

# **DETERMINAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA NA FILEIRA VITIVINÍCOLA: RESULTADOS PRELIMINARES DE UM ESTUDO DE CASO PORTUGUÊS**

Artur SARAIVA<sup>1</sup>; Ricardo EGÍPTO<sup>2</sup>; Pedro PRESUMIDO<sup>3</sup>; Célia JORGE<sup>4</sup>; Anabela AMARAL<sup>5</sup>; António CASTRO RIBEIRO<sup>6</sup>; Igor DIAS<sup>7</sup>; Manuel FELICIANO<sup>8</sup>; Albertina FERREIRA<sup>9</sup>; Luís FERREIRA<sup>10</sup>; Artur GONÇALVES<sup>11</sup>; Anabela GRIFO<sup>12</sup>; Henrique MAMEDE<sup>13</sup>; Helena MIRA<sup>14</sup>; Adelaide OLIVEIRA<sup>15</sup>; Pedro OLIVEIRA E SILVA<sup>16</sup>; Ana PAULO<sup>17</sup>; A. RIBEIRO<sup>18</sup>; Gonçalo RODRIGUES<sup>19</sup>; José SILVESTRE<sup>20</sup>; Sofia RAMÔA<sup>21</sup>; Margarida OLIVEIRA<sup>22</sup>

## **RESUMO**

As alterações climáticas e a escassez de água daí decorrente têm levantado preocupações junto do setor agrícola, e em particular na fileira vitivinícola, devido ao impacto que esta tem na produção e qualidade do vinho. O uso eficiente dos recursos naturais e a subsequente redução dos custos de produção através da adoção de práticas mais sustentáveis é hoje um objetivo dos vitivinicultores. O projeto WineWATERFootprint pretendeu avaliar a pegada hídrica na fileira vitivinícola através do desenvolvimento de uma metodologia aplicada a estudos de caso. Os resultados do primeiro ano de projeto revelam que a pegada hídrica verde representou cerca de 70% da pegada hídrica

- 
- (1) ESAS, UIIPS – Inst.Pol. Santarém, Qta. Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, PT; LEAF – Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Inst.Sup. Agronomia, ULisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, PT, artur.saraiva@esa.ipsantarem.pt.
  - (2) LEAF – Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Inst.Sup. Agronomia, ULisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, PT. INIAV, Qta. Almoinha 1565-191 Dois Portos, Torres Vedras, PT, regipto@isa.ulisboa.pt.
  - (3) ESAB, Inst.Pol. Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-153 Bragança, PT, pedrohpresumido@gmail.com.
  - (4) ESAB, Inst.Pol. Beja, Rua Pedro Soares, Apt. 6155, 7800-195 Beja, PT, celiatorge4@gmail.com.
  - (5) ESAB, Inst.Pol. Beja, Rua Pedro Soares, Apt. 6155, 7800-195 Beja, PT, Anabela.amaral@ipbeja.pt.
  - (6) ESAB, Inst.Pol. Bragança, CIMO - Centro de Investigação de Montanha, Campus de Santa Apolónia 5300-153 Bragança, PT, atrib@ipb.pt.
  - (7) ESAS, UIIPS – Inst.Pol. Santarém, Qta. Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, PT. ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Universidade de Évora Núcleo da Mitra, Apt. 94, 7006-554 Évora, PT, igor.dias@esa.ipsantarem.pt.
  - (8) ESAB, Inst.Pol. Bragança, CIMO - Centro de Investigação de Montanha, Campus de Santa Apolónia 5300-153 Bragança, PT, msabenca@ipb.pt.

total, tendo sido a pegada hídrica da vinha aquela com maior relevância, representando cerca de 98% do total. De um modo global, os resultados demonstram que a pegada hídrica anual calculada foi de 368 L de água, por garrafa de vinho de 0,75 L, o que se revelou inferior a outros estudos desenvolvidos na região do Mediterrâneo. Ainda assim, a determinação da pegada hídrica na vinha e na adega, bem como a avaliação da sua sustentabilidade, através da análise de ciclo de vida, permitiu identificar pontos críticos e ineficiências na vinha e no processo de produção. Esta metodologia aplicada à fileira constitui um modelo de avaliação da sustentabilidade do produto, com indicadores concretos que permitem mitigar os potenciais impactes decorrentes da sua produção.

