
	Análise Histórica	Proj. Ref.	Proj. Amb.	Análise Histórica	Proj. Ref.	Proj. Amb.	Análise Histórica	Proj. Ref.	Proj. Amb.
Atual	23.64	32.20	39.57	108.06	119.67	150.00	0.3071	0.3524	0.4192
Hdl	23.65	32.27	39.70	111.14	121.09	150.00	0.3088	0.3567	0.4269
HdV	23.63	32.19	39.55	108.06	122.65	153.73	0.3058	0.3508	0.4172

Tabela 8. Diferença entre os dois casos de estudo (“A – Consumo Total” e “B – Consumo Setorial” apresentados nas Tabelas 6 e 7, respetivamente) dos valores dos parâmetros estatísticos relativamente à penetração VRE e ao desvio padrão do consumo líquido, de acordo com os cenários de regime de hora legal em estudo e os cenários de produção renovável analisados (Análise Histórica, Projeção Referência e Projeção Ambiciosa).

	Penetração VRE média no consumo total (%)			Penetração VRE máxima instantânea no consumo total (%)			Desvio padrão normalizado do consumo líquido (Adim.)		
	Análise Histórica	Proj. Ref.	Proj. Amb.	Análise Histórica	Proj. Ref.	Proj. Amb.	Análise Histórica	Proj. Ref.	Proj. Amb.
Atual	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
Hdl	0.03	0.03	0.04	6.66	1.41	0.00	0.0026	0.0030	0.0034
HdV	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.0015	-0.0017	-0.0017

Em termos médios globais, e de acordo com a Tabela 8 as diferenças nos valores dos parâmetros estatísticos entre os dois casos de estudo (“caso A – Consumo total” e “caso B – Consumos setoriais”) são desprezáveis pelo que, as conclusões obtidas anteriormente para o caso A são transportadas igualmente para o caso B. Estes valores desprezáveis são explicados pela reduzida preponderância do consumo IP no consumo nacional de energia, conforme indica a Tabela 1.

Relativamente à análise dos perfis de consumo tipo por setores de atividade associados aos diferentes níveis de tensão, são apresentados na Figura 8 os respetivos perfis médios diários de potência obtidos somente para o ano de 2014.

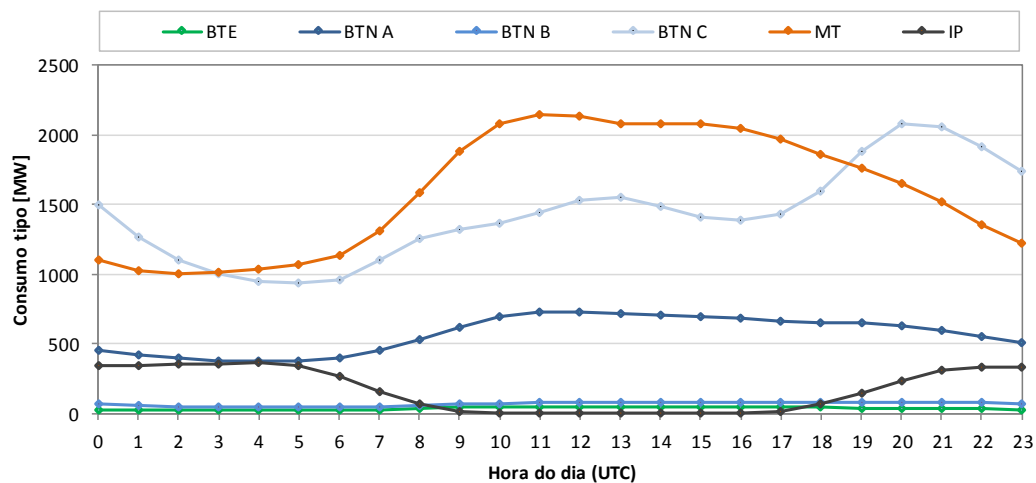


Figura 8: Perfil diário do consumo de energia em 2014 para a iluminação pública (IP) e as classes associadas aos níveis de tensão de abastecimento.

De acordo com a Figura 8 e a Tabela 1, observa-se o que consumo em média tensão (MT), associado à atividade industrial, representa a maior fração (30%) de consumo do país, sendo expressivamente superior durante o período diurno. O consumo no nível de tensão BTN C (baixa tensão normal), essencialmente doméstico, representa a segunda maior fração (27%) com a ponta de consumo situada ao início da noite (19h e 23h). O consumo no nível de tensão BTN A, associado igualmente à atividade industrial, apresenta um comportamento semelhante ao consumo MT.

Usando os dados disponibilizados pela REN no período entre 2010 e 2017 para o consumo sectorial em valores normalizados ao respetivo consumo anual total, foi possível calcular a correlação com a produção eólica e solar PV observada no mesmo período, Figura 9.

