



A PEGADA HÍDRICA NA FILEIRA VITIVINÍCOLA PORTUGUESA



Artur Saraiva¹, Gonçalo Rodrigues²,
José Silvestre³, Manuel Feliciano⁴,
Pedro O. e Silva⁵, Margarida Oliveira¹

¹ Escola Superior Agrária – Instituto

Politécnico de Santarém (ESA – IPSantarém)

² Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio (COTR)

³ Instituto Nacional de Investigação Agrária
e Veterinária, I.P. (INIAV)

⁴ Escola Superior Agrária – Instituto

Politécnico de Bragança (ESA – IPBragança)

⁵ Escola Superior Agrária – Instituto

Politécnico de Beja (ESA – IPBeja)

RESUMO

As alterações climáticas e a daí decorrente escassez de água têm levantado preocupações 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 consistiu na determinação da pegada hídrica na fileira vitivinícola através do desenvolvimento de uma metodologia aplicada a estudos de caso. A pegada hídrica anual determinada foi de 686 e 1017 litros de água por litro de vinho produzido para os casos de estudo I e II, respetivamente. Os resultados obtidos revelam que a pegada hídrica da etapa de produção da uva representa mais de 98% do valor global. A avaliação da sustentabilidade da pegada hídrica permitiu identificar pontos críticos e ineficiências, na vinha e na adegas, passíveis de reduzir a pegada hídrica global.

Palavras-chave: Análise de ciclo de vida, Pegada hídrica, Uso eficiente da água, Viticultura regada, WineWaterFootprint.

ABSTRACT

Climate change and the resulting water scarcity have raised concerns in the wine sector due to its impact on wine production and quality. The efficient use of natural resources and the subsequent reduction of production costs, through the adoption of more sustainable practices, is today an objective of winemakers. The WineWaterFootprint project consisted in determining the water footprint in the wine industry through the development of a methodology applied to case studies. The results obtained revealed that the water footprint of grape production stage represents more than 98% of the global value. The annual water footprint determined was 686 and 1017 litres of water per litre of wine produced for case studies I and II, respectively. The assessment of the sustainability of the water footprint allowed the identification of critical points and inefficiencies, in the vineyard and in the winery, that can contribute to the decrease of global water footprint.

Keywords: Irrigated viticulture, Life cycle analysis, Water footprint, Water use efficiency, WineWaterFootprint.

INTRODUÇÃO

Na região do Mediterrâneo, a adoção das melhores técnicas disponíveis e o aumento da eficiência de utilização dos recursos,

reduzindo simultaneamente o impacto nos recursos naturais e os custos de produção, tem sido um objetivo do sector vitivinícola, devido à crescente escassez de água decorrente das alterações climáticas e ao seu impacto na produtividade da vinha e qualidade do vinho.

A pegada hídrica é um indicador relativo ao uso direto e indireto de água associado a um produto, um processo ou uma atividade. Este indicador nasceu da ideia de considerar toda a água utilizada ao longo da cadeia de produção, considerando a água consumida de acordo com a sua origem e a água poluída de acordo com o tipo de poluição (Allan, 1997; Hoekstra, *et al.* 2011). Embora a pegada hídrica seja habitualmente apresentada como um número agregado, é constituída por três componentes: azul, verde e cinza (Hoekstra, *et al.* 2011), como representado na **Figura 1**. A pegada hídrica azul refere-se à água doce (superficial e subterrânea) consumida ao longo de toda a cadeia de produção de um produto, a pegada hídrica verde corresponde à água proveniente da precipitação que é armazenada no solo e, posteriormente, utilizada pelas plantas, e a pegada hídrica cinza refere-se à poluição dos recursos hídricos, sendo definida como o volume de água doce necessário para diluir a carga poluente até um nível de qualidade aceitável, de acordo com os padrões de qualidade da água. A pegada hídrica total é calculada pela soma das suas três componentes.

O projeto WineWaterFootprint, desenvolvido por um consórcio formado pelas Escolas Superiores Agrárias do IPSantarém, IPBeja e IPBragança, pelo INIAV e COTR, pretendeu avaliar a pegada hídrica ao longo da cadeia de valor vitivinícola, através do desenvolvimento de uma metodologia aplicada a estudos de caso. A determinação da pegada hídrica foi realizada em duas explorações de média dimensão, na região do Alentejo, e teve como objetivos contribuir para o aumento do conhecimento das necessidades hídricas da fileira vitivinícola e identificar medidas passíveis de reduzir a pegada hídrica em cerca de 10%.

Uma das ferramentas que pode ser utilizada na análise da sustentabilidade da pegada hídrica de um produto é a avaliação do ciclo de vida (ACV) (Kohler, 2008; Millà



e Canals, *et al.*, 2009), que consiste na investigação e avaliação dos impactos ambientais de um determinado produto ou serviço (ISO 14040:2008).

MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação da pegada hídrica da fileira vitivinícola foram monitorizados dois estudos de caso na região do Alentejo (NUT II), com capacidades de produção entre 750 mil e 1 milhão de litros de vinho anuais. A determinação da pegada hídrica baseou-se em medições diretas das três componentes da pegada hídrica (azul, verde e cinza), na fase de produção da uva, e das duas componentes (azul e cinza), na fase de vinificação e engarrafamento. As condições de fronteira definidas incluem a vinha e a adega, considerando todas as etapas de produção da uva e do vinho, mas não considerando a pegada hídrica associada ao transporte, produção de garrafas, maquinaria, entre outros.

Pegada hídrica da vinha

De acordo com Hoekstra *et al.* (2011) a pegada hídrica (PH) de uma cultura, neste caso a vinha, é o somatório das suas componentes azul, verde e cinza, com PH em $L.L^{-1}$ (equação 1).

$$PH_{vinha} = PH_{verde} + PH_{azul} + PH_{cinza} \quad (1)$$

Os cálculos realizados para a estimativa da pegada hídrica verde e azul na cultura da vinha podem ser sintetizados através das equações 2 e 3. Para a estimativa da evapotranspiração (ET_{verde} e ET_{azul}) utilizou-se a metodologia expressa pelas equações 4 e 5.

$$PH_{verde} = ET_{verde} / Prod \quad (2)$$

$$PH_{azul} = ET_{azul} / Prod \quad (3)$$

$$ET_{verde} = ET_{c\ adj} - ET_{azul} \quad (4)$$

$$ET_{azul} = \Sigma DTR \quad (5)$$

Com a ET_{verde} , ET_{azul} e a produção de vinho ($Prod$) em $L.ha^{-1}.ano^{-1}$. Em que ET_{verde} representa o consumo total de água da chuva em $L.ha^{-1}.ano^{-1}$, ET_{azul} o consumo total de água de rega em $L.ha^{-1}.ano^{-1}$, $Prod$ a produção de vinho em $L.ha^{-1}.ano^{-1}$, ΣDTR a dotação total de rega e $ET_{c\ adj}$ a evapotranspiração sob condições reais, com os respetivos fluxos expressos em mm.

A evaporação a partir do solo (K_c) foi estimada com o auxílio do modelo

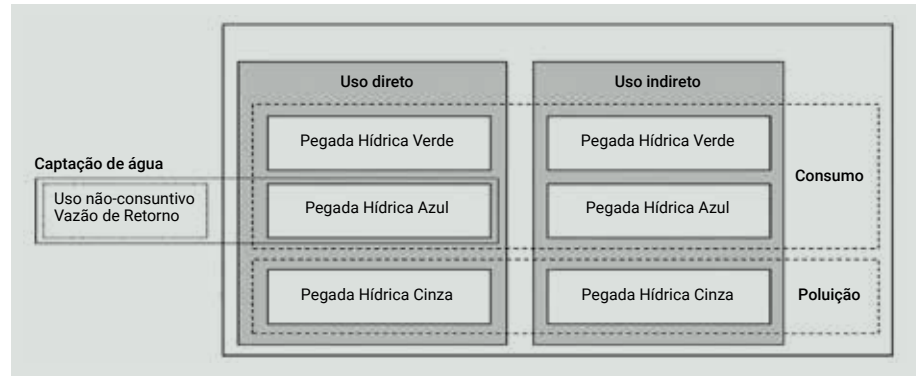


FIGURA 1. Representação esquemática dos componentes da pegada hídrica (Hoekstra, *et al.*, 2011).

SIMDualKc, desenvolvido para o cálculo da evapotranspiração cultural (ET_c) e para a calendarização da rega de acordo com a metodologia dos coeficientes culturais duais ($K_{cb} + K_e$), portanto com separação entre a transpiração das culturas (K_{cb}) e a evaporação a partir do solo (K_e) (Rosa, *et al.*, 2012).

A quantidade de água verde e azul incorporada nas uvas é calculada a partir do valor médio do teor de água na produção, à colheita, assumindo uma distribuição entre as duas componentes idêntica à relação entre a água verde e azul consumida pela cultura ao longo do ciclo (Hoekstra, *et al.*, 2011). A estimativa da fração de água na produção baseia-se nos valores médios dos teores de água dos diferentes constituintes do cacho e no respetivo peso relativo (Flanzy, 1998).

A componente cinza da pegada hídrica (PH_{cinza}) na vinha foi estimada a partir da quantidade total de fertilizantes ou produtos fitofarmacêuticos aplicados à cultura (Q), considerando apenas o mais crítico, ao qual está associada uma maior pegada hídrica (equação 6).

$$PH_{cinza} = [(\alpha \cdot Q) / (C_{max} - C_{nat})] / Prod \quad (6)$$

Com α a representar a fração lixiviada, Q em $kg.ha^{-1}.ano^{-1}$, C_{max} (concentração máxima admissível) e C_{nat} (concentração natural) em $kg.m^{-3}$ da substância nas águas doces superficiais e subterrâneas e $Prod$ (produção) em $L.ha^{-1}.ano^{-1}$.

Pegada hídrica da adega

A determinação da pegada hídrica na adega está subordinada às suas componentes: azul e cinza.

A pegada hídrica azul (PH_{azul}) é definida como a água superficial ou subterrânea que é evaporada, incorporada no produto ou captada num corpo de água e devolvida a outro. Na produção de vinho

na adega, o único componente a considerar para a pegada hídrica azul diz respeito à evaporação verificada nos sistemas de tratamento de águas residuais, não se verificando incorporação de água ou transferência entre corpos de água, traduzindo-se na equação simplificada (equação 7).

$$PH_{azul} = \text{Água}_{evaporada} / Prod \quad (7)$$

Com a $\text{Água}_{evaporada}$ em $L.ano^{-1}$ e a produção de vinho ($Prod$) em $L.ano^{-1}$. Na determinação da quantidade de água evaporada é utilizada a equação de Penman (1948) e a área superficial do sistema de tratamento.

A pegada hídrica cinza, determina-se a partir da monitorização qualitativa e quantitativa do efluente produzido, consiste na quantidade de água que é necessária para assimilar os poluentes de modo a cumprir as normas de qualidade da água (equação 8).

$$PH_{cinza} = [L / (C_{max} - C_{nat})] / Prod \quad (8)$$

Onde L é a carga de poluente no efluente, expressa em $g.ano^{-1}$ (Carência Química de Oxigénio no caso deste estudo); C_{max} é a concentração máxima expressa em $g.L^{-1}$; C_{nat} é a concentração no meio recetor natural em $g.L^{-1}$ e $Prod$ a produção de vinho em $L.ano^{-1}$.