**Palavras-chave:** Água residual de adegas, análise de ciclo de vida, uso eficiente da água, viticultura regada.

## 1 - INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de água e a poluição dos recursos naturais motivado pela urbanização, intensificação da agricultura e pelas alterações climáticas levantam grandes preocupações na região mediterrânica. Em Portugal, a tendência de aumento da tem-

- 
- (9) ESAS, UIIPS – Inst.Pol. Santarém, Qta. Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, PT, albertina.ferreira@esa.ipsantarem.pt.
  - (10) ESAS, UIIPS – Inst.Pol. Santarém, Qta. Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, PT, luis.ferreira@esa.ipsantarem.pt.
  - (11) ESAB, Inst.Pol. Bragança, CIMO - Centro de Investigação de Montanha, Campus de Santa Apolónia 5300-153 Bragança, PT, ajg@ipb.pt.
  - (12) ESAS, UIIPS – Inst.Pol Santarém, Qta. Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, PT, ICAAM – Inst. Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, UÉvora, Núcleo da Mitra, Apartado 94, 7006-554 Évora, PT, anabela.grifo@esa.ipsantarem.pt.
  - (13) Univ. Aberta, Rua da Escola Politécnica, 1269-001 Lisboa, PT, hsmamede@gmail.com.
  - (14) ESAS, UIIPS – Inst.Pol. Santarém, Qta. Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, PT, helena.mira@esa.ipsantarem.pt.
  - (15) ESAS, UIIPS – Inst.Pol. Santarém, Qta. Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, PT, adelaide.oliveira@esa.ipsantarem.pt.
  - (16) ESAB, Inst.Pol. Beja, Rua Pedro Soares, Apt. 6155, 7800-195 Beja, PT, pedrosilva@ipbeja.pt.
  - (17) ESAS, UIIPS – Inst.Pol. Santarém, Qta. Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, PT, ana.paulo@esa.ipsantarem.pt.
  - (18) ESAS, UIIPS – Inst.Pol. Santarém, Qta. Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, PT, antonio.ribeiro@esa.ipsantarem.pt.
  - (19) COTR, Qta. Saúde, Apt. 354, 7801-904 Santiago Maior, Beja, PT. LEAF – Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Inst.Sup. Agronomia, ULisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, PT, goncalo.rodrigues@cotr.pt.
  - (20) INIAV, Qta. da Almoinha 1565-191 Dois Portos, Torres Vedras, PT, jose.silvestre@iniav.pt.
  - (21) ESAB, Inst.Pol. Beja, Rua Pedro Soares, Apt. 6155, 7800-195 Beja, Portugal, sramoa@ipbeja.pt.
  - (22) ESAS, UIIPS – Inst.Pol. Santarém, Qta. Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, PT. LEAF – Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Inst.Sup. Agronomia, ULisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, PT, margarida.oliveira@esa.ipsantarem.pt.

peratura média anual deverá aumentar o consumo de água. Um estudo recente acerca da adaptação das variedades de vinha Portuguesas às mudanças no clima verificou que o aumento da temperatura projetado poderá requerer a deslocação das variedades mais para norte e para maiores altitudes, FRAGA *et al.* (2018). As condições térmicas e o stress hídrico podem ser fatores limitantes na produção de vinho, COSTA *et al.* (2016), razão pela qual o uso eficiente dos recursos naturais e a subsequente redução dos custos de produção através da adoção de práticas mais sustentáveis é hoje um dos objetivos dos vitivinicultores.

A pegada hídrica (PH) de um produto é um importante contributo para o uso eficiente da água pois permite conhecer a quantidade total de água envolvida na sua criação e ajudar os produtores a identificar pontos críticos que lhes permitam vir a reduzir o seu consumo de água. A PH, enquanto indicador de consumo de água, nasceu da ideia de considerar toda a água utilizada ao longo da cadeia de produção e distribuição e permite identificar a água consumida por origem e a água poluída por tipo de poluição, HOEKSTRA *et al.* (2011). Embora a PH seja normalmente apresentada como um número agregado, identificando toda a água envolvida na produção de uma unidade de produto, inclui três componentes: PH azul – correspondente a água subterrânea e superficial que evapora no decorrer do processo, que é incorporada no produto ou que não retorna ao corpo de água no mesmo período ou retorna a um corpo de água diferente; PH verde – correspondente à água proveniente da precipitação que é temporariamente armazenada no solo ou que permanece na superfície do solo ou da vegetação e que eventualmente evapora ou é utilizada pelas plantas; PH cinzenta – indica o grau de poluição associado a cada etapa do processo produtivo e é determinada pela quantidade de água necessária para diluir os poluentes presentes no efluente de modo a que seja obtida uma concentração natural, HOEKSTRA *et al.* (2011).