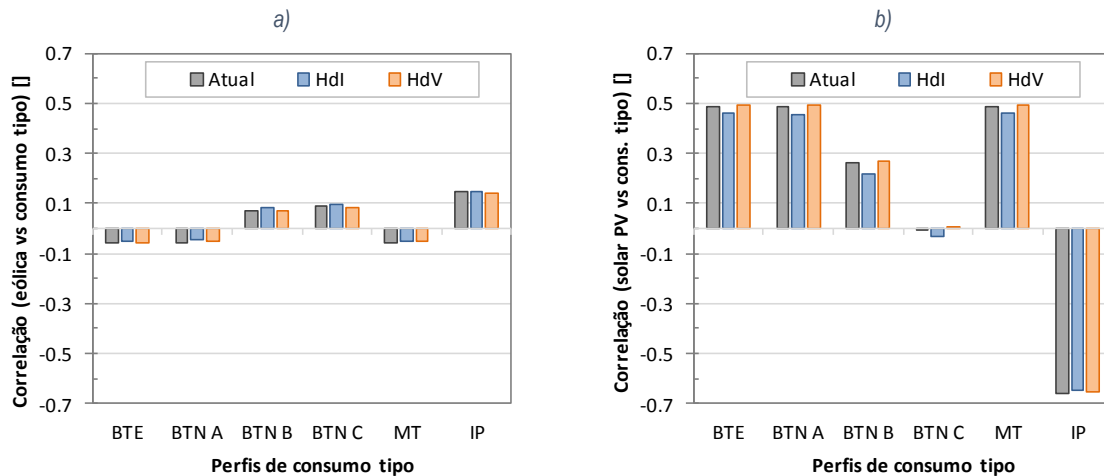


Figura 9: Correlação entre produção VRE: a) eólica, e b) solar PV e os diferentes perfis de consumo tipo – análise histórica.

Através da Figura 9, conclui-se que os valores da correlação para os diferentes perfis de consumo tipo com a produção VRE não se alteram significativamente com os três cenários de regime de hora legal analisados. Contudo, para a produção solar PV, nota-se uma ligeira diminuição da correlação em todos os perfis de consumo tipo para o cenário *Hdl* face aos restantes cenários de hora legal. No geral, verifica-se não existir correlação da produção eólica com os consumos sectoriais e uma correlação média da produção solar PV com os consumos sectoriais, à exceção do perfil de consumo BTN C (essencialmente consumidores domésticos). Destaca-se ainda a forte, e natural, correlação negativa da produção solar PV com o consumo da iluminação pública.

Na Figura 10 é apresentada a correlação da produção VRE agregada (eólica e solar PV) com os consumos sectoriais para os diferentes cenários de regime de hora legal. Neste caso, apresentam-se igualmente os resultados considerando a produção VRE histórica e projetada de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência* e *Projeção Ambiciosa*.

Na Figura 10.a), é possível verificar que atualmente os níveis da correlação da produção VRE agregada com os consumos sectoriais apresentam valores próximos de zero, *i.e.*, não existe correlação. Este comportamento é explicado pelo baixo peso relativo da produção solar PV face à produção eólica (4.7%) e é similar para todos os cenários de regime de hora legal analisados.

Com os valores da produção VRE extrapolados de acordo com as projeções da capacidade instalada, os níveis de correlação apresentados na *Projeção Referência* (Figura 10.b)), apesar do aumento verificado, são ainda usualmente classificados como de não correlação. No caso do cenário *Projeção Ambiciosa* (Figura 10.c)), os valores obtidos aumentam um pouco mais, sendo usualmente reportados como de fraca correlação. Este comportamento é explicado pela evolução do peso relativo da produção solar PV face à produção eólica (21.2% e 37.9%, respetivamente para a *Projeção Referência* e *Projeção Ambiciosa*) e apresenta-se similar para todos os cenários de regime de hora legal analisados.

