

MODELAÇÃO DO CLIMA INSULAR À ESCALA LOCAL.

MODELO CIELO

Eduardo Brito de AZEVEDO¹, Luís Santos PEREIRA², Bernard ITIER³

Resumo

Na generalidade das regiões insulares, a informação meteorológica disponível é frequentemente rara e apenas representativa à escala regional ou sinóptica pelo que não reflecte a variação espacial do clima a uma escala adequada à maioria dos fins aplicados. Factores locais específicos e relevantes tais como a orografia e a sua relação com os mecanismos advectivos bem como as relações entre a topografia e a interceptação da radiação, impedem que a informação recolhida nas estações meteorológicas de vocação sinóptica traduza as condições climáticas da generalidade do território.

O modelo CIELO (acrónimo de Clima Insular à Escala Local), desenvolvido num Sistema de Informação Geográfica (SIG) e validado na Ilha Terceira, foi criado com base na interpretação física dos fenómenos que conduzem à diferenciação das condições climáticas à escala local e tem como objectivo específico reproduzir, de uma forma contínua, cartográfica e numérica, a informação climática relevante para a generalidade dos fins aplicados.

O modelo CIELO é composto por dois grandes submodelos: o primeiro trata os mecanismos de natureza advectiva reproduzindo os processos dinâmicos e termodinâmicos que regulam a variação da temperatura e do estado higrométrico do ar, a génese da nebulosidade orográfica e a precipitação; o segundo trata os mecanismos de natureza radiativa onde, para além da reprodução das condições de radiação resultantes dos factores de ordem astronómica, considera a influência da nebulosidade orográfica bem como o efeito da sombra produzida pelo relevo, ajustando as variáveis à topografia.

Palavras chave: clima insular escala local; modelação climática escala local.

¹ Professor Auxiliar, Departamento de Ciências Agrárias da Universidade dos Açores; ² Professor Catedrático, Departamento de Engenharia Rural do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa; ³ Chefe do Departamento de Ambiente e Agronomia do INRA.

1 - INTRODUÇÃO

Dramaticamente dependentes de recursos naturais próprios, nomeadamente, no que respeita a recursos vitais como a água, as pequenas ilhas² oceânicas de origem vulcânica, frequentemente sujeitas a condições naturais adversas, constituem unidades territoriais frágeis e muito vulneráveis.

O equilíbrio precário dos ecossistemas insulares, em algumas situações sujeitos a pressões demográficas significativas, não se compadece com intervenções pouco esclarecidas. A irreversibilidade de alguns processos desencadeados pelo homem, ou a difícil recuperação de situações por ele criadas, bem como a necessidade de resposta às exigências mais elementares das populações ou ao seu legítimo desejo de desenvolvimento e bem estar, obriga a um conhecimento mais detalhado destes meios no sentido de um aproveitamento mais racional e criterioso dos recursos existentes bem como das suas limitações e condicionalismos.

Nesta perspectiva, o clima - ou aspectos dele derivados - quer entendido como recurso, quer como factor limitante é, decerto, o que assume papel mais relevante.

Por razões relacionadas com a sua génese, as ilhas vulcânicas são, quase sempre, parcelas de pequena dimensão e com forte desenvolvimento em altitude pelo que a variação espacial das condições climáticas é mais acentuada do que em outras regiões mais aplanadas. O carácter acidentado do relevo favorece, por outro lado, a diversidade de aspectos singulares do clima relacionados com o regime radiativo e o regime advectivo.

Pelo facto de emergirem bruscamente da "planície" oceânica em condições de exposição a todos os quadrantes as ilhas constituem, a uma determinada escala, obstáculos às massas de ar que as abordam com implicações locais significativas, designadamente, devidas a alterações bruscas das características termodinâmicas e aerodinâmicas do ar que sobre elas circula. Estas alterações, que se podem considerar insignificantes no contexto da circulação geral ou sinóptica, resultam em importantes determinantes do clima local responsáveis, nomeadamente, pela configuração, a essa escala, dos campos da precipitação, da temperatura, da humidade, da nebulosidade e, conseqüentemente, da distribuição da radiação solar sobre o território.

Partindo do princípio que, na generalidade dos casos, os territórios insulares apenas dispõem de informação meteorológica de rotina cuja resolução e representatividade se pode considerar no âmbito da escala regional (estações sinópticas ou saídas de modelos de resolução inferior), admite-se como possível o recurso à modelação numérica para estabelecer a ligação entre a informação a essa escala, entendida como caracterizadora do regime de enquadramento, e os processos responsáveis pela diferenciação espacial do clima condicionados pelos factores climáticos de expressão local. Foi a partir desta perspectiva que o modelo genérico designado por "modelo CIELO" (Azevedo, 1996) foi desenvolvido, calibrado e testado na ilha Terceira (Fig.1) do arquipélago dos Açores.

No presente trabalho são descritos os fundamentos do modelo CIELO bem como são apresentados exemplos cartográficos de saídas relacionadas com a problemática da gestão dos recursos hídricos. Estas saídas devem, no entanto, ser entendidas como versões redutoras da

² Como definição de pequenas ilhas considera-se a sugestão de Diaz & Febrillet (1986), adoptada no início do Programa Hidrológico Internacional da UNESCO (IHP - III, Projecto 4.6), que define "pequenas ilhas" como territórios insulares cuja dimensão seja inferior a 1000 km² ou, no caso de apresentarem maior superfície, a sua largura não exceda os 10 km.

informação gerada pelo modelo na medida em que se encontram desligadas do seu ambiente exploratório.