A periodicidade de monitorização *in situ* e a recolha de amostras para determinação de parâmetros relevantes em laboratório variou de acordo com a etapa produtiva e foi utilizada a seguinte periodicidade: durante o período de vindima – uma vez por semana e durante o restante período – mensal. Os parâmetros seguidos foram pH, condutividade elétrica, temperatura, oxigénio dissolvido, potencial redox, sólidos suspensos totais, carência química de oxigénio (CQO), carência

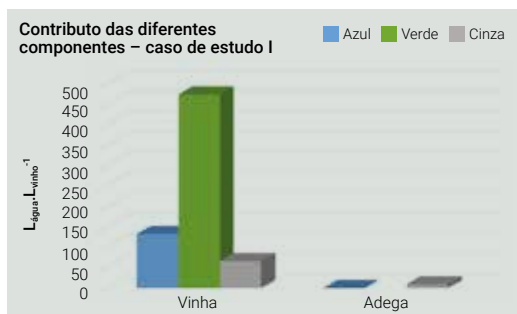


FIGURA 2. Contributo das diferentes componentes e etapas de produção para a pegada hídrica global – caso de estudo I.

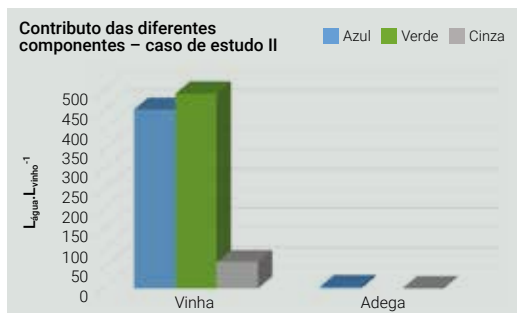


FIGURA 3. Contributo das diferentes componentes e etapas de produção para a pegada hídrica global – caso de estudo II.

bioquímica de oxigénio (CBO), compostos fenólicos, azoto total e fósforo total. A determinação de parâmetros relevantes em laboratório foi feita de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A recolha de dados primários ao longo de um ano de monitorização permitiu o cálculo da pegada hídrica referente a cada um dos casos de estudo. Os resultados obtidos demonstram que a fase de produção da uva é a principal responsável pela pegada hídrica do vinho, representando mais de 98% do valor global. Nos dois estudos de caso foi verificada uma distribuição variável das diferentes componentes da pegada hídrica na vinha (**Figuras 2 e 3**). No caso de estudo I, verifica-se um maior contributo da componente verde, enquanto no caso de estudo II existe uma maior similaridade entre as componentes azul e verde.

Esta diferente distribuição entre as componentes verde e azul é motivada pelas diferentes condições edafoclimáticas existentes que levam a que seja necessário fornecer mais água azul às plantas, no caso de estudo II. Estes resultados demonstram a variabilidade de condições edafoclimáticas, e correspondente pegada hídrica, que é possível encontrar inclusive dentro da mesma região (Alentejo).



FIGURA 4. Distribuição da pegada hídrica pelas suas componentes – caso de estudo I.

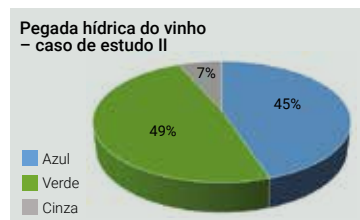


FIGURA 5. Distribuição da pegada hídrica pelas suas componentes – caso de estudo II.

TABELA 1. Valores de pegada hídrica determinados para os dois casos de estudo e etapas de produção.

$L_{\text{água}} \cdot L_{\text{vinho}}^{-1}$	PH da vinha	PH da adega	PH global
Caso de Estudo I	676	10	686
Caso de Estudo II	1 013	4	1 017

Globalmente, a pegada hídrica verde apresenta uma maior percentagem, relativamente às restantes componentes, nos dois estudos de caso, embora no caso de estudo II essa diferença seja menos significativa (**Figuras 4 e 5**). Relativamente a componente cinza, esta apresenta uma maior contribuição no caso de estudo I, com 11% do valor global, devido ao contributo da descarga dos efluentes vinícolas da adega no meio recetor natural.

Os resultados obtidos para a pegada hídrica encontram-se resumidos na **Tabela 1**. Para o ano em estudo verificaram-se pegadas de 686 e 1017 litros de água por litro de vinho produzido, respetivamente para os casos de estudo I e II. Se considerarmos que o valor médio dos dois casos de estudo, cerca de $850 L_{\text{água}} \cdot L_{\text{vinho}}^{-1}$, é representativo da região do Alentejo, pode observar-se que este valor se encontra próximo da média mundial, de $872 L_{\text{água}} \cdot L_{\text{vinho}}^{-1}$, abaixo da média reportada para Espanha, $1560 L_{\text{água}} \cdot L_{\text{vinho}}^{-1}$, mas acima do valor médio de países como França e Itália, com cerca de $720 L_{\text{água}} \cdot L_{\text{vinho}}^{-1}$ havendo assim espaço de melhoria (Hoekstra, *et al.*, 2011).

CONCLUSÃO

Apesar dos resultados obtidos serem similares a outros resultados reportados para outros países, verificou-se que existe ainda possibilidade de implementação de medidas de melhoria nos dois casos de estudo.

No vinha, foi identificado que a distribuição espacial da água e a adequação das dotações de rega poderá ser melhorada, através da adequação dos sectores de rega ao tipo de solo e casta presente, aumentando assim a eficiência do uso de água e o controlo sobre a qualidade da uva produzida.

Na adega foi possível identificar alguns pontos críticos, cuja implementação não implica grande investimento, nomeadamente a instalação de pistolas de pressão nas mangueiras, o reaproveitamento da água de enxaguamento proveniente da linha de enchimento e a formação específica dos trabalhadores, medidas estas que permitiriam um aumento da eficiência do uso de recursos.

Apesar das oportunidades de melhoria que foram identificadas, a variabilidade observada nos dois casos de estudo permite ainda verificar a grande contribuição das diferentes condições edafoclimáticas na distribuição das diferentes componentes da pegada hídrica e também do seu valor global, inclusive dentro da mesma região.

AGRADECIMENTOS

O Projeto WineWaterFootprint (POCI-01-0145-FEDER-023360) é financiado pelo COMPETE2020. Os autores agradecem ainda à empresa EddyHome pela disponibilização dos caudalímetros utilizados neste estudo.

BIBLIOGRAFIA

- Allan T. 'Virtual water': a long term solution for water short Middle Eastern economies?. British Association Festival of Science. Water and Development Session. Roger Stevens Lecture Theatre, University of Leeds. (1997).
- APHA, AWWA, WEF, 2006, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 10th edition. Washington, D.C, USA: APHA, AWWA, WEF
- Flanzy, C., 1998. OENOLOGIE: fondements scientifiques et technologiques. Lavoisier TEC&DOC. Paris.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M., 2011. The Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard. Londres: Earthscan.
- Hoekstra, A. & Hung, P.Q. - Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows between Nations in Relation to International Crop Trade. Value of Water Research Report Series. Delft, The Netherlands. No. 11, IHE Delft, (2002).
- ISO, 14040. (2008). Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e enquadramento. ISO 14040. International Organization for Standardization. Genève, Switzerland.
- Koehler, A. Water use in LCA: managing the planet's freshwater resources. International Journal of Life Cycle Assessment, 13: 6 (2008) p. 451-455.
- Milà i Canals, L., [et al.] Assessing freshwater use impacts in LCA: Part I-inventory modelling and characterisation factors for the main impact pathways. Int. J. Life Cycle Assess. 14:1 (2009) p. 28-42.
- Penman H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 193:1032 (1948) p. 120-145.
- Rosa R.D., [et al.] Implementing the dual crop coefficient approach in interactive software I. Background and computational strategy. *Agricultural Water Management* 103 (2012) p.8-24.