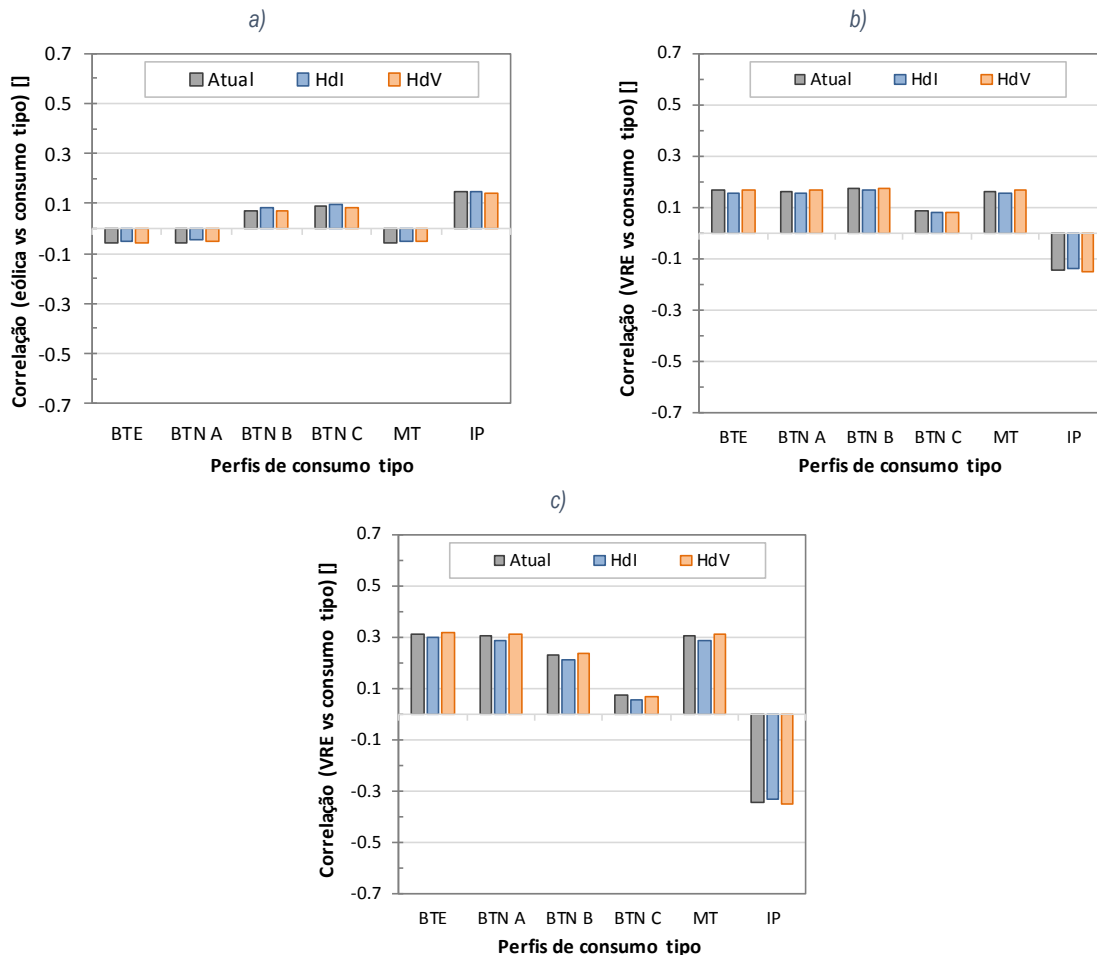


Figura 10: Correlação entre produção VRE e o consumo tipo: a) análise histórica; b) e c) análise futuro próximo com extrapolação dos dados observados de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência (Proj. Ref.)* e *Projeção Ambiciosa (Proj. Amb.)*, respetivamente.

4. Notas finais

A presente análise técnica efetuada ao impacto da alteração do regime de hora legal no consumo de energia em Portugal Continental, suprido pela geração de energia renovável não controlável (VRE) não revelou, em termos médios globais, a existência de benefícios significativos decorrente da alteração do regime de hora legal atualmente vigente (cenário *Atual*).

Tendo como base de referência o cenário *Atual*, a análise efetuada contemplou mais dois cenários de regimes de hora legal, o horário de Inverno (cenário *HdI*) - manutenção da hora de Inverno e, o horário de Verão (cenário *HdV*) - manutenção da hora de Verão (Tabela 5). Os resultados da comparação dos cenários *HdI* e *HdV* face ao cenário *Atual*, para a produção VRE observada no período analisado (2010 a 2017), sugerem que a penetração VRE média no consumo total difere no máximo apenas cerca de 0.02%.

Analisando em particular os perfis médios diários da penetração VRE para os três cenários de regime de hora legal, as variações verificadas ao longo do dia, embora apresentem dois períodos do dia com acréscimos/decréscimos ligeiros, tendem no conjunto, a anular-se ou a tornar-se muito pouco significativas.

A relação entre a produção VRE agregada e o consumo total analisada através da correlação, considerando um aumento da capacidade VRE instalada (em especial da tecnologia solar PV), mostrou que os valores de correlação aumentam ligeiramente em todos os cenários de hora legal sendo ligeiramente menos favoráveis no cenário *Hdl*. Contudo, os valores obtidos são caracterizados por uma fraca correlação com o consumo de energia.

De referir que os indicadores obtidos, não contemplam a vertente sociológica decorrente da análise do comportamento dos consumidores, face a alterações desta natureza, e, conseqüentemente, o consumo de energia foi mantido rígido durante toda a análise.

