

Analise multivariável das infecções de *Venturia Inaequalis* em macieiras



Maçã infetada por *Venturia Inaequalis*

Rui Figueira
10 de Janeiro 2023

Afonso Marques 25385
Diogo Pinto 24832

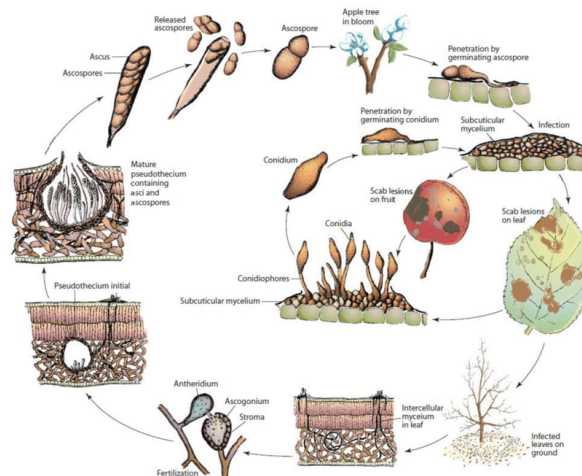
Pedrado no pomar

O pedrado da macieira é uma doença causada pelo fungo *Venturia inaequalis* que afeta principalmente os pomares de macieiras nas regiões temperadas e húmidas, onde se inclui Portugal. Esta doença pode causar danos graves à produção de maçãs e afeta tanto as folhas quanto os frutos da árvore. O fungo é capaz de infetar a planta em várias fases do seu ciclo de vida, incluindo o florescimento, o crescimento e maturação das maçãs. (Mota M., Oliveira C.)

Durante o inverno o patogénico assegura a sua persistência alojando-se em estruturas reprodutivas imaturas nas folhas, que se encontram em decomposição no chão.

Ao longo da primavera com elevada humidade relativa, a estrutura reprodutiva desenvolve-se completamente e expelle os esporos. Estes fixam-se nas folhas e frutos em crescimento. Ao fim de 2 semanas desenvolvem-se os esporos secundários que causam novas infeções continuamente ao longo do desenvolvimento do fruto.

As folhas e frutos infetados pelo patogénico caem durante o Outono concluindo o ciclo (TERRY A. TATTAR, in Diseases of Shade Trees (Revised Edition), 1989)



Esquema do ciclo de vida da *Venturia inaequalis*

Atualmente, o controlo desta micose passa pela aplicação de fungicidas. Quando estes são aplicados por defeito, sem base científica, incorre-se no risco de uma sobre aplicação, afetando tanto o custo de produção como a eficácia da aplicação uma vez que os fungos desenvolvem resistências facilmente.

O ponto crítico deste tratamento começa com o desenvolvimento das folhas uma vez que este incide no período da libertação dos esporos. Neste período surgem folhas novas diariamente que não estando protegidas pela aplicações de fungicida *a priori* ficam suscetíveis a serem infetadas.

Projeto

O objetivo deste projeto prende-se com a interação de duas questões:

- i. Determinação do momento de infeção com base nos estudos de Mills e revisões consequentes, ajustando a sua aplicação tendo em conta a variabilidade geográfica da parcela
- ii. Quantificação relativa e continua do numero de folhas ao longo do período crítico através da análise de imagens multiespectrais e distinção entre folhas protegidas e suscetíveis.

Fontes de dados

Dados Climáticos:

Estações climáticas associadas à exploração quer sejam privados ou públicos, dando preferência aos privados dado a sua especificidade para as parcelas

Estas têm de constar as seguinte variáveis. Temperaturas termografo (T°C), Vento específico anemografo (m/s) e sensor de folha molhada (1 ou 0) e humidade relativa higrómetro (%).

As estações temporais colocadas para fazer a modelação têm de constar os mesmos sensores.

Dados espaciais:

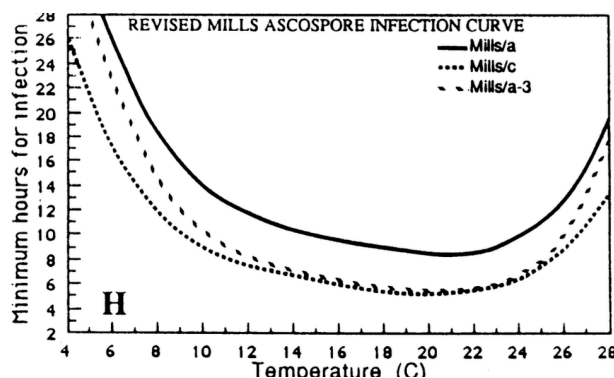
Fornecidos pelo Scientific Data Hub administrado pela European Space Agency (ESA) na plataforma Copernicus <https://scihub.copernicus.eu/>