A avaliação da PH na produção do vinho foi já realizada por vários autores em várias regiões do mundo e a diferentes níveis de resolução espacial, RINALDI *et al.* (2016). Em Portugal a PH ainda não foi determinada ao nível da exploração e não foi avaliada a sua variabilidade temporal e dependência de fatores locais, MARTINS *et al.* (2018). O projeto WineWATERFootprint, cujo consórcio é formado por cinco instituições de ensino e investigação e por duas empresas produtoras de vinho, avaliou a PH na fileira vitivinícola através do desenvolvimento de uma metodologia aplicada a estudos de caso. A determinação da PH na vinha e no vinho, bem como a avaliação da sua sustentabilidade, permitirá identificar pontos críticos e ineficácias no processo passíveis de

mitigação. Com o conhecimento adquirido pretende-se propor e concretizar medidas de gestão da água que reduzam em 10% a PH. Este projeto terá ainda como output uma aplicação computacional, *user friendly*, para o cálculo das pegadas azul, verde e cinzenta, de forma independente, na vinha e na adega.

## **2 - MATERIAIS E MÉTODOS**

O projeto WineWATERFootprint seguiu dois estudos de caso localizados na região sul de Portugal de modo a avaliar a PH da fileira vitivinícola, no nível C de resolução espaço-temporal, entre 2017 e 2019. Este trabalho englobou duas regiões vitivinícolas (Lezírias do Tejo e Alentejo) com diferentes condições edafo-climáticas. As condições de fronteira definidas englobam a vinha e a adega, não considerando por isso a água associada ao transporte, produção de garrafas, etc. O caso de estudo I, localizado na região da Lezíria do Tejo, apresenta uma capacidade de processamento de 1.000 t de uva para produção de vinho tinto, rosé e branco, apresentando um sistema de tratamento de águas residuais composto por bioreator aeróbio de microbolhas com reutilização parcial do efluente tratado na rega. O caso de estudo II, localizado na região do Alentejo, apresenta uma capacidade de processamento de 1.250 t de uva para produção de vinho tinto, rosé e branco, apresentando um sistema de tratamento composto por lagoas de evaporação com reutilização parcial do efluente tratado na rega. A metodologia seguida para a determinação da pegada hídrica foi a proposta por HOEKSTRA *et al.* (2011).

### **2.1 - Metodologias utilizadas na vinha**

Na vinha a PH corresponde ao somatório das três componentes existentes: azul, verde e cinzenta (equação 1).

$$PH_{vinha} = PH_{azul} + PH_{verde} + PH_{cinzenta} \quad (\text{eq. 1})$$

A PH azul corresponde à água superficial e subterrânea que evapora ou é transpirada pelas plantas e é calculada como a quantidade de água fornecida pela rega juntamente com a água utilizada na aplicação de produtos fitossanitários, dividida pela quantidade de vinho produzida (equação 2). No cálculo da ET<sub>azul</sub> foi considerada toda a água utilizada pelas plantas, utilizando para isso, a informação proveniente dos caudalímetros, udógrafos e sondas de monitorização do teor de água no solo.

$$PH_{azul} = \frac{ET_{azul}}{Prod} \quad (\text{eq. 2})$$

A PH verde corresponde à água proveniente da precipitação que evapora ou é transpirada pelas plantas e é calculada como a quantidade de água utilizada dividida pela quantidade de vinho produzida, equação 3. No cálculo da ETverde foi medida a transpiração usando para esse efeito o método de Granier (GRANIER, 1985), complementado com informação da área foliar, potencial hídrico foliar, teor de água no solo e o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

$$PH_{verde} = \frac{ET_{verde}}{Prod} \quad (\text{eq. 3})$$

A PH cinzenta corresponde à quantidade de água que é necessária para assimilar a carga de poluente (Q) associada à lixiviação de nutrientes ou produtos fitofarmacêuticos, em função da fração lixiviada ( $\alpha$ ), a concentração máxima admissível (Cmax) e a concentração natural do poluente (Cnat) nas águas superficiais e subterrâneas (equação 4). Para a determinação do teor de poluentes lixiviados foram utilizadas sondas para extração da solução de solo.