Bibliografia:

- [1] Comissão Europeia, “Consulta pública sobre as disposições relativas à hora de verão,” 2018. [Online]. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/consultations/2018-summertime-arrangements_pt . [Acedida em: 01-10-2018].
- [2] REN, “Estatística Diária,” *Redes Energéticas Nacionais*, 2018. [Online]. Disponível em: <http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoExploracao/Paginas/EstatisticaDiariaDiagrama.aspx>. [Acedida em: 01-10-2018].
- [3] ERSE, “Regulamento de Relações Comerciais do setor elétrico,” *Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos*, 2018. [Online]. Disponível em: [http://www.erse.pt/pt/electricidade/regulamentos/relacoescomerciais/Documents/RRC 2017 \(versão ERSE\) - 2.pdf](http://www.erse.pt/pt/electricidade/regulamentos/relacoescomerciais/Documents/RRC 2017 (versão ERSE) - 2.pdf). [Acedido em: 01-10-2018].
- [4] REN, “Sistemas de Informação de Mercados de Energia: Perfis de Consumo,” *Redes Energéticas Nacionais*, 2018. [Online]. Disponível em: <http://www.mercado.ren.pt/PT/Electr/InfoMercado/Consumo/Paginas/PerfisConsumo.aspx>. [Acedida em: 01-10-2018].
- [5] Pordata, “Consumo de energia eléctrica: total e por tipo de consumo,” 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+eléctrica+total+e+por+tipo+de+consumo-1124> . [Acedida em: 01-10-2018].
- [6] DGEG, “Renováveis estatísticas rápidas - nº165 - julho de 2018,” relatório técnico DGEG, julho de 2018, p. 21.
- [7] R. Aguiar e M. J. Coelho, “Energias Renováveis - Que ambição para 2030?,” em *Apresentação do Fórum de Energias Renováveis em Portugal*, 2018. [Online]. Disponível em: https://www.portugalenergia.pt/wp-content/uploads/2018/09/ER_Ambicao2030_Forum-LNEG_27092018-1.pdf [Acedida em: 01-10-2018].

ANEXOS

p. 23 de 29

Anexo A: Caso B – Consumos Setoriais
(Apresentação dos resultados detalhados do caso B)