Infeção

Em 1944, Mills e os seus colaboradores desenvolveram um sistema constituído por dois elementos. Uma tabela que prevê o nível de infeção por ascoesporos de *Venturia inaequalis* com base na temperatura e o numero de horas de olha molhada e um critério que sugere que o tempo necessário para infeção por parte dos canídeos é um terço do dos asco esporos

Revisões recentes indicam uma sobrestimarão do numero de horas necessária para a infeção por ascoesporos devido á sua baixa atividade noturna, uma vez que a sua libertação é retardada entre 1a 12 horas se as condições ideais surgirem de noite.

Com base nesta preposição foi efetuada uma revisão do sistema de Mills que integra esta características morfológica do ascoesporos e que diminui o risco de infeção (Mills/a-3) (MacHardy W. et al, 1988).



Funções da libertação de ascoespos e conideos

Para a determinação de infeção serão utilizadas seguintes funções:

Ascoesporos

$$y = 86.3749 - 18.0034x + 1.5703x^2 - 0.062x^3 + (9.198e^{-4})x^4$$

Conideos

$$y = 58.8899 - 11.7951x + 1.0244x^2 - 0.0403x^3 + (5.969e^{-4})x^4$$

Os dados utilizados para este cálculo são provenientes das estações climáticas associadas à exploração, quer sejam privados, quer sejam públicos, dando preferência aos privados dado a sua especificidade para as parcelas. Os dados utilizados para a amostra de treino provêm de estações climáticas providenciadas pela entidade que aplica este serviço.

Tanto a temperatura como a folha molhada são variáveis específicas dentro de cada parcela. Estas dependem da sua extensão e diversidade interna, onde fatores como a orientação do pomar e a sua topografia geram variabilidade.

Modelação

No contexto deste projeto pretende-se modular as diferentes zonas de cada parcela aplicando o fungicida tendo em conta as características de cada uma.

Para estes efeito serão utilizadas ferramentas de SIG (sistemas de informação geográfica) com o objetivo de determinar as zonas de maior variabilidade. Serão colocadas estações climáticas contendo apenas um sensor de folha molhada e um termografo por um período de um ano. Este conjunto servirá como amostra de treino para o método de aprendizagem supervisionada que nos permitirá formular a regressão que associa a estação climática da exploração à zona em estudo. Este método deve de ser desenvolvido deixando espaço para um sistema de recompensa e punição, contudo este será providenciado pelo utilizador caso o sistema falhe em não indicar um possível infeção.

Folhas

A quantificação das folhas é feita com recurso as instrumentos multiespetrais que evidenciem a quantidade de biomassa. Para este efeito destaca-se o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) proposto por Deering (1978).

$$NDVI = ((NIR - Red)/(NIR + Red))$$

Neste projeto, a fonte dos dados selecionada é o Sentinel-2 derivado à boa acessibilidade, melhor resolução e menor frequência temporal quando comparada com imagens de outros satélites como o Landsat.

As imagens captadas através dos sensores multi-espectrais de satélites em órbita têm dois problemas quando aplicadas a este projeto.

O período crítico de infecção coincide com o início da primavera. Este período é caracterizado por frequentes períodos de chuva e consequentemente elevada nebulosidade que dificulta a obtenção de dados.

O sistema Sentinel-2 é composto por uma constelação de dois satélites homólogos Sentinel-2A e Sentinel-2B, combinados recolhem dados da mesma localização com uma periodicidade de 5 dias.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Prec [mm]	107.1	82.9	59.9	80.7	59.6	22.7	8.9	12.4	40.3	104.3	122.0	118.5	819.2
Número de dias [dias]													
P ≥ 1 mm	11.0	9.4	7.8	10.3	8.1	3.8	1.6	2.0	5.1	10.2	11.1	12.2	92.6
P ≥ 10 mm	3.8	2.8	2.0	2.5	2.0	0.6	0.2	0.2	1.3	3.8	4.5	4.3	28.0
P ≥ 20 mm	1.3	1.1	0.6	0.8	0.5	0.1	0.0	0.1	0.5	1.2	2.1	1.6	9.9
P ≥ 30 mm	0.5	0.3	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.6	0.6	0.4	3.1

Eventos de precipitação segundo a normal climática de Alcobaça
1981-2010

Dado a curta janela do desenvolvimento foliar, a ocorrência de nebulosidade pode impedir a recolha de dados o que implica estes sejam inferidos através de modelos de aprendizagem ou compósitos mais complexos de imagens multi-espectrais (Filgeiras R *et al.*, 2019).