$$PH_{cinzenta} = \frac{\frac{\infty Q}{C_{max} - C_{nat}}}{Prod} \quad (\text{eq. 4})$$

## **2.2 - Metodologias utilizadas na adega**

A PH da adega corresponde ao somatório das duas componentes existentes: azul e cinzenta (equação 5).

$$PH_{adega} = PH_{azul} + PH_{cinzenta} \quad (\text{eq. 5})$$

A PH azul é definida como a água superficial ou subterrânea que é evaporada, incorporada ou captada num corpo de água e devolvida a outro (equação 6). Na adega, a utilização de água está essencialmente associada à lavagem de instalações e equipamentos, não existindo incorporação de água no produto e retornando o efluente no mesmo período, contabilizando-se por isso apenas a fração proveniente da evaporação da água utilizada nas lavagens e a evaporações existente nos sistemas de tratamento. A água utilizada nas adegas em estudo foi contabilizada através da instalação de contadores com monitorização remota e online, gentilmente cedidos pela empresa Eddyhome.

$$PH_{azul} = \text{Evaporação} + \text{Incorporação} + \text{Vazão de retorno} \quad (\text{eq. 6})$$

A PH cinzenta consiste na quantidade de água necessária para assimilar os poluentes presentes no efluente produzido, de modo a que sejam cumpridas as normas de qualidade da água, e é determinada com base na carga de poluente (Q), a concentração máxima admissível (Cmax) e a concentração natural do poluente (Cnat) nas águas superficiais (equação 7). Para a determinação da PH cinzenta foi monitorizada a quantidade e qualidade do efluente vinícola produzido, ao longo de todo o ano. Por se ter considerado a carência química de oxigénio como parâmetro indicador de poluição com maior impacte ambiental neste tipo de efluente, seleccionou-se este parâmetro para o cálculo da carga de poluente mensal que é traduzida em PH cinzenta através da capacidade de assimilação do meio hídrico em que é feita a descarga do efluente tratado.

$$PH_{cinzenta} = \frac{Q}{C_{max} - C_{nat}} \quad (\text{eq. 7})$$

### 3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados provisórios apresentados neste trabalho dizem respeito ao primeiro ano de monitorização dos estudos de caso seguidos no âmbito do projeto WineWATERFootprint, encontrando-se ainda a decorrer o tratamento final da informação.

#### 3.1 - Pegada hídrica global

Os resultados obtidos relativamente às diferentes componentes da pegada hídrica, no decorrer do primeiro ano de monitorização dos estudos de caso I e II, podem ser observados no Quadro 1.

**Quadro 1** – PH calculada para o primeiro ano de monitorização nos estudos de caso I e II.

1º ano	PH da vinha			PH da adega		PH global ( $L_{\text{água}}/0,75L_{\text{vinho}}$ )
	( $L_{\text{água}}/0,75L_{\text{vinho}}$ )			( $L_{\text{água}}/0,75L_{\text{vinho}}$ )		
	Azul	Verde	Cinzenta	Azul	Cinzenta	
Estudo de caso I	99,9	262,0	0,0	0,1	5,9	367,9
Estudo de caso II	339,8	271,0	0,0	2,5	0,0	613,3

A PH global determinada para o estudo de caso I, no primeiro ano de monitorização, foi de aproximadamente 368 L de água por garrafa de vinho de 0,75L, sendo cerca de 71% referente à PH verde, 27% à azul e 2% à cinzenta. Relativamente ao estudo de caso II, a PH global foi de aproximadamente 613 L de água por garrafa de vinho de 0,75L, sendo

cerca de 44% referente à PH verde, 55% à azul e menos de 1% à cinzenta. Da análise dos resultados pode ser observado que a PH do estudo de caso II é superior, devido às diferentes condições edafo-climáticas verificadas, e que ao contrário do estudo de caso I onde a PH verde corresponde à maior contribuição para a PH global é a PH azul o componente mais relevante.

A PH da adega revelou diferenças entre os dois estudos de caso motivadas essencialmente pelos diferentes sistemas de tratamento existentes. A PH azul é superior no caso de estudo II devido à utilização de lagoas de evaporação no sistema de tratamento, existindo por isso maior evaporação e correspondente PH azul. No caso da PH cinzenta o estudo de caso I apresenta um valor de cerca de 6 L devido ao facto de efetuar descarga do efluente tratado no meio recetor natural durante parte do ano, enquanto que no caso de estudo II não existe essa descarga não apresentando por isso PH cinzenta.