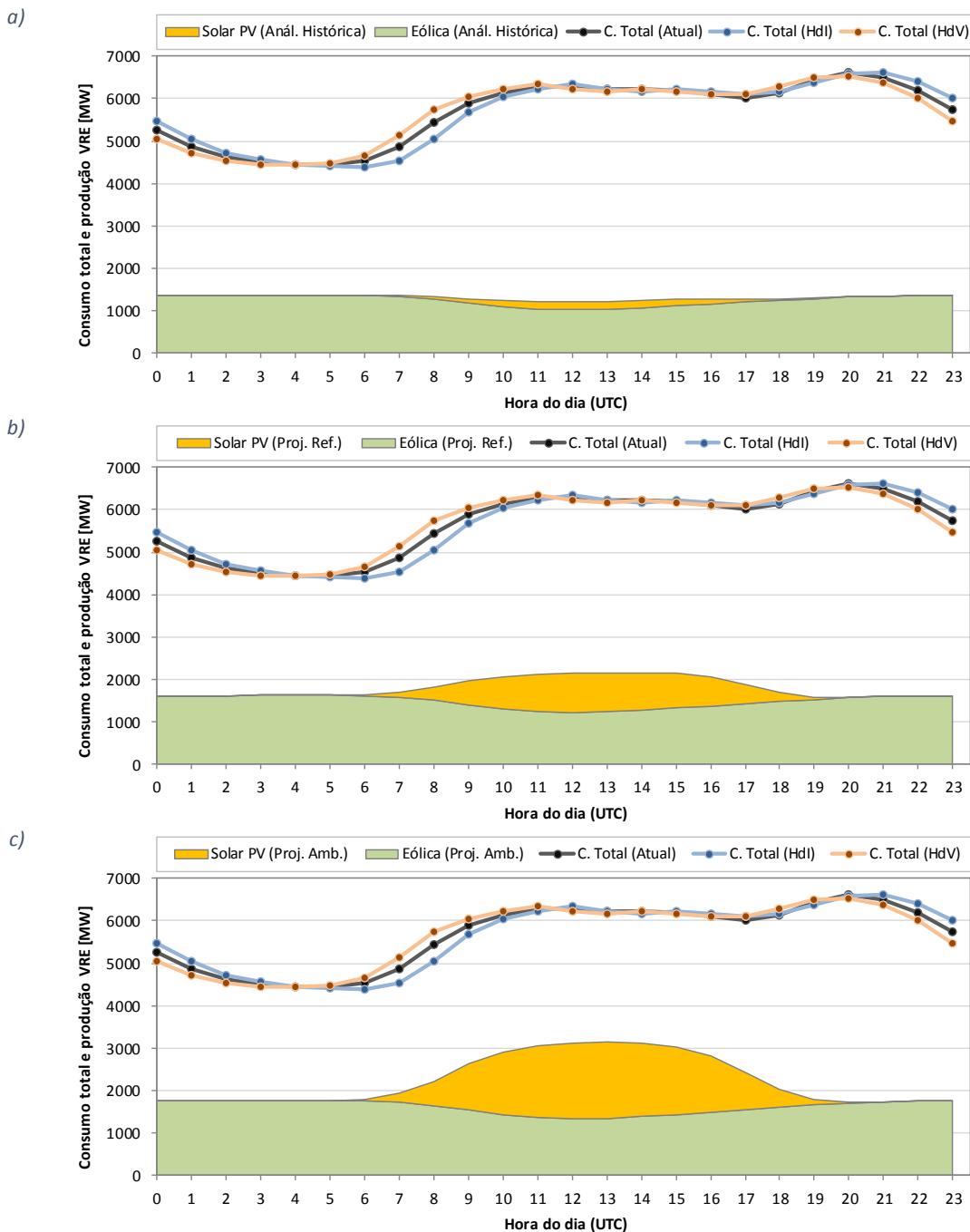


Figura A.1: Perfil diário do consumo total e da produção cumulativa da VRE: a) análise histórica; b) e c) análise futuro próximo com extrapolação dos dados observados de acordo com a capacidade prevista na Projeção Referência (Proj. Ref.) e Projeção Ambiciosa (Proj. Amb.), respetivamente.

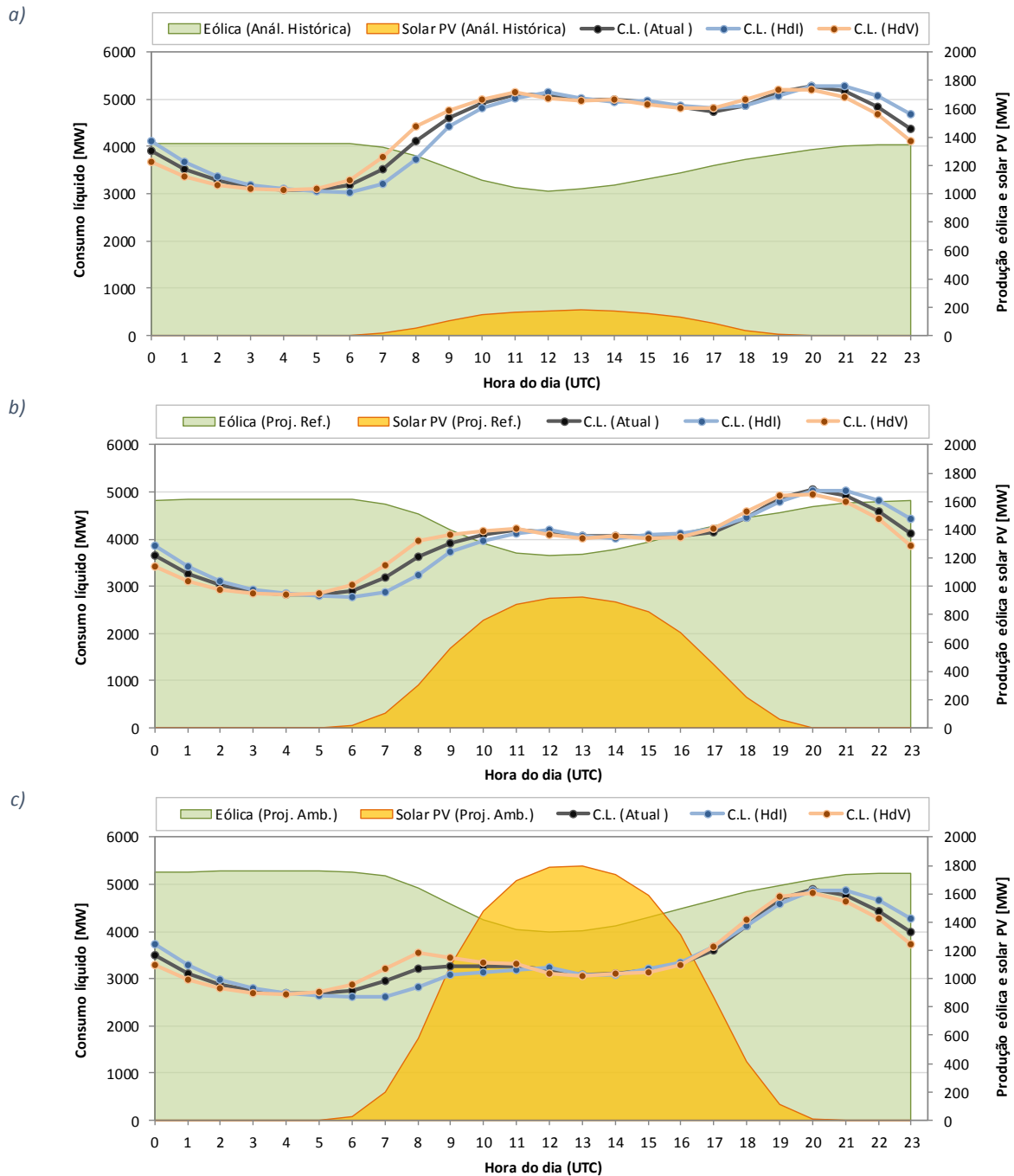


Figura A.2: Perfil diário do consumo líquido e da produção VRE: a) análise histórica; b) e c) análise futuro próximo com extrapolação dos dados observados de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência (Proj. Ref.)* e *Projeção Ambiciosa (Proj. Amb.)*, respetivamente.