2 - O modelo CIELO

O modelo CIELO tem como base os seguintes axiomas:

- * admite-se que os mecanismos que conduzem à diferenciação climática com expressão local se desenvolvem no âmbito de três processos: processos de natureza radiativa; processos de natureza dinâmica; processos de natureza termodinâmica,
- * admite-se, ainda, que esses processos decorrem no seio do sistema climático de uma forma integrada, com influência recíproca, nomeadamente, implicando mecanismos de troca de massa e de energia.

As hipóteses gerais nas quais assenta a construção lógica dos diferentes sub-modelos do modelo CIELO, são as seguintes:

- * devido à pequena dimensão dos territórios insulares as determinantes do clima regional são consideradas iguais em todo o domínio de aplicação do modelo;
- * devido à dinâmica da atmosfera sobre os oceanos, e à pequena dimensão dos territórios insulares, o clima local é significativamente influenciado por mecanismos advectivos;
- * os territórios insulares, em particular os de grande desenvolvimento em altitude, propiciam mecanismos que se identificam com os que estão na origem do efeito de Foehn;
- * a distribuição da radiação solar sobre os territórios insulares é controlada localmente pela nebulosidade de indução orográfica cumulativamente ao controlo exercido pela nebulosidade regional, considerada invariante em todo o território.

A metodologia proposta assenta numa abordagem mecanicista dos principais fenómenos que, em interacção com os factores fisiográficos de expressão local, determinam as condições climáticas a essa escala (Azevedo et al., 1997). Basicamente, parte-se da presunção de que o acompanhamento das transformações que ocorrem no interior de uma hipotética lâmina de ar, caracterizada pelas respectivas propriedades registadas ao nível do litoral, que aborda e transpõe o obstáculo orográfico ("materializado" por um modelo digital do terreno) no seio de um determinado enquadramento sinóptico, permite estabelecer relações com a evolução dos campos dos diferentes elementos climáticos sobre o território.

Na modelação dos campos da temperatura e humidade do ar (Figs.2 e 3), procede-se à simulação de mecanismos de natureza adiabática e ao estabelecimento do princípio da conservação da massa e energia implícito no efeito de Foehn. Para a modelação do campo da precipitação (Fig.4), considera-se a separação entre a precipitação regional (observada junto ao litoral e admitida como igual para um determinado intervalo de tempo em todo o território) e a de origem orográfica. Esta última componente é modelada a partir da simulação da sua distribuição com base na capacidade do relevo induzir condensação no seio da lâmina de ar húmido em percurso sobre o território à velocidade, direcção e sentido do vento observado. A expressão quantitativa final da precipitação orográfica, para um determinado intervalo de tempo, resulta da afectação do campo da distribuição relativa da precipitação a um factor de escala, único para todo o território, determinado em função da precipitação regional observada no mesmo intervalo de tempo.

A modelação do campo da radiação solar interceptada pela superfície da ilha (Fig.5) é feita em função da radiação calculada para o topo da atmosfera, em função da radiação global estimada ou observada para a zona do litoral e a partir da aplicação de um critério de extinção atribuível à nebulosidade orográfica. A nebulosidade orográfica (Fig.6) é, por seu lado, estimada em função da capacidade do relevo induzir condensação no seio da lâmina de ar húmido em deslocação sobre o território. Da relação entre a radiação no topo da atmosfera e a modelada para um determinado contexto de nebulosidade regional e orográfica são deduzidas, as componentes directa e difusa da radiação. Por resolução trigonométrica a componente directa é ajustada às diferentes situações geométricas de intercepção da superfície da ilha.

3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os diferentes sub-modelos desenvolvidos no âmbito do modelo genérico CIELO podem considerar-se como determinísticos, sendo construídos a partir de conceitos físicos, de acordo com uma perspectiva sistémica, e capazes de evoluir de uma forma distribuída e contínua. A resolução matemática do modelo recorre, essencialmente, ao método numérico das diferenças finitas.

O modelo CIELO foi desenvolvido num Sistema de Informação Geográfica (SIG) e pode ser explorado no sentido de ser obtida uma cobertura cartográfica ou numérica referente a uma ou conjunto de variáveis climáticas específicas, bem como podem estas ser conjugadas com o objectivo de serem obtidas saídas mais complexas, nomeadamente, a cartografia da evapotranspiração ou de um balanço hídrico (Figs. 7 e 8). Para além da exploração do modelo baseado em parâmetros reais podem, ainda, ser ensaiadas corridas baseadas em dados fictícios tendo em vista o estudo dos impactos de situações simuladas.

Tendo sido, nesta versão do modelo, apenas considerado o contributo da fisiografia para a configuração das condições climáticas à escala local, a metodologia proposta, bem como o ambiente informático em que foi desenvolvida, revelam-se adequados para integrar outros factores que contribuem para as especificidades climáticas àquela escala. De facto, com base numa adequada parametrização do domínio de aplicação (cartografia digital dos solos, da vegetação, etc.), podem ser aperfeiçoadas versões especializadas do modelo CIELO vocacionadas para diferentes fins. Atendendo às saídas produzidas pelo modelo e à sua capacidade de cruzamento com outro tipo de informação espacialmente distribuída, nomeadamente, através da integração de módulos de cálculo específicos, parece legítimo perspectivar a sua aplicação quer em diversos domínios das ciências aplicadas quer no âmbito de estudos específicos e de projecto. De entre as aplicações possíveis destacam-se as seguintes:

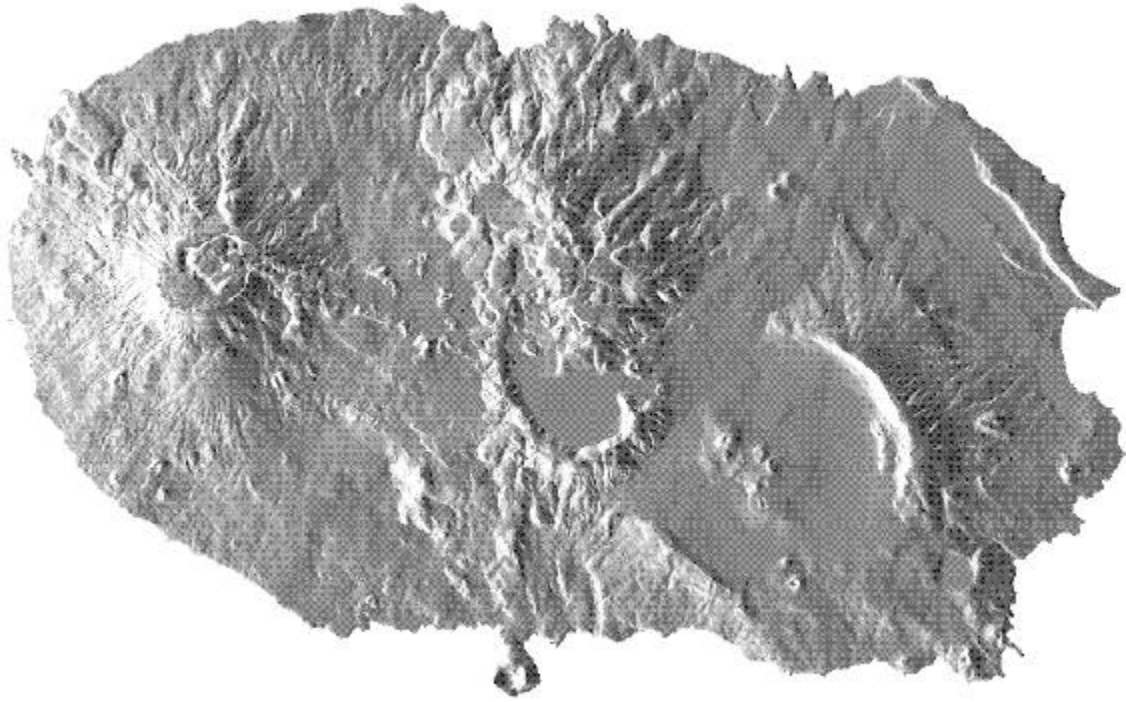
- I) ciências agronómicas - Elaboração de balanços hídricos, zonagem agro-ecológica, aplicação a modelos de crescimento vegetal;
- II) hidrologia e ambiente - Produção de balanços hídricos sequenciais para a avaliação das recargas dos aquíferos insulares e para avaliação do escoamento superficial;
- III) ciências do solo - Estudo dos fenómenos de pedogénese, estudos de erosão e mobilidade de nutrientes;
- IV) ecologia - Estudos de caracterização dos ecossistemas naturais;
- V) economia e gestão - Planeamento regional e agrícola.

O facto do modelo CIELO ter sido construído com base em conceitos físicos e fundamentado em mecanismos genéricos supostamente comuns à maioria dos territórios de orografia complexa, facilita a sua portabilidade e a sua aplicação a outros enquadramentos geográficos desde que localmente calibrado.

BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO, E. B. (1996) – “*Modelação do Clima Insular à Escala Local. Modelo CIELO aplicado à ilha Terceira*”, Tese de Doutoramento. Universidade dos Açores, 1996.

AZEVEDO, E. B.; PEREIRA, L. S.; ITIER, B. (1997) – “*Modeling the local climate in Islands environments: Water Balance Applications*”, Agricultural Water Mangement, special issue “*The use of water in sustainable agriculture*” (aceite para publicação).



ILHA TERCEIRA

OROGRAFIA

Figura 1 – Carta orográfica da ilha Terceira obtida a partir do modelo tridimensional do Terreno.