Modelação

Neste projeto o método que sugerimos passa aplicação computacional de um modelo de aprendizagem supervisionada. Os inputs da amostra de treino são o número de folhas, calculado através da relação entre a qualidade dos frutos e a área foliar necessária (Hansen P *et al.*, 1969) para quantificar o número de folhas. Os valores do NDVI que são registados ao longo do período crítico para a parcela, a contagem de horas de frio no período de dormência e a temperatura média entre o aburramento e o vingamento dos frutos (Putti G *et al.*, 2002).

Distinção

A diferenciação entre as folhas protegidas e as suscetíveis é feita a partir da variação dos valores de NDVI ao longo do tempo e o mapa das aplicações de fungicida.

Cada agricultor tem diferentes objetivos e factores de produção associados á sua exploração. Desta forma, é importante que sejam integradas variáveis que permitam particularizar os fungicidas disponíveis.

Os produtos disponíveis para o combate ao pedrado assumem dois grupos, sistémicos e de contacto.

Os fungicidas de contacto atuam à superfície da folha e estão sujeitos a lixiviação, sendo a sua persistência de ação compreendida entre os 10 e os 25mm de chuva e um período temporal entre os 7 e os 14 dias. Por outro lado, os sistémicos, caracterizam-se por uma ação translaminar, desta forma a sua persistência biológica apenas depende do perdido pós-aplicação variando entre os 7 e os 20 dias. (Ver anexos 1 e 2)

O mapa das aplicações de fungicidas é efetuado através de uma aplicação móvel recebe o código do produto a aplicar e regista o trajeto através do serviço GPS do telemóvel operador.

Estes dados integram assim a base de dados permitindo que a construção de um registo das zonas onde foi aplicada a substância.

Solução

Este projeto pressupõe por base a metodologia da proteção integrada na qual é realizada uma avaliação de forma a apurar se os possíveis estragos causados pela micose justificam o investimento num tratamento do ataque a nível económico.

A interação entre a determinação do risco de infeção localizado com a quantidade e susceptibilidade das folhas permite o desenvolvimento de um sistema de alerta multivariável, denominado *Multi-Venturia*.

As técnicas e estratégias de tratamento são sugeridas pelo modelo composto em paralelo com o avisos de risco de infeção.

Este sistema funcionará durante o período crítico, despultado quando o acumulado da horas de frio ($T < 6^{\circ}\text{C}$) atinge o valor mínimo para o início da fase de abrulhamento de cada variedade.

A análise dos dados de ambas as questões é associado à base dados da exploração. Estes são exportados para um módulo computacional que contem o código que gera o sistema de avisos particularizando cada uma das zona pre-definidas da parcela indicando a probabilidade de infeção, a percentagem de folhas susceptíveis a infeção e estado das folhas previamente tratadas. A informação integra posteriormente ferramentas de SIG que concedem um visualização gráfica, esta é incorporada em relatórios enviados para o agricultor, no mínimo diariamente, consoante o risco e infeção presente.

Bibliografia

- 1 - Mota M., Oliveira C. Caracterização do DNA ribossomal do fungo *Venturia inaequalis* isolado em pomares de macieira em Portugal, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa
- 2- Tattar, T. A. (1989). In *Diseases of shade trees*. essay, Academic Press.
- 3- Mohamed R V. *inaequalis* live cycle (*Venturia inaequalis*) (Agrios 2005).
- 4- MacHardy, W. E., & Gadoury, D. M. (1989). A revision of Mills' s criteria for predicting apple scab infection periods. *Phytopathology*, 79(3), 304-310.
- 5- Deering, D. W. (1978). RANGELAND REFLECTANCE CHARACTERISTICS MEASURED BY AIRCRAFT AND SPACECRAFTSENSORS. Texas A&M University.
- 6- Filgueiras, R., Mantovani, E. C., Althoff, D., Fernandes Filho, E. I., & Cunha, F. F. D. (2019). Crop NDVI monitoring based on sentinel 1. *Remote Sensing*, 11(12), 1441.
- 7- Putti, G. L., & Petri, J. L. (2002). Estádios fenológicos da macieira nas cultivares Gala, Fuji e Golden Delicious. *Agropecuária Catarinense*, 15(3), 22-25.
- 8- Normal Climatologica - Alcobaça/ Estação de fruticultura Viera Natividade 1981-2010