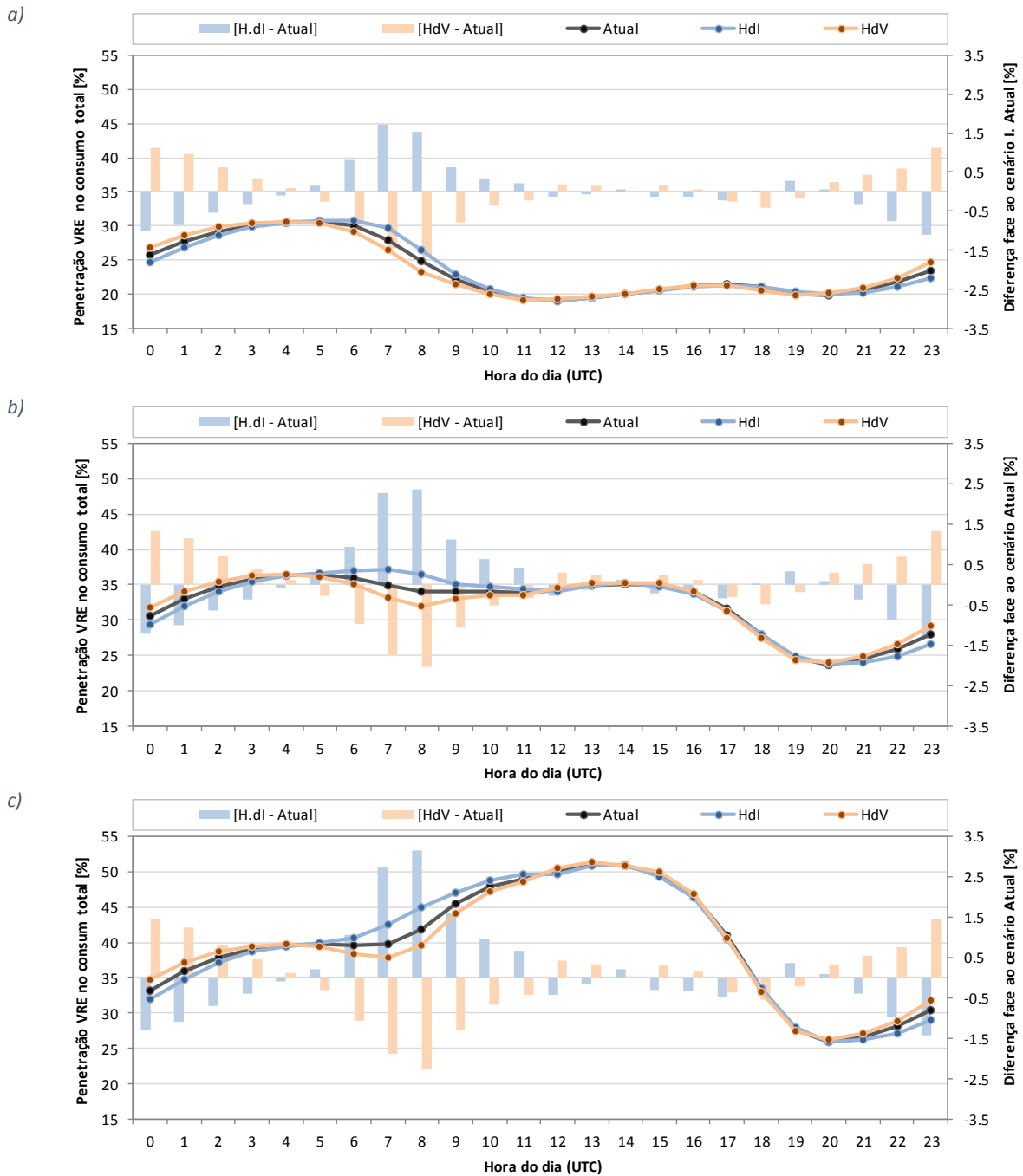


Figura A.3: Perfil diário da penetração de VRE no consumo total (gráfico de linhas) e diferença face ao cenário Atual (gráfico barras): a) análise histórica; b) e c) análise futuro próximo com extrapolação dos dados observados de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência (Proj. Ref.)* e *Projeção Ambiciosa (Proj. Amb.)*, respetivamente.

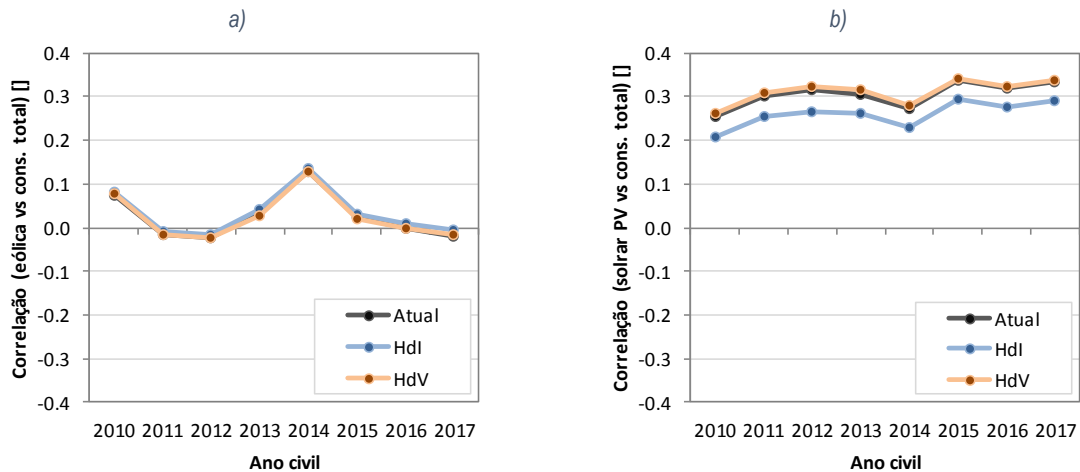


Figura A.4: Perfil interanual da correlação entre produção renovável: a) eólica e b) solar PV atualmente observadas e o consumo total.

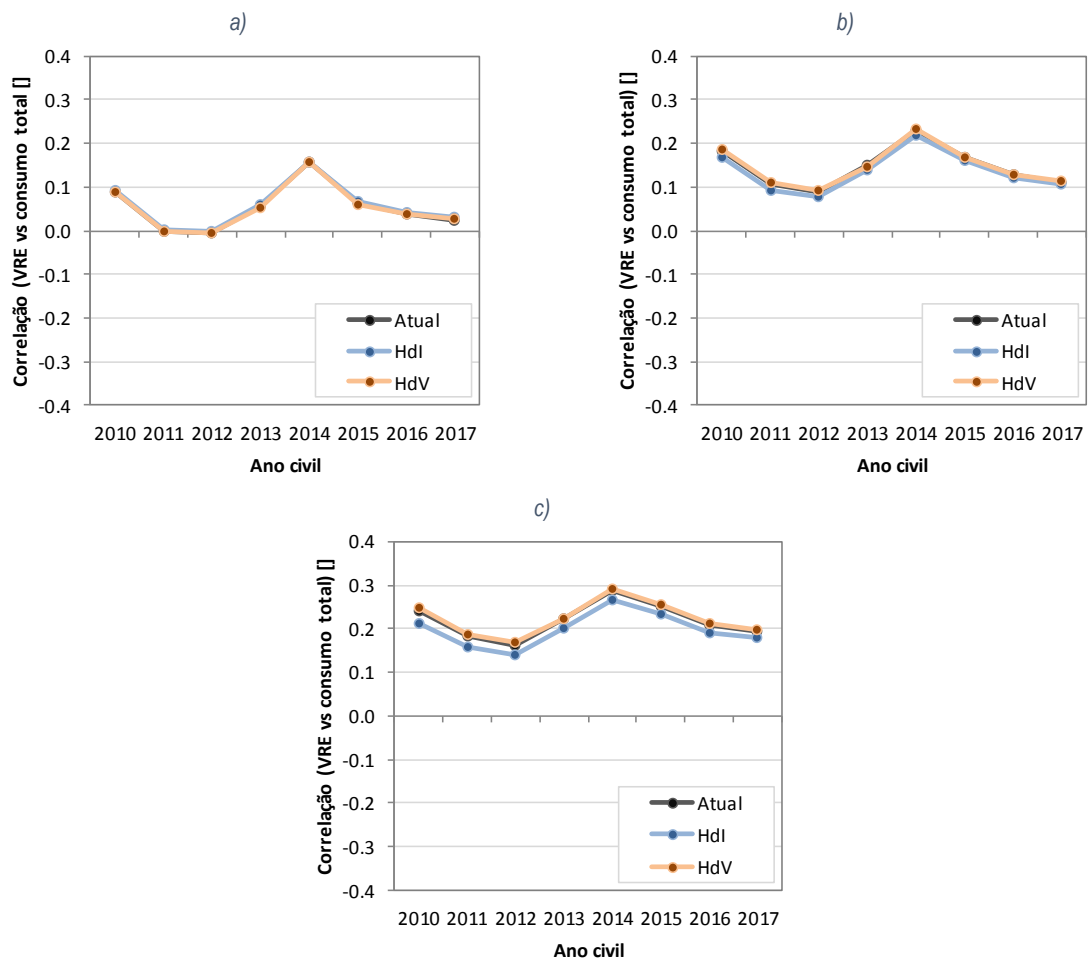


Figura A.5: Perfil interanual da correlação entre produção VRE e o consumo total: a) análise histórica; b) e c) análise futuro próximo com extrapolação dos dados observados de acordo com a capacidade prevista na Projeção Referência (Proj. Ref.) e Projeção Ambiciosa (Proj. Amb.), respetivamente.

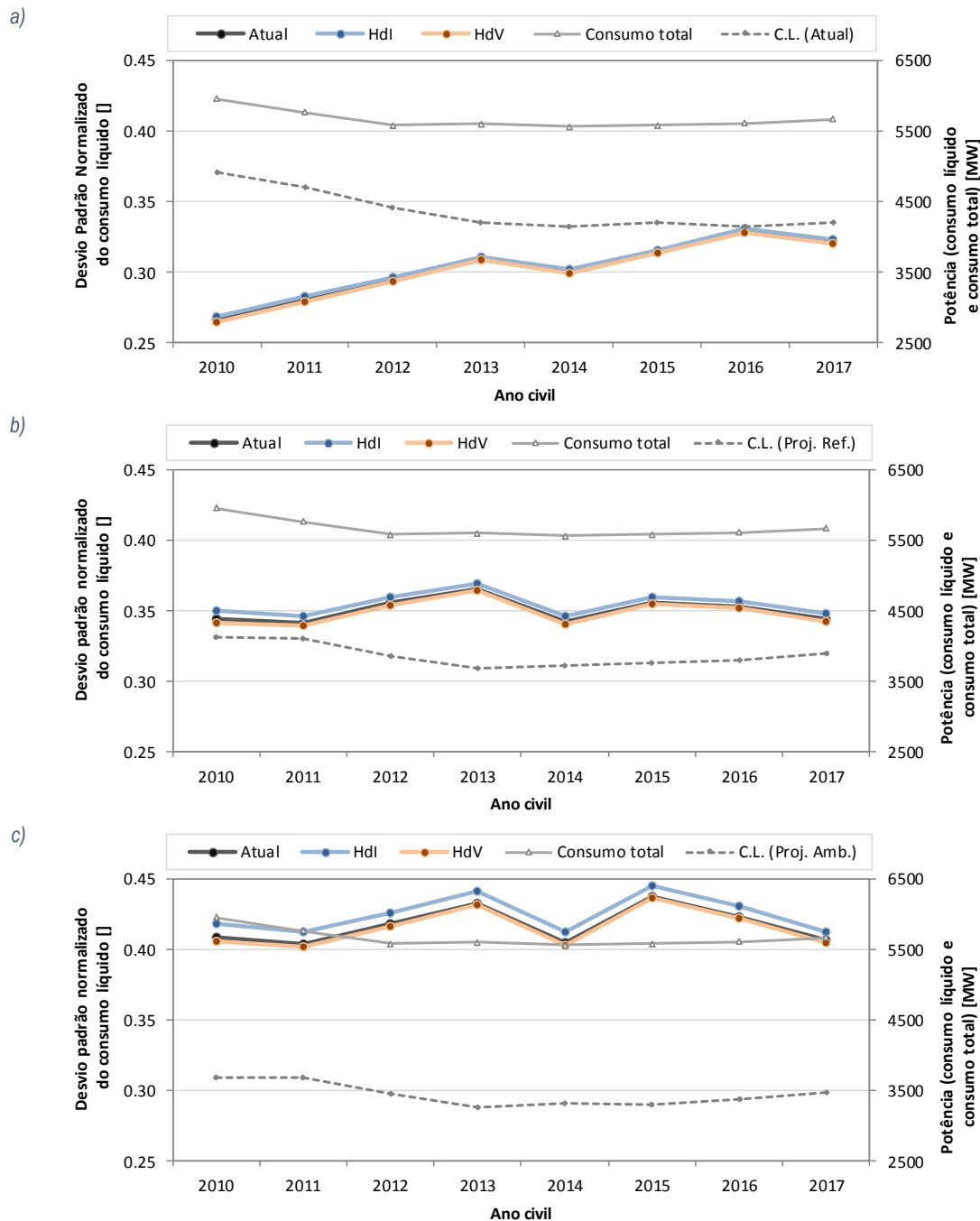


Figura A.6: Perfil interanual do desvio padrão normalizado do consumo líquido, da potência média dos consumos líquido e total: a) análise histórica; b) e c) análise futuro próximo com extrapolação dos dados observados de acordo com a capacidade prevista na *Projeção Referência (Proj. Ref.)* e *Projeção Ambiciosa (Proj. Amb.)*, respetivamente.