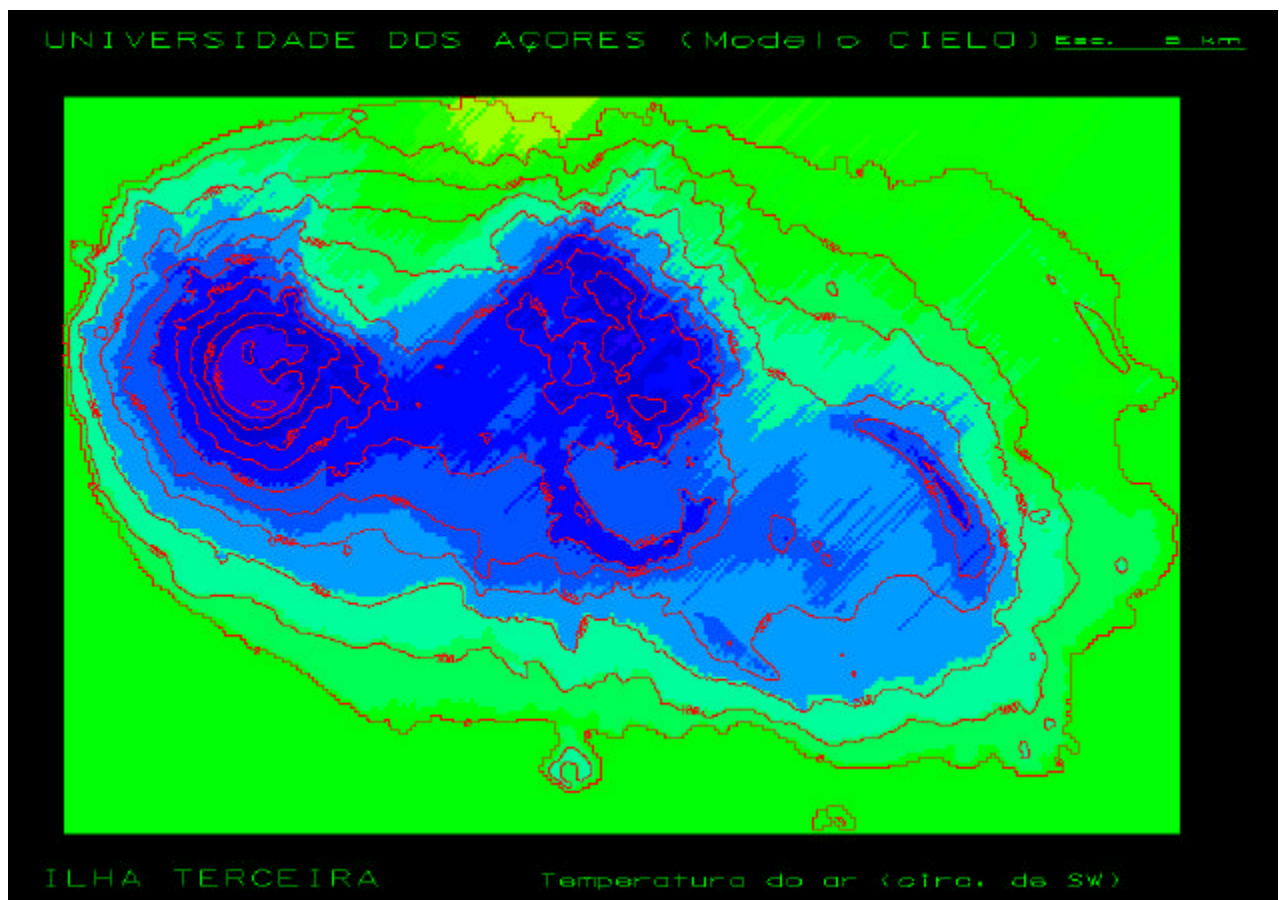


Figura 2 – Temperatura do ar (simulação para uma circulação de SW)

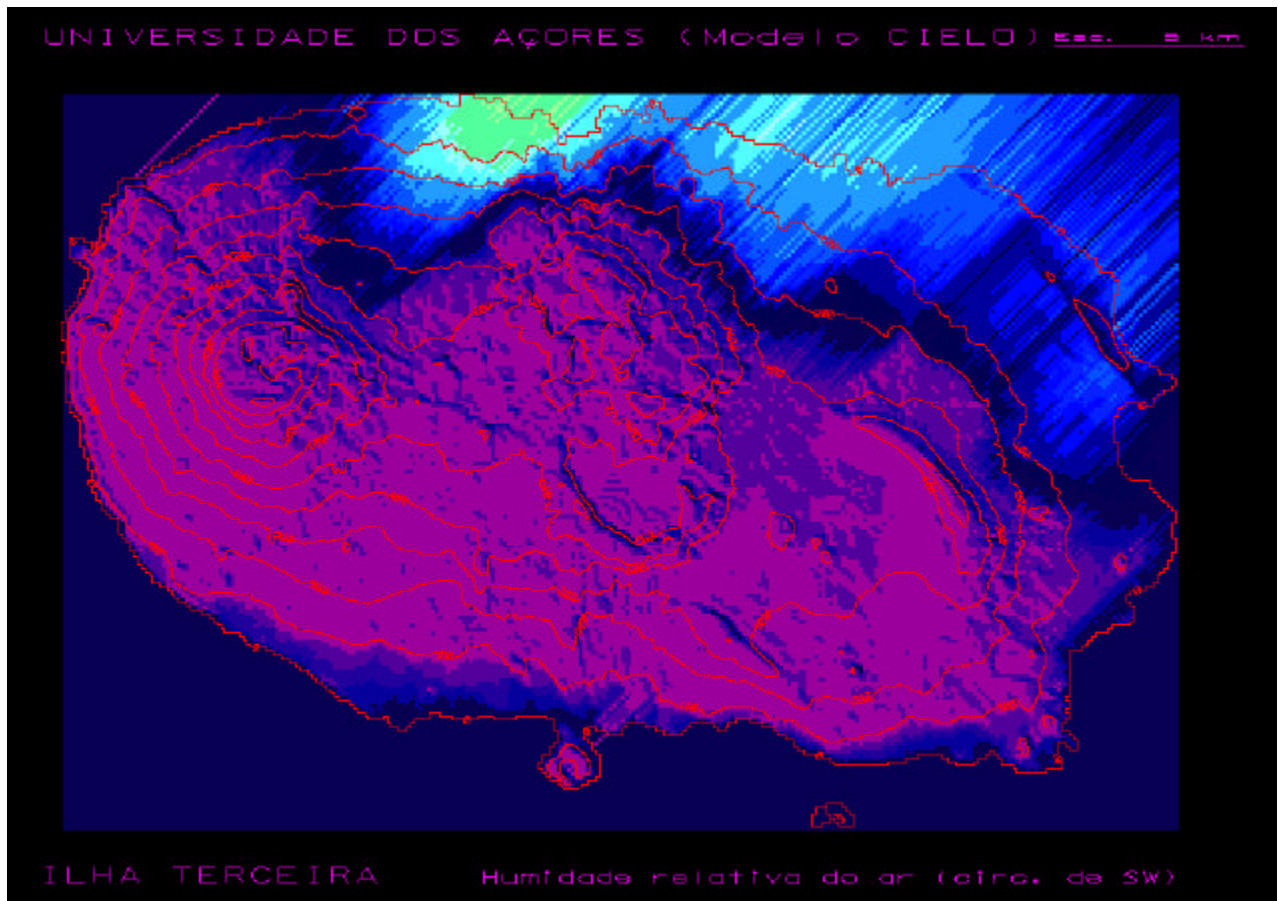


Figura 3 – Humidade relativa do ar (simulação para uma circulação de SW)

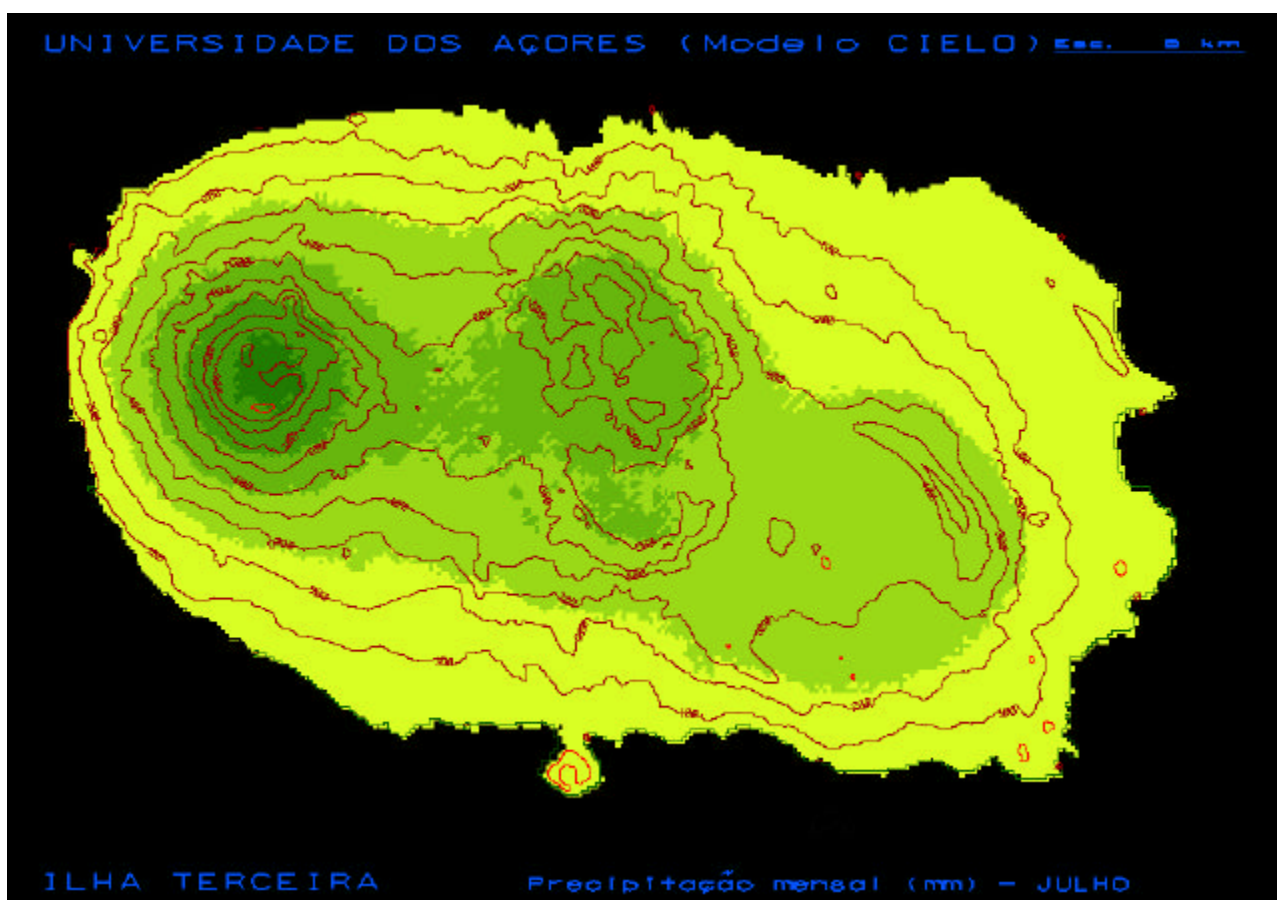


Figura 4 – Precipitação simulada para o mês de Julho (mm)

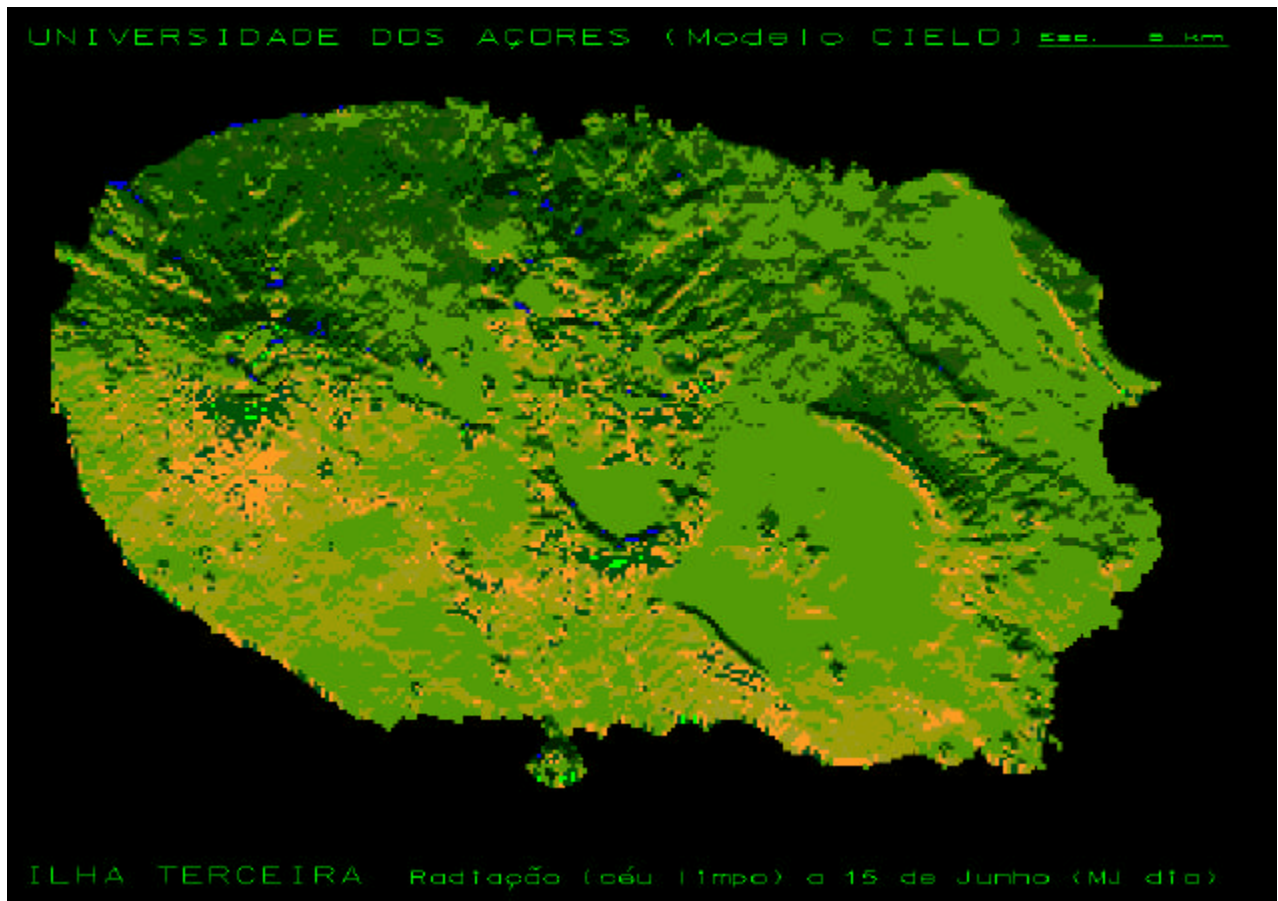


Figura 5 – Radiação interceptada à superfície em dias de céu limpo (MJ m² dia)

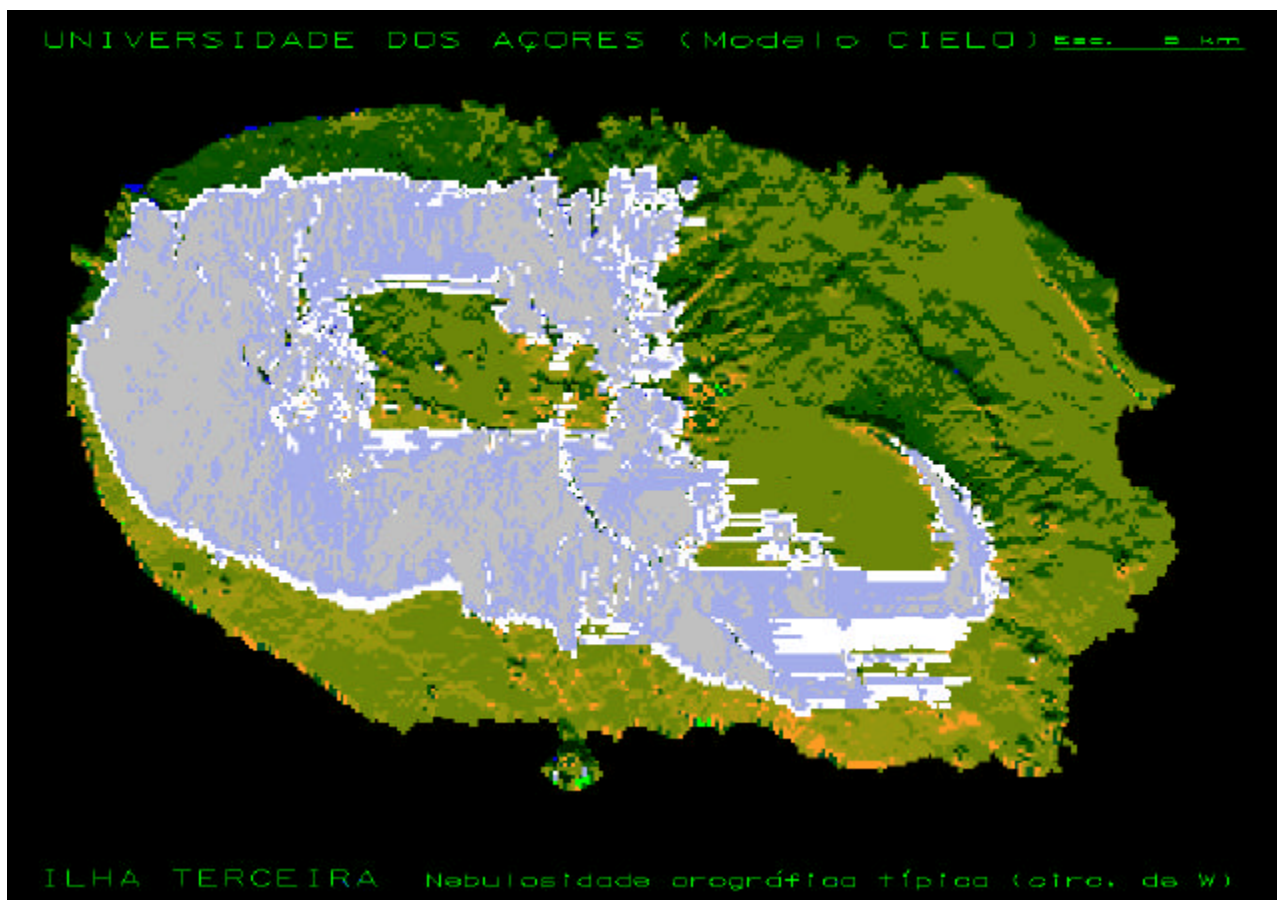


Figura 6 – Nebulosidade orográfica típica de uma circulação de W

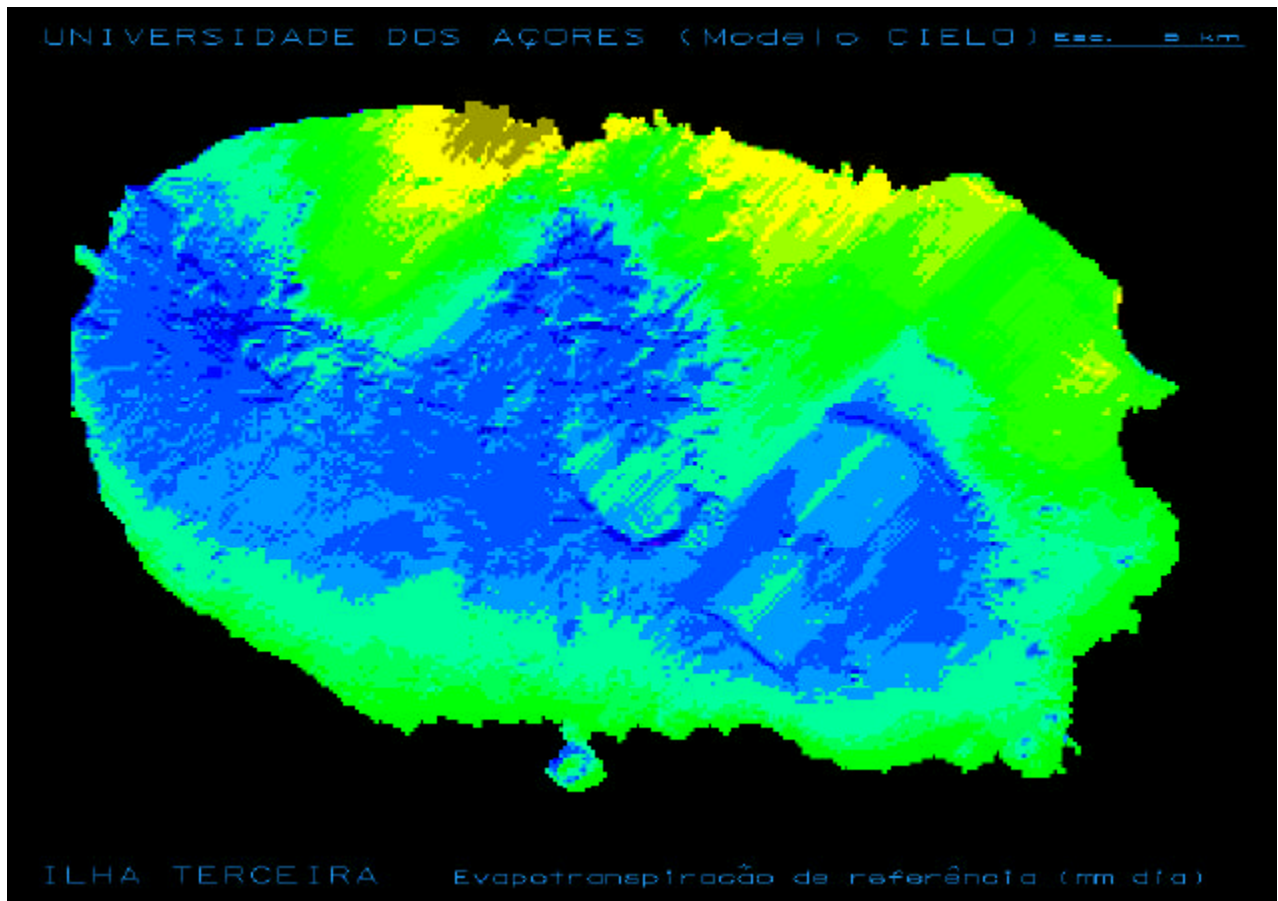


Figura 7 – Evapotranspiração de Referência (Eto) em mm

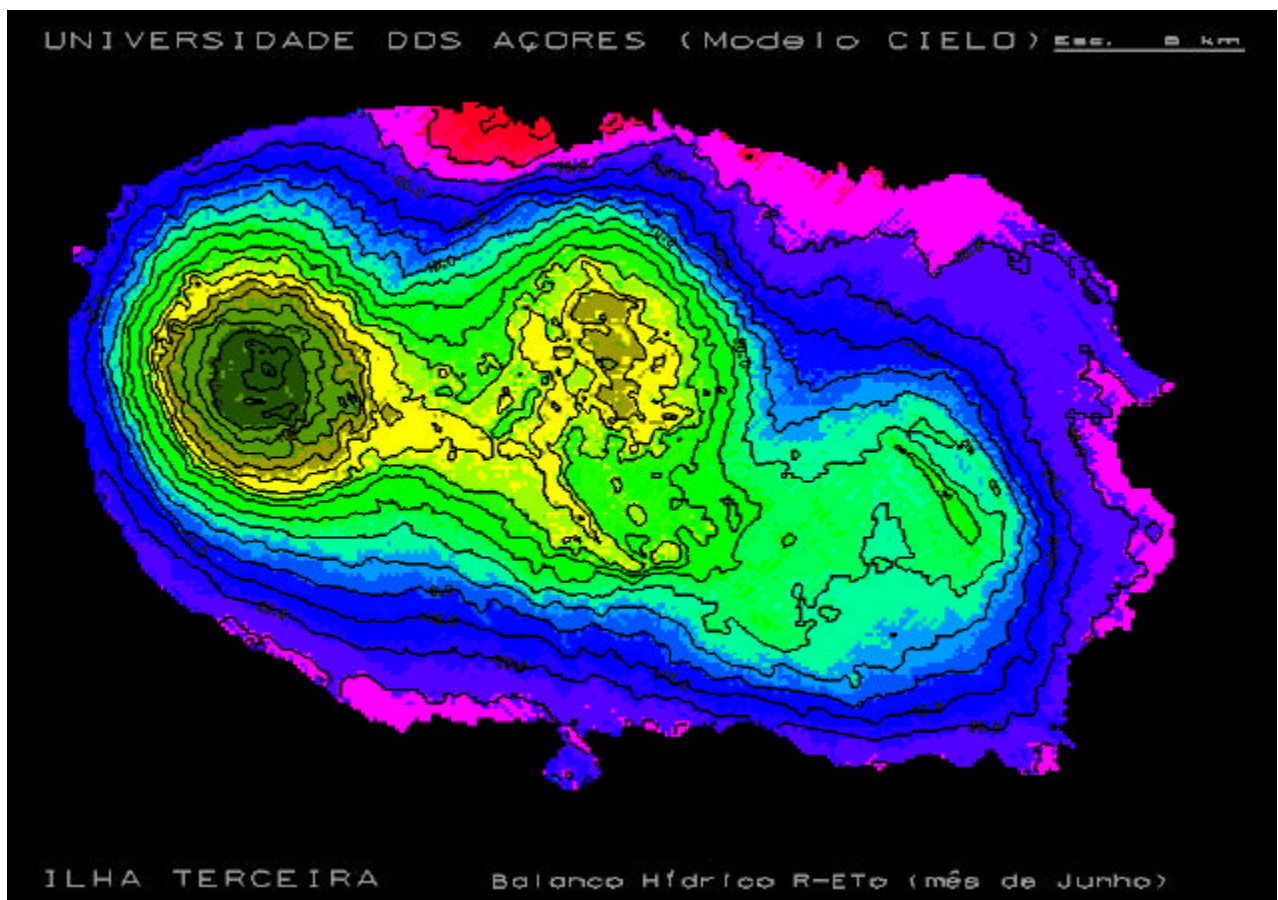


Figura 8 – Balanço Hídrico (Precipitação – Evapotranspiração)