Estes resultados revelaram que a PH apresenta valores semelhantes a outros autores, embora ligeiramente inferiores no estudo de caso I, uma vez que reportaram uma PH de 791 e 438 L de água por garrafa de 0,75L, respetivamente em Itália num estudo que englobou 7 estudos de caso (LAMASTRA *et al.*, 2014), e noutro estudo Português realizado na região norte de Portugal, (PINA *et al.*, 2011). A PH é um indicador referente a um determinado espaço e tempo, o que significa que o valor total de água envolvida na produção do vinho irá apresentar variações consoante a localização e o ano em estudo, devido às diferentes condições meteorológicas verificadas, não se podendo por isso concluir em absoluto que os resultados aqui apresentados resultam unicamente das boas práticas relativamente ao uso eficiente da água.

Através da monitorização efetuada foi possível identificar algumas hipóteses de melhoria, que no seu conjunto poderão permitir a redução do consumo de água na exploração e a conseqüente diminuição da PH. Na adega e através da avaliação das práticas utilizadas, verificou-se que a formação e consciencialização dos trabalhadores é possivelmente o fator com impacto mais relevante na eficiência de utilização de água, juntamente com a implementação de pistolas nas mangueiras utilizadas nas operações de lavagem. Na vinha, embora já sejam utilizados sensores na monitorização do teor de água no solo, existe ainda hipóteses de melhoria no que se refere ao rendimento do sistema de rega e à distribuição espacial da água.

#### **4 - CONCLUSÕES**

Apesar do resultado obtido para um dos estudos de caso ser inferior a alguns estudos reportados, verificou-se que existe ainda espaço para melhoria em ambos os estudos de caso. Na adegas foi possível identificar pontos críticos aos quais estão associadas hipóteses de melhoria, de fácil implementação e baixo custo, como a instalação de pistolas nas mangueiras e a formação específica dos trabalhadores. No que respeita à vinha, poder-se-á ainda melhorar a distribuição espacial da água utilizada, aumentando assim a eficiência da sua utilização.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Costa J.M., Vaz M. Escalona J., Egipto R., Lopes C., Medrano H., Chaves M.M. 2016. Modern viticulture in southern Europe: Vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agricultural Water Management*, 164, 5–18.
- Fraga H., García de Cortázar, Atauri I., Santos J. 2018. Viticultural irrigation demands under climate change scenarios in Portugal. *Agricultural Water Management*. 196: 66-74.
- Granier A. (1985). Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. *Ann. Sci. For.*, 42, 193–200.
- Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M., Mekonnen M.M. 2011. *The Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard*. Londres: Earthscan.
- Lamastra L., Suciú N.A., Novelli E., Trevisan M. 2014. A new approach to assessing the water footprint of wine: An Italian case study. *Science of the Total Environment*. 490, 748–756.
- Martins A.A., Araújo A.R., Graça A., Caetano N.S., Mata T.M. 2018. Towards sustainable wine: comparison of two Portuguese wines. *Journal of Cleaner Production*. 183: 662-676.
- Pina L., Dias A.C., Neto B., Arroja L., Quinteiro P. 2011. The water footprint of wine production in Portugal: a case study on vinho verde. 6th International Conference on Industrial Ecology, At Berkeley, USA.
- Rinaldi S., Bonamente E., Scrucca F., Merico M.C., Asdrubali F., Costa F. 2016. Water and carbon footprint of wine: methodology review and application to a case study. *Sustainability*. 8, (6)



**11º Simpósio de  
Vitivinicultura do Alentejo**  
**11<sup>th</sup> Alentejo Vine  
and Wine Symposium**

**15, 16 e 17 | 05 | 2019**

**ÉVORA, PORTUGAL**

**LIVRO DE ATAS**

# **11º SIMPÓSIO DE VITIVINICULTURA DO ALENTEJO**

**15 – 16 – 17 DE MAIO 2019**

## **Organizado por**

**ATEVA** – Associação Técnica dos Viticultores do Alentejo

**CVRA** – Comissão Vitivinícola Regional Alentejana

**CCDRA** – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento da Região Alentejo

**DRAP Alentejo** – Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo

**UE** – Universidade de Évora

Com o apoio de:

