



Instituto Superior de Agronomia  
Departamento de Produção Agrícola e Animal

# VITICULTURA GERAL

Textos de apoio às aulas

## **7.6 - REGA DA VINHA**

Carlos M. A. Lopes

LISBOA

2005

## ÍNDICE

<b>7.6- A REGA DA VINHA</b>	<b>Página</b>
7.6.1- Influência das disponibilidades hídricas no crescimento, produção e maturação da uva	1
7.6.2- Consumo de água na vinha	5
7.6.3- Condução da rega da vinha	7
7.6.3.1. Monitorização do estado hídrico da videira	8
7.6.3.1.1. Aspecto da vegetação	8
7.6.3.1.2. Indicadores fisiológicos	9
7.6.3.2. Estratégias de rega deficitária para vinhos de qualidade	10
7.6.3.2.1. Rega deficitária controlada (“Regulated Deficit Irrigation”)	11
7.6.3.2.2. Rega alternada de uma parte das raízes (“Partial Root Drying”)	13
7.6.4- A rega da vinha no mundo vitícola e em Portugal. Casos de estudo.	13
Referências bibliográficas	16

## 7.6 - A REGA DA VINHA

### 7.6.1- Influência das disponibilidades hídricas no crescimento, produção e maturação da uva

A disponibilidade de água para a videira influencia o crescimento vegetativo e reprodutivo em todas as fases, afectando a quantidade e a qualidade da produção e o vigor e perenidade da videira (Williams & Mathews, 1990; Lopes, 1994).

#### Crescimento e desenvolvimento vegetativo

O estado hídrico de uma planta, pelos seus efeitos na turgescência das células, influencia todos os processos de crescimento. Enquanto uma boa disponibilidade hídrica ao longo de toda a estação favorece o crescimento e o vigor da videira, o deficit hídrico, através da sua influência negativa nos processos fisiológicos, pode reduzir o crescimento das raízes e da parte aérea. Estes efeitos do stress hídrico ao nível do crescimento devem-se, sobretudo, à grande sensibilidade da expansão celular ao stress hídrico.

A taxa de assimilação do CO<sub>2</sub> nas folhas é reduzida por um stress hídrico moderado, principalmente como consequência do fecho dos estomas. Para além dos efeitos estomáticos há evidências de que o stress hídrico, quando associado a elevadas temperaturas e irradiâncias, pode afectar outros processos, como por exemplo as reacções fotoquímicas e enzimáticas e a repartição dos açúcares (Chaves, 1991).

Um dos sintomas mais precoces do stress hídrico é o emurchecimento das jovens gavinhas e folhas. O stress hídrico pode provocar também alterações no ângulo da folha, na cor das folhas jovens e extremidades dos lançamentos, que se tornam amarelo-esverdeados e, quando continuado, torna mais rápida a senescência das folhas basais que ficam amarelas e caem precocemente. A abscisão das folhas ocorre geralmente a um potencial hídrico foliar bastante negativo tendo-se verificado que a susceptibilidade à abscisão pode aumentar após o pintor e que o stress hídrico prolongado pode levar também ao desenvolvimento de áreas necróticas nas margens das folhas, especialmente nas basais.

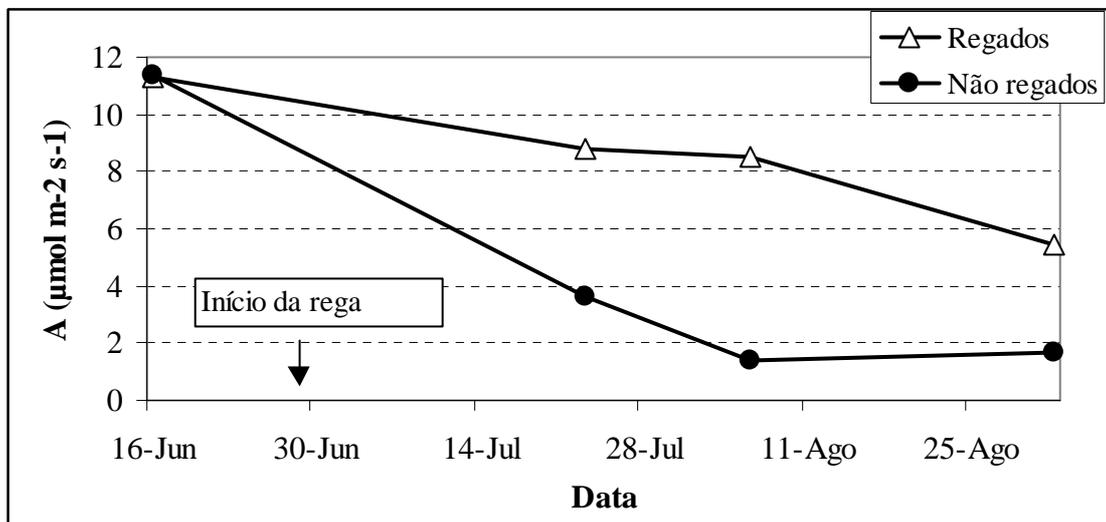
O deficit hídrico, ao reduzir o crescimento e a duração da área foliar, provoca uma redução do vigor da planta, como se verificou, por exemplo, nos trabalhos realizados em Portugal por Lopes (1994), Neto (2000) e Barroso *et al.*, (2001).

Durante o período de abrolhamento-floração o stress hídrico pode levar a um abrolhamento irregular e a um fraco crescimento dos lançamentos. No período floração-pintor, enquanto que em condições de boas disponibilidades hídricas, o aumento da temperatura leva a um rápido desenvolvimento vegetativo, em situações de deficit hídrico o crescimento dos lançamentos pode ser negativamente afectado, podendo mesmo ocorrer perda de folhas basais antes do pintor como sucedeu em 1999 num ensaio com a casta Aragonez no Alentejo (Lopes *et al.*, 2001) (Fig.1).

Durante o período da maturação um stress hídrico severo, ao provocar a senescência prematura das folhas na base dos sarmentos, pode levar a uma elevada redução da superfície fotossintetizante e das taxas fotossintéticas das folhas remanescentes (Fig. 2). Para além disso, a perda precoce das folhas da base dos sarmentos pode levar a uma exposição exagerada dos cachos, com consequências no metabolismo da maturação e aumento dos riscos de escaldão (Fig. 3), reduzindo a produção e prejudicando a perenidade da planta através da menor acumulação de reservas nas partes perenes.



**Figura 1** – Efeito do stress hídrico e da rega na senescência das folhas. Fotos tiradas à vindima mostrando a elevada senescência nas plantas não regadas (foto da esquerda) e a ausência de senescência nas plantas regadas a 100% da evapotranspiração da vinha até à vindima (foto da direita). Casta Aragonez, Herdade de Pinheiros, Évora, 1999. Fotos C. Lopes.



**Figura 2** – Influência da rega na evolução da taxa de fotossíntese medida durante a manhã em folhas expostas da casta Fernão Pires, Tapada da Ajuda, Lisboa, 1992. Extraído de Lopes (1994).



**Figura 3** – Escaldão nos cachos de uma casta branca resultante da senescência precoce das folhas basais por stress hídrico. Alentejo, Setembro, 2001. Foto C. Lopes

A resposta do crescimento vegetativo à rega depende de vários factores destacando-se a dotação de rega, profundidade das raízes, as características do solo, a eficiência do sistema de rega e o clima da região. Num ensaio realizado no Alentejo com a casta Aragonez, verificou-se que, comparativamente a videiras não regadas, as videiras regadas com várias dotações deram origem a um maior crescimento vegetativo, a sebes mais densas e com menor taxa de senescência na zona de frutificação (Neto, 2000; Santos, 2000). Num outro ensaio realizado na região de Palmela, com as castas Moscatel de Setúbal e Castelão, obteve-se também um maior crescimento vegetativo nas modalidades regadas comparativamente às não regadas (Santos *et al.*, 2003).

## **Crescimento e desenvolvimento reprodutivo**

A disponibilidade de água para a planta influencia o crescimento reprodutivo da videira em todas as fases, afectando a quantidade e a qualidade da produção.

Durante o período de abrolhamento, fase de formação dos botões florais, a ocorrência de deficit hídrico pode levar à redução do número de flores por inflorescência (McCarthy *et al.*, 1992). Em geral, em Portugal, nesta fase do ciclo (Março-Abril) o solo encontra-se bem provido de água, não sendo de esperar efeitos deste tipo.

A fertilidade da videira (nº inflorescências por olho deixado à poda) responde de forma variável à alteração das disponibilidades hídricas. Os resultados de vários trabalhos demonstram que os efeitos do deficit hídrico na fertilidade não são consistentes, provavelmente em resultado da grande variabilidade existente entre os trabalhos, quer no que se refere aos níveis de stress impostos, quer às datas da sua imposição, o que torna muito difícil a sua comparação. Para além disso, as dificuldades em separar os efeitos específicos do stress hídrico dos efeitos da temperatura e da intensidade luminosa também contribuem para esta diversidade de resultados.

Os efeitos da disponibilidade hídrica no desenvolvimento das flores da videira e no processo da antese têm sido pouco estudados. Sabe-se que a floração e o vingamento, dado envolverem processos de abscisão e divisão celular, são fases sensíveis ao stress hídrico severo. Na Austrália, em zonas irrigadas, os viticultores consideram que, antes do início da floração, se deve garantir que as disponibilidades hídricas do solo sejam suficientes, pelo que uma rega nesta fase é considerada fundamental (McCarthy *et al.*, 1992). De acordo com estes autores, esta rega permite garantir quer um bom vingamento quer um bom desenvolvimento das raízes pois o primeiro fluxo de crescimento das raízes dá-se nesta altura e pode ser inibido pelo stress hídrico. Em Portugal, a fase de floração-vingamento coincide com a Primavera (Maio-Junho), fase do ano em que, geralmente, ainda não se verificam situações de stress hídrico severo. Todavia, nalguns anos de Primavera seca, como foram os casos de 2004 e 2005, sobretudo nas regiões vitícolas a sul do Tejo e em solos delgados, deve-se iniciar a rega mais cedo de forma a evitar aqueles efeitos negativos.

O deficit hídrico actua diferentemente sobre o desenvolvimento dos bagos de acordo com a severidade e época em que se aplica, afectando o seu crescimento. Na fase de multiplicação celular, o deficit hídrico tem um efeito muito maior no tamanho final do bago do que deficits hídricos durante as fases seguintes (Williams & Matthews, 1990; Lopes *et al.*, 2001). Este efeito do deficit hídrico na redução da multiplicação celular, é hoje muito procurado, sobretudo para produção de vinhos tintos de qualidade, com vista à obtenção de bagos mais pequenos, com uma maior relação película/polpa, característica favorável à qualidade do vinho.

O stress hídrico antes do pintor reduz o tamanho final dos bagos, efeito que poderá dever-se a reduções na divisão e expansão celular durante o crescimento inicial do bago. O stress hídrico após o pintor reduz menos o peso final do bago do que quando aplicado antes e o desaparecimento do stress não leva à regularização da situação. Como consequência, a rega dá origem a maiores produções relativamente a videiras sujeitas a deficits hídricos (Williams & Matthews, 1990; Lopes, 1994; Barroso *et al.*, 2001; Santos *et al.*, 2005).

## Metabolismo da maturação

A maior ou menor disponibilidade de água pode afectar a maturação e composição do fruto à vindima através da resposta do crescimento vegetativo e da repartição do carbono estando os efeitos dependentes da fase em que ocorre o deficit hídrico, da sua severidade e intensidade, bem como da taxa a que é imposto.

A data de início da maturação e a sua duração podem ser influenciadas pelas disponibilidades hídricas do solo. Em condições de conforto hídrico, o crescimento vegetativo continua até tarde na estação o que pode provocar atrasos na maturação. O stress hídrico severo também pode provocar atrasos na maturação ou mesmo paragens, tal como foi observado por Lopes (1994) num ensaio com a casta 'Fernão Pires'. Este autor verificou que, nas plantas que sofreram stress hídrico severo a uva não amadureceu completamente em resultado de uma perda prematura de folhas e da redução da fotossíntese nas folhas remanescentes durante o período de maturação.

Relativamente aos efeitos da rega sobre a acumulação de açúcar verifica-se uma grande diversidade de resultados. Alguns autores insistem no efeito depressivo do conforto hídrico sobre o teor em açúcar das uvas. Em Bordéus vários autores verificaram que o maior consumo de água provocou uma elevada acidez, sobretudo ácido tartárico, e uma diminuição de açúcares. Num ensaio em condições naturais, com uva de mesa 'D. Maria', Rodrigues (1987) verificou que os tratamentos com rega, apesar de não terem provocado um aumento da produção total, melhoraram a qualidade, traduzida por bagos mais pesados e com mais açúcar à vindima. Matthews & Anderson (1988) afirmam que a acumulação de açúcares é menos sensível ao deficit hídrico que o crescimento do fruto, pelo que regas suplementares geralmente aumentam o rendimento sem, frequentemente, influenciar significativamente a concentração de açúcares. Champagnol, (1984) refere que o stress hídrico à volta do pintor, pode reduzir o teor em açúcar nos bagos. Num ensaio de rega no Alentejo com a casta Aragonez, Cabrita *et al.* (2001), verificaram que num ano seco, o stress hídrico severo levou a uma redução do teor em açúcar comparativamente às modalidades regadas. Contrariamente, num ensaio com a casta Castelão, Santos *et al.* (2003) obtiveram teores similares em açúcar nos bagos das modalidades regadas e não regadas.

Em resumo, o efeito da alteração das disponibilidades hídricas sobre o teor em açúcar no mosto continua ainda muito difícil de precisar fundamentalmente devido à dificuldade em definir com rigor o nível de deficit hídrico. O balanço dos resultados da literatura parece indicar um efeito negativo do stress hídrico severo sobre o teor em açúcar quando ele atinge, através da senescência precoce das folhas da base e diminuição da fotossíntese das folhas remanescentes, o crescimento e o desenvolvimento do bago. Por seu lado uma elevada disponibilidade hídrica pode acentuar a competição entre o crescimento vegetativo e a maturação e levar à obtenção de um menor teor em açúcar nos bagos à vindima.

Os efeitos da disponibilidade hídrica na acidez do mosto estão um pouco mais esclarecidos que os efeitos nos açúcares. Na maioria dos trabalhos consultados verifica-se que, comparativamente às modalidades não regadas, a rega aumenta a acidez. Por seu lado, o stress hídrico, em geral, provoca uma redução da acidez do mosto tendo-se verificado que a imposição do stress entre o vingamento do fruto e o pintor provocou uma maior redução na acidez do que a sua imposição entre o pintor e a vindima (Williams & Matthews, 1990). No já referido ensaio com a casta Aragonez no Alentejo a rega provocou um aumento da acidez total, efeito que deve ser considerado benéfico para o equilíbrio dos vinhos pois um dos principais problemas dos vinhos desta casta é a sua reduzida acidez.

Para além dos efeitos já referidos, as disponibilidades hídricas também podem afectar outras componentes do bago. Um deficit hídrico que provoca um efeito depressivo moderado sobre a fotossíntese unitária pode ter consequências favoráveis sobre a elaboração dos compostos associados à qualidade sobretudo sobre a síntese de compostos fenólicos. Em geral, as condições de secura são particularmente favoráveis à coloração das uvas sobretudo através do aumento da produção de antocianas.

## Qualidade do vinho

Os efeitos da alteração das disponibilidades hídricas na composição das uvas reflectem-se de forma variável na composição do respectivo vinho. Apesar das frequentes afirmações de que a rega reduz a qualidade do vinho, apenas alguns estudos o confirmam. Com efeito, enquanto se verifica uma opinião mais ou menos consensual de que a rega promove o crescimento e o rendimento com atrasos na maturação, os seus efeitos na qualidade do vinho são menos conhecidos. Matthews & Anderson (1988) verificaram que os vinhos que resultaram de videiras que sofreram stress hídrico, precoce ou tardio, tinham melhor cor e maior concentração de compostos fenólicos totais relativamente ao vinho de videiras regadas semanalmente. Em estudos em Israel, revistos por Bravdo (1984), verificou-se que enquanto a rega moderada não causou alterações na qualidade do vinho, regas excessivas provocaram uma redução significativa nas características da qualidade. Matthews & Anderson (1989) em ensaios de rega, em condições de naturais, com a casta 'Cabernet Franc' verificaram que os vinhos obtidos diferiam no sabor e aroma concluindo que a rega oferece um meio de manipular as características sensoriais do vinho. Contrariamente a estes resultados, vários investigadores não encontraram evidências de que a rega baixe a qualidade do vinho mas apresentaram frequentemente o comentário de que o estilo do vinho foi alterado, enquanto outros não encontraram qualquer efeito da rega nos atributos sensoriais do vinho.

Em geral os efeitos da rega na qualidade do vinho são positivos comparativamente a situações de stress hídrico severo que causam grandes desfolhas e paragens do metabolismo das folhas.

Champagnol (1984) sugere que o regime hídrico ideal se deve caracterizar pelo estabelecimento de um deficit hídrico progressivo do abrolhamento à maturação. Este autor refere que o nível de stress não deve ser muito forte, devendo existir sempre, no solo, um fluxo hídrico suficiente para permitir uma rehidratação parcial da planta ao nascer do dia. De acordo com o mesmo autor, este deficit hídrico progressivo permite a adaptação gradual da planta que assim, suportará sem danos a seca moderada imposta durante o Verão. Aquele autor considera que, em regiões de clima mediterrânico, o deficit hídrico adequado para a maturação é o que não permite o crescimento mas permite a fotossíntese das folhas jovens e adultas apesar de alguns amarelecimentos e queda de folhas velhas.

Riou *et al.* (1992) afirmam que nas regiões temperadas húmidas, como por exemplo a Aquitânia (Oeste de França), a restrição da alimentação hídrica melhora a qualidade do vinho dando como exemplo a região de Bordéus onde os anos de bons vinhos são todos anos secos, enquanto que os anos com muita precipitação são anos de vinhos medíocres.

Em suma, a influência do factor hídrico na qualidade do vinho, parece ser muito importante, mas é difícil de precisar, sobretudo em resultado da falta de uma caracterização robusta das disponibilidades hídricas. No entanto, parece existir um consenso de que a obtenção de vinhos de qualidade exige, em igualdade de outras condições, por um lado, que a videira não sofra um stress hídrico severo que leve à paragem da maturação e, por outro, que as disponibilidades hídricas não sejam exageradas, de forma a impedir a competição provocada por um excessivo crescimento, sobretudo durante a maturação, bem como um exagerado ensombramento dos cachos.

### 7.6.2- Consumo de água na vinha

O uso da água numa vinha depende da interacção de numerosos factores, físicos, atmosféricos e edáficos, com os processos fisiológicos da planta. Em geral, o uso da água pela videira ao longo da estação é pequeno na fase inicial e final do ciclo vegetativo e grande a meio. Os principais factores que influenciam o consumo de água da vinha são:

- clima: radiação solar, temperatura, défice de pressão de vapor do ar e duração do dia;
- videira – casta e porta-enxerto, fase de desenvolvimento, sistema de condução, área, exposição e densidade da folhagem, distribuição das raízes; técnicas de gestão da folhagem;
- solo – técnicas de manutenção, profundidade, textura e estado hídrico.

O cálculo da quantidade de água utilizada pela videira é o objectivo principal para uma eficaz definição da dotação de rega. O consumo de água pela vinha pode variar de 250 mm até 800 mm (McCarthy *et al*, 1992). Das várias componentes que contribuem para o consumo de água da vinha a transpiração da videira é, em geral, a componente mais importante. Para idênticas condições atmosféricas e de disponibilidades hídricas, ela depende da área foliar e da exposição das folhas pois, à medida que a superfície foliar exposta aumenta, mais luz é interceptada e mais água será, potencialmente, transpirada. Assim o sistema de condução da vinha exerce uma influência determinante no consumo de água da vinha. Das várias componentes do sistema de condução, o compasso, a altura da sebe e o número de planos de vegetação são as que mais influenciam o uso da água pois determinam a superfície foliar exposta. As intervenções em verde (desfolhas, despontas, monda de sarmentos), ao alterarem a área foliar e sua exposição também podem influenciar a taxa de transpiração do coberto.

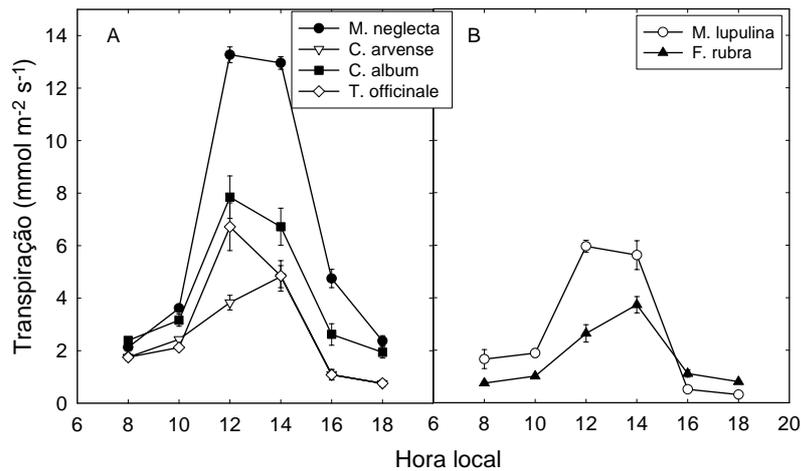
A outra componente é a evaporação do solo e/ou a transpiração da flora presente no revestimento do solo. A contribuição da evaporação do solo para a evapotranspiração da vinha depende, entre outros factores, da sua textura, da frequência com que se humidifica o solo, da área de solo molhada e da proporção da superfície de solo molhada que está ensombrada pela folhagem. A taxa de evaporação do solo mantém-se elevada enquanto a superfície do solo estiver molhada mas, quando seca, a taxa reduz-se rapidamente atingindo valores muito baixos. A aplicação de uma mesma quantidade de água a solos de diferentes texturas humidifica cada um deles de forma diferente. Com efeito, comparativamente a um solo argiloso, apesar de um solo arenoso armazenar apenas cerca de 1/3 da quantidade de água disponível por unidade de profundidade, esta água disponível não se encontra tão fortemente retida e conseqüentemente está mais disponível para as raízes (McCarthy *et al*, 1992).

Quando se utilizam relvados na entrelinha, a flora dos relvados compete com a videira pelos recursos hídricos. A contribuição do enrolvamento para a evapotranspiração da vinha depende, entre outros factores, da faixa de solo que ocupam, do seu elenco florístico e da gestão do relvado, sobretudo no que se refere à frequência e data dos cortes (Monteiro *et al.*, 2004). A quantificação da fracção da evapotranspiração da vinha que corresponde ao enrolvamento ainda é um assunto pouco estudado. Meisinger *et al.* (1991) afirmam que são necessários cerca de 302 kg de água por kg de matéria seca produzida pela flora. Num pomar da Califórnia, Prichard *et al.* (1989) referem que o consumo de água foi 10 a 30% superior na modalidade enrolvada comparativamente ao solo tratado com herbicida. Num ensaio instalado numa vinha de encosta, em Alenquer, verificámos que, durante o período entre o abrolhamento e o início de Setembro de 2004, as modalidades relvadas consumiram cerca de mais 15% de água que a modalidade mobilizada na entrelinha.

A utilização de relvados na entrelinha provoca

O consumo adicional de água por parte da flora dos relvados depende da sua composição. Existem poucos dados de campo para permitir uma avaliação correcta do consumo de água das diversas espécies que compõem os relvados. Num estudo realizado na Alemanha, na região vitícola do Rheingau, Lopes *et al.* (2004), ao compararem as taxas de transpiração de cinco espécies que compunham um relvado de uma vinha verificaram grandes diferenças entre elas. Por exemplo, durante o período do meio-dia a malva (*Malva neglecta* Wallr.) apresentou uma taxa de transpiração por unidade de área foliar cerca de 3 vezes superior à da *Festuca rubra* L. ssp. *rubra* (Fig. 4).

Aqueles autores verificaram também que, ao longo do dia, os menores valores da taxa de transpiração correspondiam às horas em que a sebe da videira impedia que a luz directa do sol atingisse o solo da vinha. Este efeito de ensombramento da sebe da vinha sobre o relvado permite modelar o grau de competição hídrica e está dependente da orientação das linhas, da distância da entrelinha e da altura da sebe.



**Figura 4** –Taxa de transpiração de (A) *Chenopodium album*, *Cirsium arvense*, *Malva neglecta* e *Taraxacum officinale*, e (B) *Medicago lupulina* e *Festuca rubra* ssp. *rubra*, durante um dia de verão de 2001, Geisenheim, Alemanha (Extraído de Lopes *et al.*, 2004).

Em condições ecológicas caracterizadas por precipitações estivais e solos profundos, a competição pela água entre o relvado e a videira pode ser benéfica. Nessas circunstâncias pode verificar-se uma redução do crescimento vegetativo e do vigor (Geoffrion, 2000; Afonso *et al.*, 2003) e, conseqüentemente, o microclima do coberto, a composição e sanidade do bago podem ser melhoradas (Frazão e Moreira, 1990; Pacheco *et al.*, 1991; Maigre e Aerny, 2001).

Uma outra situação em que a competição hídrica por parte dos relvados pode ser benéfica verifica-se no caso de vinhas regadas em que se pretende aplicar estratégias de rega deficitária durante períodos específicos da estação de crescimento. Na produção de vinhos tintos de qualidade, uma das fases fenológicas em que se deve aplicar este stress é a fase inicial de crescimento dos bagos, após vingamento, de forma a reduzir a multiplicação celular e a obter bagos mais pequenos com uma melhor relação película/polpa. Nas nossas condições ecológicas nem sempre é fácil conseguir este stress moderado uma vez que o vingamento dos bagos ocorre no final da Primavera, fase em que, em geral, os solos ainda apresentam um teor de humidade elevado. Nestas circunstâncias, o consumo adicional de água provocado pela flora dos relvados durante o período abrolhamento-floração da vinha poderá induzir o referido stress moderado no período pretendido e, conseqüentemente, permitir a obtenção de bagos mais pequenos e de melhor qualidade.

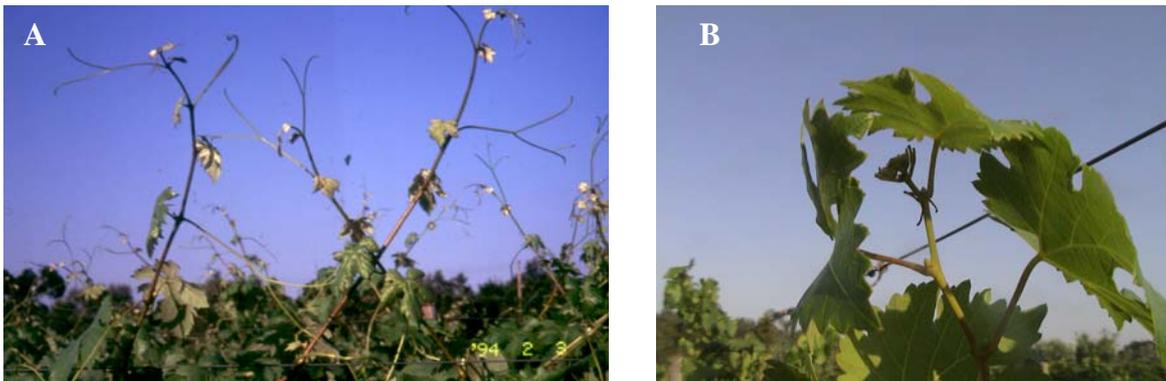
### 7.6.3- Condução da rega da vinha

A condução da rega deve ter por objectivos a optimização das disponibilidades hídricas do solo de forma que o stress hídrico da videira seja controlado e que as raízes não sofram de excesso de água. A máxima eficiência da rega obtém-se quando toda a água aplicada é usada para produzir a produção potencial com a qualidade desejada.

### 7.6.3.1. Monitorização do estado hídrico da videira

#### 7.6.3.1.1. Aspecto da vegetação

Apesar de falta de precisão relativamente a outros métodos, com experiência e cuidada observação é possível detectar os sinais precoces de stress hídrico através da aspecto visual da vegetação. Quando há água em quantidade adequada os ramos em crescimento rápido tem um aspecto macio e verde amarelados (Fig. 5A). À medida que o stress hídrico se desenvolve o crescimento dos lançamentos é atenuado, o crescimento dos entrenós é reduzido e os meristemas terminais tornam-se duros e verde escuros. A paragem do crescimento terminal pode ser facilmente detectada através da análise do desenvolvimento da última folha expandida comparativamente à extremidade do sarmento. Se a extremidade da folha, quando sobreposta sobre o ápice, ultrapassar o meristema terminal, isso é indicativo de que o crescimento do lançamento parou (Fig. 5B)



**Figura 5** – Aspecto da extremidade dos lançamentos em pleno crescimento (A) e pormenor de um lançamento após paragem de crescimento, notando-se que a última folha se sobrepõe ao meristema terminal. Fotos C. Lopes.

O aumento do stress hídrico provoca um decréscimo do ângulo entre o limbo e o pecíolo e os limbos tendem a apontar na direcção do solo (Fig. 6A). O stress hídrico também causa uma redução no diâmetro do tronco. A taxa de crescimento dos entrenós imaturos e das gavinhas pode também ser um bom indicador do estado hídrico. Um stress hídrico moderado pode provocar o amarelecimento das folhas da base dos sarmentos enquanto que um stress severo induz uma senescência e queda prematura (Fig. 6B).



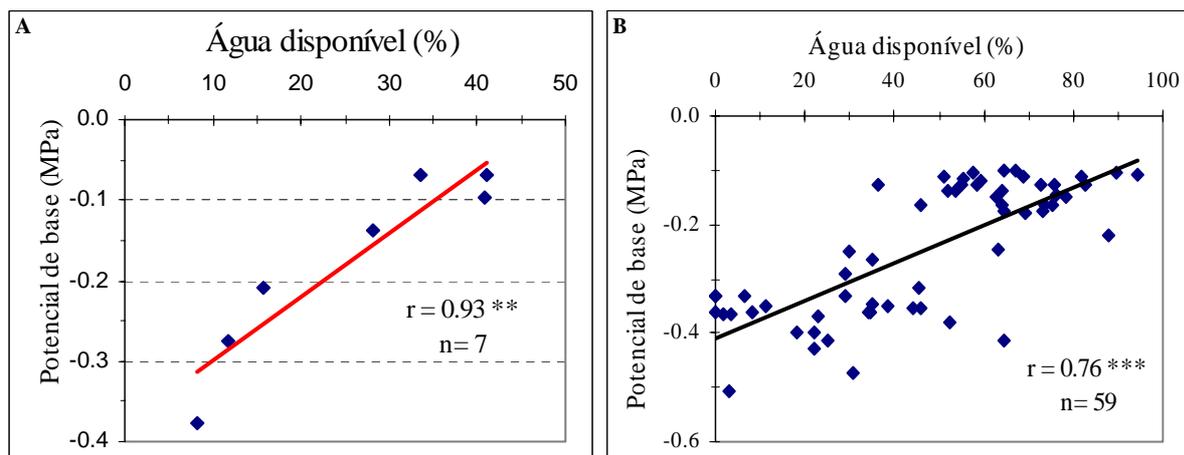
**Figura 6** – A -Aspecto das folhas pendentes na direcção do solo indicativo de uma situação de elevadas temperaturas associadas a fracas disponibilidades hídricas no solo, casta Syrah, Estremoz. B – folhagem basal senescente em consequência de um stress hídrico severo, casta Aragonez, Estremoz. Fotos C. Lopes.

### 7.6.3.1.2. Indicadores fisiológicos

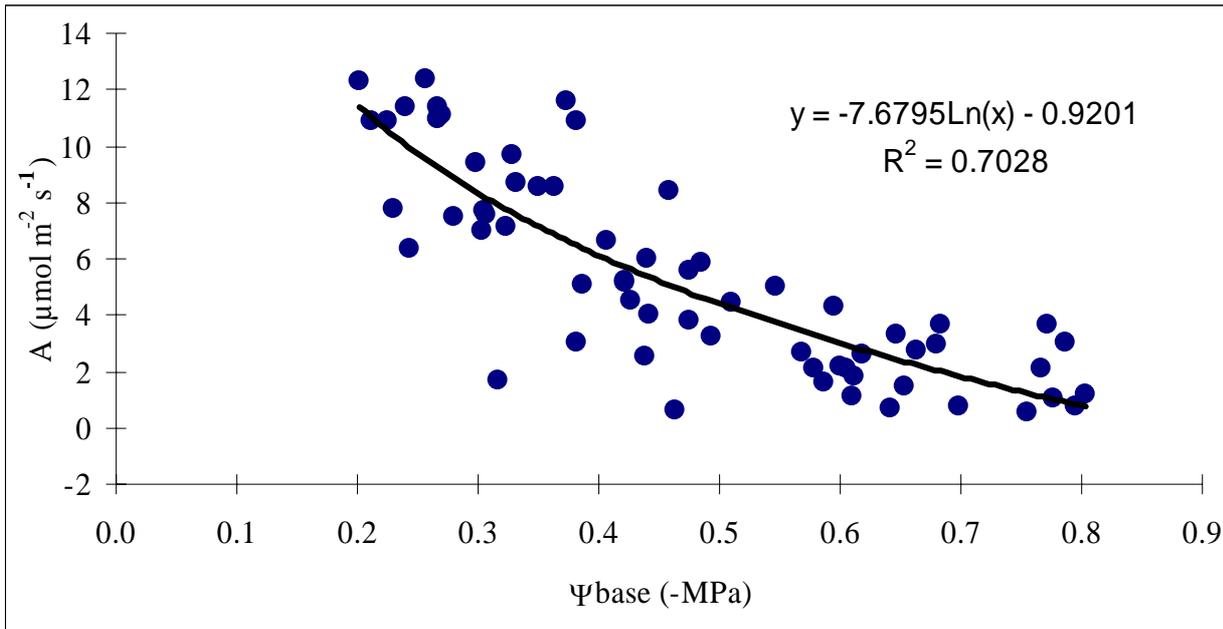
As medições directas na videira têm a vantagem de não exigir qualquer suposição sobre a distribuição das raízes. Existem vários parâmetros fisiológicos que, pelo facto de estarem bem correlacionados com o estado hídrico da planta, podem servir como indicadores para a gestão da rega. Todavia, a maioria destes estimadores exige o recurso a metodologias sofisticadas e equipamentos caros, só justificáveis para efeitos de investigação. São exemplo a utilização de sensores de fluxo de seiva para estimativa da transpiração real da videira (Granier, 1987; Silvestre & Ferreira, 2000); a medição da condutância estomática através de porómetros ou medidores de gases por infra-vermelhos (IRGA); as medições electrónicas das variações do diâmetro do tronco; a medição da temperatura do coberto através de sensores de infra-vermelhos (termografia), entre outros.

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) é o parâmetro que melhor define a condição hídrica da planta num determinado momento sendo função do potencial de água médio do volume de solo explorado pelo sistema radicular, da taxa de transpiração e da resistência do percurso principal solo-folha. O estado hídrico da videira varia consideravelmente em função da fase do ciclo, da hora do dia e da disponibilidade em água no solo. Em condições de solo bem provido de água e num dia de céu limpo, o  $\Psi_f$  começa a diminuir rapidamente no início da manhã, continua a baixar até cerca do meio-dia solar e recupera durante a tarde, atingindo o seu valor máximo durante a noite.

O potencial hídrico foliar pode ser medido a qualquer hora do dia, no entanto as medições mais comuns são feitas de madrugada, imediatamente antes do nascer do sol, ( $\Psi_f$  de base) e ao meio-dia ( $\Psi_f$  mínimo). O potencial hídrico foliar de base fornece-nos uma estimativa do potencial de água do volume de solo mais húmido explorado pelas raízes, constituindo um indicador da disponibilidade hídrica da planta mais correcto que os valores de  $\Psi_f$  diurnos que são afectados pelos factores climáticos e, nas plantas sob deficiência hídrica, pelo controlo endógeno dos estomas sobre as perdas de água por transpiração (Chaves & Rodrigues, 1987; Pacheco, 1989; Lopes, 1994). Lopes *et al.*, (1998) verificaram a existência de uma estreita dependência do potencial hídrico foliar de base relativamente à variação da percentagem de água disponível no solo, confirmando a importância do potencial hídrico foliar de base como um bom indicador da disponibilidade hídrica do solo (Fig. 7) e da actividade fisiológica da videira (Fig. 8), sobretudo em condições de secura.



**Figura 7** – **A-** Relação entre os valores do potencial hídrico foliar de base e da % de água disponível no solo, casta Castelhão, Cartaxo, 1995. **B-** Relação entre os valores do potencial hídrico foliar de base e da percentagem de água disponível no solo, casta Aragonez, Évora, 1997. Extraído de Lopes *et al.* (1998).



**Figura 8** – Relação entre os valores médios do potencial hídrico foliar de base e a taxa fotossintética medida a meio da manhã, casta Fernão Pires, Tapada da Ajuda, Lisboa, 1992. Extraído de Lopes (1999).

A medição do potencial hídrico foliar também pode ser usada para determinação do potencial hídrico do caule, quando feita em folhas previamente cobertas com papel de alumínio (cerca de 2 horas antes da medição), de forma a impedir a transpiração. Esta medição designa-se por potencial do caule o qual, é também um bom indicador do estado hídrico da videira, podendo ser utilizado como indicador fiável das necessidades de rega (Choné *et al.*, 2001).

Dentre os diversos indicadores fisiológicos, o potencial hídrico é um dos poucos que já é utilizado por viticultores mais evoluídos como indicador de rega pois o equipamento exigido (câmara de pressão) é barato e de fácil utilização. Os restantes indicadores são utilizados sobretudo ao nível da investigação.

#### 7.6.3.2. Estratégias de rega deficitária

A rega da vinha pode ser efectuada através de vários métodos, todavia a rega gota-a-gota é o método mais indicado pois permite para além de outras vantagens, uma grande economia de água. Este método de rega pode ser superficial ou subterrâneo. A rega subterrânea consiste na localização em profundidade na zona de maior concentração de raízes (~50 cm), de um tubo de rega com gotejadores adaptados com um sistema de válvula que impede o seu entupimento quando se pára de regar. De acordo com a bibliografia este método apresenta algumas vantagens relativamente à rega gota-a-gota superficial: menor consumo de água, escorrimento nulo, melhor distribuição e uniformidade da água, menores problemas de doenças criptogâmicas e de infestantes, permite a localização de fertilizantes sobretudo o fósforo e o potássio que são pouco móveis, menores inconvenientes para o trânsito das máquinas e maior duração (Casano & Tebar, 1997).

A dotação e época de aplicação dependem, para além dos factores clima e solo, do objectivo da produção. No caso da produção de uva para passas, como o objectivo é a produção da maior quantidade de matéria seca/ha devemos fornecer uma quantidade de água que permite a manutenção do conforto hídrico até à vindima. Na produção de uva de mesa, o tamanho do bago e a sua textura são factores muito importantes sendo necessário utilizar mais água do que para uva de vinho de forma a produzir bagos grandes e túrgidos. Para além disso, o aspecto das uvas é mais brilhante e atractivo quando se fornece água durante a maturação. Antes da maturação o intervalo entre regas

deve ser mais curto do que na vinha para vinho. No entanto, quando começa a maturação, é necessário um stress moderado para acelerar a maturação sem causar o emurchecimento do bago. Por outro lado, uma rega excessiva pode levar a um aumento da perda de bagos durante a refrigeração.

No caso da produção de uvas para vinho os resultados reportados na literatura sublinham a importância de obter um stress hídrico moderado para a obtenção de vinhos de qualidade. Para a obtenção deste stress moderado é necessário uma gestão cuidada da rega de forma a induzir um balanço equilibrado entre crescimento vegetativo e reprodutivo de forma a obter um bom rendimento de elevada qualidade. Para o efeito é necessário o conhecimento para cada situação (solo + clima + casta + condução) do consumo de água da videira nas diferentes fases do ciclo e sua relação com o teor em água no solo e a evapotranspiração potencial. Nos últimos anos têm sido desenvolvidas duas estratégias de rega deficitária que têm sido aplicadas com sucesso, a rega deficitária controlada (RDI) e a rega parcial de uma parte das raízes (PRD).

#### 7.6.3.2.1. Rega Deficitária Controlada (“Regulated Deficit Irrigation - RDI”)

Esta estratégia de rega, utilizada sobretudo para produção de vinhos tintos de qualidade, envolve a aplicação de quantidades de água inferiores ao consumo máximo da cultura (100% da evapotranspiração cultural -  $ET_c$ ) durante períodos específicos da estação de crescimento, induzindo um stress moderado controlado que leva à redução do crescimento da vegetação e dos bagos e à melhoria da qualidade da uva (Prichard, 1992; Battilani, 2000; McCarthy, 2000; Wample, 2000).

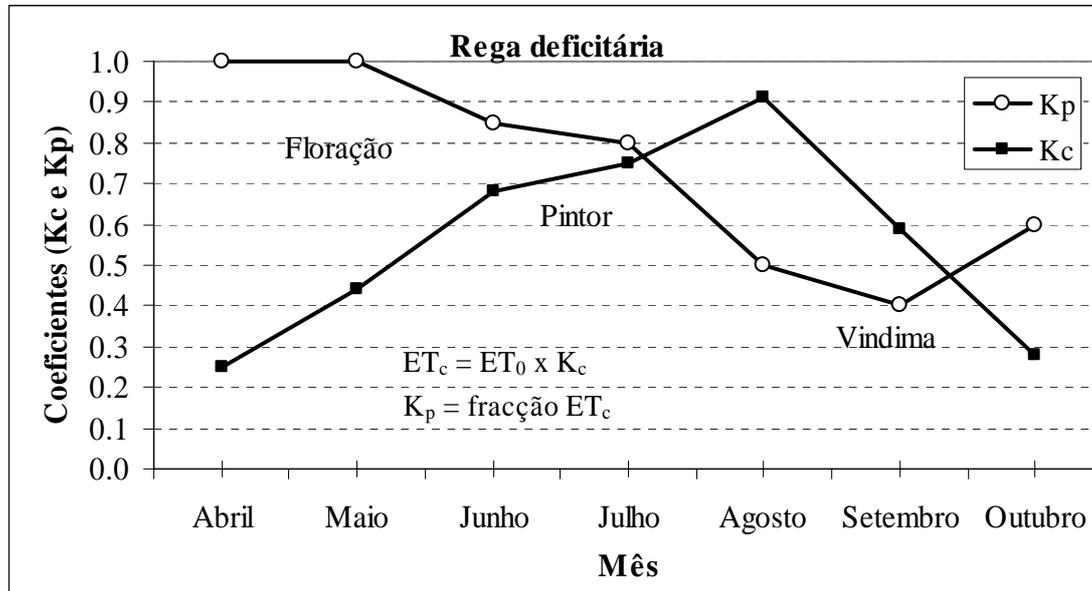
A obtenção deste stress moderado exige o conhecimento das necessidades de água da vinha e dos períodos em que a videira é mais susceptível ao stress hídrico. A estimativa da evapotranspiração da vinha pode ser obtida a partir dos dados de uma estação meteorológica (radiação solar, velocidade do vento, humidade relativa e temperatura) calculando-se a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) através do método de Penman-Monteith (Pereira, 2004). Dado que a  $ET_0$  é um valor de referência, calculado para a situação de um prado (coberto contínuo) em condições de boas disponibilidades hídricas, é preciso converter esta estimativa para o caso da vinha (em geral um coberto descontínuo), de forma a entrar em consideração quer com a fracção do solo coberta pela folhagem quer com a evolução da área foliar ao longo da estação de crescimento. Este ajustamento faz-se através da multiplicação da  $ET_0$  por um coeficiente cultural ( $K_c$ ). Os  $K_c$  reflectem o consumo de água da videira em condições em que a água do solo não é limitante. No caso da vinha, para a mesma situação ecológica, os valores de  $K_c$  dependem, entre outros factores, do estado fenológico, do sistema de condução (orientação das linhas, compasso, carga à poda, altura da sebe, gestão da folhagem – despontas, desfolhas, etc.), e das técnicas de manutenção do solo (solo nú ou relvados, tipo de flora dos relvados e sua gestão).

Os coeficientes culturais médios podem ser obtidos nas publicações da FAO (Allen *et al.*, 1998). O  $K_c$  é pequeno para videiras que cresçam em condições de solo que tenha perdido a maior parte da sua água disponível mas pode-se aproximar da unidade no período seguinte à rega ou a uma grande chuvada e quando o solo está próximo da capacidade de campo.

Conhecida a evapotranspiração cultural é possível delinear uma estratégia de rega deficitária através da aplicação de um coeficiente de déficit que represente uma fracção da evapotranspiração cultural. Estes coeficientes variam ao longo do ciclo de acordo com a evolução da área foliar e a sensibilidade de cada fase ao stress hídrico. No gráfico da figura 9 representa-se um exemplo de uma estratégia de rega proposta por Prichard (1992). A partir da floração inicia-se a rega deficitária (aplicação de uma fracção decrescente da  $ET_c$ ) até ao pintor onde se chega com um coeficiente de deficit ( $K_p$ ) de 0.8. A partir do pintor o  $K_p$  decresce abruptamente, atingindo-se a vindima com um valor de 0.4. Após a vindima, o  $K_c$  volta a subir de forma a permitir que na fase vindima-queda da folha a planta tenha disponibilidades hídricas que lhe permita uma boa actividade fotossintética e, consequentemente, um bom armazenamento de reservas na estrutura permanente. Esta estratégia de rega tem por objectivos induzir um défice ligeiro no período floração-pintor, de forma a atenuar o

crescimento vegetativo, e um défice moderado no período pós-pintor, de forma a permitir uma maior acumulação de antocianinas e fenóis nos bagos.

Várias outras estratégias de rega deficitária controlada podem ser obtidas fazendo variar o coeficiente de deficit. Uma delas, muito utilizada na produção de vinhos tintos de qualidade, pressupõe a aplicação de um deficit hídrico importante na fase inicial do crescimento do bago, de forma a reduzir a multiplicação celular e, conseqüentemente, obter bagos mais pequenos com uma melhor relação película/polpa.



**Figura 9** - Exemplo da evolução dos valores do coeficiente cultural ( $K_c$ ) e do coeficiente de deficit ( $K_p$ ) ao longo da estação, propostos por Prichard, (1992) para uma estratégia de rega deficitária.

A aplicação correcta das estratégias de rega deficitária exige, para além do conhecimento da  $ET_c$ , uma medida das disponibilidades de água no solo. Com efeito a reserva de água disponível do solo também influencia o consumo de água da videira pois, à medida que o solo seca, a resistência hidráulica aumenta e, conseqüentemente, o fluxo de água para a raiz é limitado provocando uma redução do consumo à medida que nos aproximamos do coeficiente de emurchecimento. De forma a entrar em consideração com este efeito muitos modelos de cálculo do balanço hídrico do solo incluem um coeficiente que quantifica o aumento do poder de retenção de água do solo à medida que ele seca (Pereira, 2004). Os sintomas de stress hídrico e as perdas de rendimento normalmente tornam-se visíveis quando mais de 50% da água disponível no solo foi extraída (McCarthy *et al*, 1992).

A utilização de tensiómetros e de sensores electrónicos de diversos tipos (sondas de neutrões, sondas capacitivas, TDR, etc.) para registo do teor de humidade do solo a várias profundidades está actualmente muito divulgada, existindo à venda no mercado uma variada gama de sistemas de monitorização da rega em tempo real que integram aqueles sensores. Os valores são armazenados numa unidade de aquisição de dados com acesso remoto por telemetria. Estes sistemas são normalmente propostos aos vicultores pelas empresas que instalam o sistema de rega. Todavia nem sempre a variação do teor de humidade do solo está bem correlacionada com as variações do estado hídrico da videira (Lopes *et al.*, 1998). Para além disso, a mesma variação do teor em humidade do solo pode ter efeitos variáveis com o solo, a casta e com a fase do ciclo biológico e, para o mesmo solo, com a percentagem de água disponível. Assim, de forma a tornar mais robusta a informação disponibilizada por estes sensores, é necessário efectuar ajustamentos com base em medições feitas na planta, utilizando os indicadores referidos no ponto 7.6.3.1.

#### 7.6.3.2.2. Rega alternada de uma parte das raízes (“Partial Root Drying” PRD)

Esta estratégia de rega envolve um sistema de rega gota-a-gota com duas linhas de gotejadores de forma a que a rega seja feita alternadamente (cada 10 a 15 dias) a cada metade do sistema radicular, de modo a manter um favorável estado hídrico da planta aliado a uma redução da condutância estomática e do crescimento. Estes efeitos são produzidos devido a sinais químicos, com especial destaque para o ABA (Correia *et al.*, 1995), emitidos pelas raízes localizadas na metade do solo em dessecação e translocados para a parte aérea. Esta estratégia de rega, desenvolvida na Austrália (Dry, 1997), é aplicada do vingamento até à vindima permitindo a redução do consumo de água, do crescimento vegetativo e alguma melhoria na qualidade da uva sem o risco de stress hídrico severo que por vezes ocorre na rega deficitária controlada. Esta estratégia de rega encontra-se actualmente em fase de experimentação pelos produtores da Austrália (Loveys *et al.*, 2000; Dry *et al.*, 2001) e em estudo em vários países vitícolas. Em Portugal já existem dados referentes à aplicação desta estratégia de rega nas areias de Pegões, região vitícola de Palmela (Santos *et al.*, 2003; 2004; 2005), estando actualmente em curso um projecto de investigação internacional para comparação destas diferentes estratégias de rega numa vinha no Alentejo.

#### 7.6.4. A rega da vinha no mundo vitícola e em Portugal

A rega da vinha para vinho é um tema de grande actualidade, particularmente para o nosso país que não tem tradições na sua utilização. Na maior parte das regiões vitícolas do mundo com climas similares ao nosso, sobretudo nos países do chamado “Novo Mundo” (Estados Unidos, Brasil, Chile, Argentina, África do Sul, Nova Zelândia e Austrália), os viticultores utilizam a rega para suprir as deficiências hídricas sobretudo no período entre a floração e a vindima de forma a evitar os efeitos da secura e permitir a manutenção estável dos rendimentos a um nível que cubra o aumento dos custos de produção. Em Portugal, pelo contrário, a cultura da vinha para vinho tem sido feita, tradicionalmente, de sequeiro, sendo a rega da vinha proibida por lei nas vinhas com Denominação de Origem Controlada. Apesar desta proibição o Decreto-Lei contempla a possibilidade da rega se poder efectuar em condições excepcionais reconhecidas pelo Instituto da Vinha e do Vinho e sob autorização prévia das Comissões Vitivinícolas Regionais.

Nos últimos anos Verões muito quentes e secos têm dado origem a situações de forte stress hídrico em muitas regiões vitícolas portuguesas sobretudo as localizadas a sul do Tejo. Para além disso as previsões sobre o aquecimento global da Terra no futuro próximo sugerem quer uma redução da precipitação no sul da Europa (-20% a -5%) quer um aumento das taxas de evaporação dos solos e da transpiração das plantas que levará a situações de secura mais frequentes com efeito profundos na viticultura. Como consequência destas alterações climáticas os mesmos estudos prevêm para os próximos cinquenta anos uma redução das disponibilidades hídricas do solo na Península Ibérica da ordem dos 70% (Schultz, 2000). O impacte na viticultura será importante especialmente a sul do Tejo onde a demanda atmosférica é maior e a água um recurso escasso.

Este panorama tem levado a um forte incremento da área de vinha regada nas regiões a sul do Tejo, de tal forma que actualmente os viticultores são relutantes em instalar vinha sem rega. Todavia, a pouca experiência de utilização desta tecnologia na vinha para vinhos de qualidade, associada à carência de dados experimentais, tem levado a que a rega seja feita, na generalidade dos casos, de uma forma empírica o que leva quer a ineficiências na utilização da água (rega em excesso leva a escoamento superficial e a riscos de contaminação superficial das toalhas freáticas) quer a resultados pouco compatíveis com uma viticultura de qualidade (elevados rendimentos com baixa qualidade e falta de tipicidade dos vinhos).

As principais questões colocadas pelos viticultores e técnicos são as seguintes: Quando iniciar a rega; quanto regar, que intervalo de rega utilizar e quando parar. De forma a tentar responder a estas questões, no âmbito do PAMAF foi aprovado em 1996 o projecto *Influência da*

*Rega na Qualidade do Vinho e Perenidade da Videira no Alentejo*, da nossa responsabilidade. Realizado em parceria com a Universidade de Évora e com a Associação Técnica de Viticultores do Alentejo (ATEVA), este projecto teve como objectivo avaliar os efeitos da utilização da rega na vinha, como complemento das disponibilidades hídricas do solo, na qualidade dos vinhos, no vigor e perenidade da videira na região do Alentejo. Este projecto permitiu ensaiar durante três anos em duas parcelas de vinha da casta Aragonez, localizadas em Évora - Herdade de Pinheiros - e Estremoz - Herdade de Carvalhas-, várias dotações e épocas de paragem da rega. Ao longo dos três anos de ensaios as duas parcelas foram sujeitas a uma intensa caracterização ecofisiológica e agronómica. Os principais resultados, resumidos por Lopes *et al.* (2001) indicam que a rega originou respostas paralelas nas duas parcelas de ensaio, no entanto as diferenças entre modalidades foram de muito menor amplitude na parcela de Carvalhas sobretudo devido às diferentes características dos solos. Com efeito, na parcela de Carvalhas, devido à maior profundidade e capacidade de armazenamento de água do seu solo (derivado de Xisto) as diferenças entre as modalidades regadas e a testemunha não regada foram pequenas e, na maior parte dos casos, não significativas. Na parcela de Pinheiros, a menor profundidade do solo associada à fraca capacidade de armazenamento de água (derivado de granito), deu origem a um stress hídrico mais severo nas plantas não regadas (NR) e, conseqüentemente, diferenças de maior amplitude entre modalidades. Os dois primeiros anos de ensaios (1997 e 1998) foram anos de precipitações anormais no final da Primavera e início do Verão, o que levou a que a testemunha não regada dispusesse de maiores disponibilidades hídricas e, conseqüentemente, se tivessem registado menores diferenças relativamente às modalidades regadas. O ano de 1999 foi o ano mais rico em resultados pois o intenso e precoce stress hídrico verificado na testemunha não regada, associado ao aumento das dotações de rega relativamente aos dois anos anteriores, permitiu a obtenção de diferenças importantes entre modalidades.

Com base nos resultados daquele projecto Lopes *et al.*, (2001) apontam algumas pistas que devem ser consideradas apenas como dados indicativos para situações ecológicas e casta similares às das parcelas ensaiadas e nunca como receitas generalizáveis:

- **quando começar a regar ?** - De forma a não induzir um crescimento vegetativo excessivo e/ou atrasos na paragem de crescimento, deve-se iniciar a rega o mais tarde possível, por exemplo quando a percentagem de água disponível no solo atinge cerca de 40 a 50% parece ser uma boa opção. A boa correlação encontrada entre o potencial hídrico foliar de base e a percentagem de água disponível no solo permite considerar a possibilidade da sua utilização como indicador do teor em água no solo e, conseqüentemente, do início da rega.

- **que dotação aplicar ?** A resposta a esta questão exige mais anos de ensaios e não deve ser generalizável pois a dotação a aplicar depende muito do “terroir” (solo, clima, casta/porta-enxerto e intervenção do homem) e do objectivo da produção, entre outros aspectos. Em geral deve-se evitar dotações de rega superiores a 50% da evapotranspiração da vinha, todavia a dotação a aplicar deve ser permanentemente ajustada quer ao clima (eventos extremos como por exemplo elevadas temperaturas; eventuais precipitações) quer ao aspecto da folhagem.

- **quando interromper a rega ?** – A interrupção da rega no final do pintor induziu um stress moderado que provocou uma rápida senescência foliar e uma melhoria do microclima dos cachos durante o período de maturação, aspectos favoráveis à qualidade, sem ter afectado significativamente a produção comparativamente à rega até à vindima. Todavia, em alternativa á paragem da rega ao pintor, deve-se reduzir as dotações e parar a rega mais próximo da vindima pois, por exemplo em solos delgados com fraca reserva útil e em anos com o Agosto muito quente, a paragem da rega no final do pintor pode provocar situações de stress severo prejudiciais à produção e qualidade.

Em resumo pode-se afirmar que a rega constitui uma ferramenta que permite manipular a produção, a qualidade e o estilo do vinho. O seu efeito está muito dependente do ano e da situação ecológica.

## Referências Bibliográficas

- AFONSO J.M., MONTEIRO A.M., LOPES C.M. e LOURENÇO J., 2003. Enrelvamento do solo em vinha na Região dos Vinhos Verdes. Três anos de estudo na casta 'Alvarinho'. *Ciência Tec. Vitiv.*, 18(2): 47-63.
- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage, paper 56, FAO, Rome.
- BARROSO, J.; LOPES, C.; PACHECO, A.; CABRITA, M.J.; VAZ, J.T.; VICENTE-PAULO, J. (2001). Influência da rega no comportamento da casta Aragonês em vários solos do Alentejo. *Actas 5º Simp. Vitivinicultura do Alentejo*, ATEVA/CCRA (ed.), Évora, Vol. 1: 235-241.
- BATTILANI, A. (2000) Application of the regulated deficit of irrigation to grapevines (*Vitis vinifera*) in a sub-humid area. Proc. 3<sup>rd</sup> IS. On Irrigation Hort. Crops. *Acta Horticulturae* 537, 887-893.
- CABRITA; M. J; LAUREANO; P.; VICENTE-PAULO, J.; BARROSO; J.; LOPES, C.(2001). Importância da rega na maturação de uvas da casta aragonês (*Vitis vinifera* L.) na região do alentejo. *Actas 5º Simp. Vitivinicultura do Alentejo*, ATEVA/CCRA (ed.), Évora, Vol. 1: 299-306.
- CASANO, C.; TEBAR, J.I. (1997). Riego por goteo subterráneo en el viñedo. Mondragon -Irrimon, S.A. (ed), Valencia.
- CHAMPAGNOL, F.(1984). Elements de physiologie de la vigne et de viticulture general. Montpellier, 354 pp.
- CHAVES, M. M. (1991). Effects of water deficits on carbon assimilation. *J. Exp. Botany*, vol. **42**, nº 234, 1-16.
- CHAVES, M. & RODRIGUES, M.L. (1987). Photosynthesis and water relation of grapevines growing in Portugal - response to environmental factors. **In** *Plant Response to stress*. Ed. J.D. Tenhunen *et al.*, Berlím. NATO ASI Series Vol. G15, 379-390.
- CHONÉ, X., van LEEUWEN, C., DUBOURDIEU, Denis, GAUDILLÉRE, J.P. (2001). Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany* **87**:477-483.
- CORREIA, M.J., PEREIRA, J.S., CHAVES, M.M., RODRIGUES, M.L. and PACHECO, C.A. (1995). ABA xylem concentrations determine maximum daily leaf conductance of field-grown *Vitis vinifera* L. plants. *Plant, Cell and Environment* **18**: 511-521.
- DRY, P.R. (1997). Response of grapevines to partial drying of the root system. PhD thesis, The University of Adelaide, South Australia.
- DRY P.R., LOVEYS B.R., MCCARTHY M.G., STOLL M., (2001) Strategic irrigation management in Australian vineyards. *Journal International de Science de la Vigne et du Vin* 35(3), 129-139.
- FRAZÃO A. e MOREIRA I., 1990. Influence des techniques de desherbage sur l'évolution de la flore adventice et l'incidence des maladies de la vigne au Ribatejo. Portugal. *IOBC/WPRS Bull.*, **13**, 28-31.
- GEOFFRION R., 2000. L'enherbement permanent contrôlé des sols viticoles. Vinte ans de recherches sur le terrain en Anjou. *Phytoma*, **530**, 28-31.
- GRANIER, A. (1987). Mesure du flux de sève brute dans le tronc du Douglas par une nouvelle méthode thermique. *Ann. Sci. For.* 44 (1): 1-14.
- LOPES, C. M. A; (1999). Relationships between leaf water potential and photosynthetic activity of field-grown grapevines under a mediterranean environment. *Acta Horticulturae*, **493**: 287-292.
- LOPES, C.; BARROSO, J.; MADEIRA, J. VICENTE-PAULO, J.; CABRITA, M.J.; PACHECO, C.; RODRIGUES, M.L.; SANTOS, T.; CHAVES, M.M. (2001). Rega da vinha no Alentejo. Dotações e época de aplicação. *Actas 5º Simp. Vitivinicultura do Alentejo*, ATEVA/CCRA (ed.), Évora, Vol. 1: 306-313.
- LOPES, C.; PACHECO, C.; VICENTE-PAULO, J.; RODRIGUES, M.L. (1998). Interesse do potencial hídrico foliar de base como indicador da actividade fisiológica da videira. *Actas 4º Simp. Vitivinicultura do Alentejo*, ATEVA/CCRA (ed.), Évora, Vol. **1**: 99-105.
- LOPES, C.M., MONTEIRO, A., RÜCKERT, E., GRÜBER, B., STEINBERG, B. & SCHULTZ, H.R., 2004. Transpiration of grapevines and co-habiting cover crop and weed species in a vineyard. A "snapshot" at diurnal trends. *Vitis*, **43**(2), 111-117.
- LOPES, C.M.A. (1994). Influência do sistema de condução no microclima do coberto, vigor e produtividade da videira (*Vitis vinifera* L.). *Dissertação de Doutoramento*, Instituto Superior de Agronomia, UTL, Lisboa, 205 pp.
- LOVEYS, B.R.; DRY, P.R.; STOLL M. & MCCARTHY, M.G. 2000. Using plant physiology to improve the water efficiency of horticultural crops. Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Symp. Irrigation Hort. Crops. Ferreira & Jones (eds), *Acta Horticulturae*, 537: 187-198.
- MAIGRE D. e AERNY J., 2001. Enherbement permanent et fumure azotée sur cv. Gamay dans le Valais central. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **33**, 145-150.
- MATTEWS, M.A. & ANDERSON, M.M. (1988). Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.*, **39**: 313-320.
- MATTEWS, M.A. & ANDERSON, M.M. (1989). Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.*, **40**: 52-60.
- MCCARTHY, M.G. (2000). Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines. In: *Deficit Irrigation Practices*, FAO, Roma: 79-97.

- McCARTHY, M.G.; JONES, L.D.; DUE, G. (1992). Irrigation - principles and practices. In: *Viticulture*, Coombe, B.G. & Dry, P.R. (ed.), Winetitles, Adelaide: 104-128.
- MEISINGER, J.J., HARGROVE, W.L., MIKKELSEN, R.L., WILLIAMS, J.R. & BENSON, V.W. (1991). Effects of cover crops on ground water quality. In W.L. Hargrove (ed.) *Cover crops for clean water*. Jackson. TN: Soil and Water Conservation Society.
- MONTEIRO, A., LOPES, C.M., AFONSO, J.M., MACHADO J.P, LOURENÇO, J., FERNANDES, N., CARVALHO L. e MOREIRA I. (2004) Enrelvamento da vinha: dois casos de estudo – Monção e Alenquer. *Actas 6º Simpósio Vitivinicultura do Alentejo, ATEVA/CCRA (ed.)*, Évora, Vol. 1: 253-261.
- NETO, F. I. M. (2000). Influência da rega na estrutura do coberto e no microclima luminoso da casta ‘Aragonez’ (*Vitis vinifera* L. *Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Engª Agronómica*, ISA/UTL, Lisboa, 70 pp.
- PACHECO, C.M.A., (1989). Influência de técnicas de não mobilização e de mobilização sobre aspectos estruturais e hídricos de solos com vinha, bem como sobre o respectivo sistema radical. Consequências das relações hídricas solo-vinha na produção. *Dissertação de Doutoramento*, UTL, ISA. 423 pp.
- PACHECO C.M.A., LAUREANO O. e TOME J.A., 1991. Culture et non culture de la vigne: résultats de production, vigueur e et composition des mouts, sur huit années d'essais. *Annales ANPP*, **3**, 249-255.
- PEREIRA, L.S. (2004). Necessidades de água e métodos de rega. Coleção EuroAgro, Publicações Europa-América. Mem Martins.
- PRICHARD, T.L. (1992). Water relations of vine grapes. In *Viticultural Practices*. Ed M. A. Walker & W. M. Kliewer, W.M. instructeurs. U. California. Davies. Sprirng. pp.12-23.
- PRICHARD, T.L., SILLS, W.M., ASAI, L.C., HENDRICKS, L.C. & ELMORE, C.L. (1989). Orchard water use and soil characteristics. *California Agriculture* 43(4): 23-25.
- RIOU, C.; CARBONNEAU, A.; BECKER, N.; CALO, A.; COSTACURTA, A.; CASTRO, R.; PINTO, A. CARNEIRO, L. LOPES, C. CLÍMACO, P. PANAGIOTOU, M.M.; SOTÉZ, V. VOSSÉN, P. (1992). Le déterminisme climatique de la maturation du raisin. Application au zonage de la teneur en sucre dans la Communauté Européenne. *Rapport Final pour L'étude Zonage Viticole/CEE*, DG VI E3, Bruxelles.
- RODRIGUES, M.L. (1987). Regime hydrique de la vigne. Consequences sur quelques aspects physiologiques et sur la production. *Physiologie de la vigne*, OIV, Paris. 292-297.
- SANTOS, T.P. (2000). Influência da rega no comportamento agronómico e fisiológico da videira (*Vitis vinifera* L.), na casta ‘Aragonez’, no Alentejo. *Relatório do trabalho de fim de curso de Engª Agronómica*, ISA, Lisboa.
- SANTOS, T., SOUZA, C.R., LOPES, C., RODRIGUES, M.L, MAROCO, J., PEREIRA, J.S., SILVA J. R., CHAVES, M.M. (2003). Partial root-drying: Effects on growth and fruit quality of field grown grapevines (*Vitis vinifera*, L.). *Functional Plant Biology*, **30**, 663-671.
- SANTOS, T., LOPES, C.M., RODRIGUES, M.L., SOUZA, C., MAROCO, PEREIRA, J.S., CHAVES, M.M. (2004). Influência da estratégia de rega no crescimento vegetativo e qualidade da uva. *Actas 6º Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo*, ATEVA/CCRA, Évora, 26-28 Maio 2004, Vol. 1: 184-191.
- SANTOS, T., LOPES, C.M., RODRIGUES, M.L, SOUZA, C.R., SILVA, J.R., MAROCO, J., PEREIRA, J.S., CHAVES, M.M., (2005). Partial root-zone drying affects cluster microclimate improving fruit composition of Castelão field-grown grapevines. *Vitis*, **44**(3): 117-125.
- SHULTZ, H.R. (2000). Climate change and viticulture: A European perspective on climatology, carbon dioxide and UV-B effects. *Aust. J. Grape and Wine Research*, 6 (1):2-12.
- SILVESTRE, J.; FERREIRA, M.I. (2000). Effects of irrigation on transpiration and water relations of vineyards, in the Tejo valley (Central Portugal). Proc. 3<sup>rd</sup> Int. Symp. Irrigation Hort. Crops. Ferreira & Jones (eds), *Acta Horticulturae*, 537: 305-312.
- WAMPLE, R.L. (2000). Regulated deficit irrigation as a water management strategy in vitis vinifera production. In: *Deficit Irrigation Practices*, FAO, Roma: 89-100.
- WILLIAMS, L.E. & MATTEHWS, M.A. (1990). Grapevine. In *Irrigation of Agricultural Crops*. Nº 30 in the Series of Agronomy, Madison, Wisconsin USA. 1019-1055.
- WINKEL, T. & RAMBAL, S. (1993). Influence of water stress on grapevines growing in the field: from leaf to whole-plant response. *Aust. J. Plant Physiol.* **20**: 143-157.