

MODELAÇÃO HIDROLÓGICA DISTRIBUÍDA APLICAÇÃO À BACIA DO RIO GUADIANA.

Fernanda GOMES ⁽¹⁾ e Rui RODRIGUES ⁽²⁾

RESUMO

A transformação da precipitação em escoamento é um processo extremamente complexo e difícil de quantificar exaustivamente de forma desagregada espacialmente. Os percursos que a água precipitada pode tomar sobre uma bacia até chegar à linha de água são variados e os fenómenos físicos que regem esses percursos envolvem inúmeros factores que são difíceis de medir continuamente no tempo e no espaço. Assim, a utilização de modelos hidrológicos distribuídos, permite aplicar os algoritmos de cálculo a unidades espaciais bastante reduzidas, permitindo captar a variabilidade espacial natural inerente a uma bacia, nomeadamente em termo das suas características físicas. O desenvolvimento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e a sua integração com modelos distribuídos veio abrir novas perspectivas na caracterização dessa variabilidade espacial, estimulando o desenvolvimento de modelos de simulação dos processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica.

A metodologia proposta baseia-se na integração de modelos hidrológicos com Sistemas de Informação Geográfica, de uma forma distribuída, para o cálculo do escoamento mensal. O modelo de precipitação-escoamento utilizado foi o de Temez, que, simula o escoamento de uma bacia em função de dados climatológicos (precipitação e evapotranspiração potencial) e variáveis de estado optimizadas, reproduzindo os processos essenciais do transporte de água das diferentes fases do ciclo hidrológico. A metodologia desenvolvida foi aplicada na parte portuguesa da bacia hidrográfica do rio Guadiana, tendo por base as observações das estações udométricas e climatológicas para o cálculo da distribuição espacial da precipitação e da temperatura, estimadas a partir de modelos geoestatísticos. O modelo vai assim, calcular mapas mensais de escoamento a partir de mapas mensais de precipitação e de evapotranspiração, obtendo-se assim o escoamento distribuído em toda a bacia hidrográfica permitindo visualizar quais as sub-bacias que mais contribuem para a acumulação de água nos rios. Para a validação do modelo compararam-se os resultados da acumulação de escoamento nas linhas de água com os valores dos caudais reais das estações hidrométricas.

Na presente comunicação utiliza-se esta metodologia para vários anos consecutivos, por forma a conseguir-se resultados que mostrem o comportamento da bacia, em termos interanuais. A metodologia será integrada no SNIRH, por forma a constituir uma ferramenta fundamental de apoio à modelação hidrológica distribuída.

Palavras chave: Modelação hidrológica distribuída, modelo de Temez, variabilidade espacial, SNIRH

¹ Técnica Superior da Direcção de Serviços de Recursos Hídricos, INAG

² Chefe da Divisão de Recursos Superficiais, INAG

1 - INTRODUÇÃO

A transformação da precipitação em escoamento é um processo extremamente complexo e difícil de quantificar exaustivamente de forma desagregada espacialmente. As interações com a atmosfera e os percursos que a água precipitada pode tomar sobre uma bacia até chegar à linha de água são variados e os fenómenos físicos que regem esses percursos envolvem inúmeros factores que são difíceis de medir continuamente no tempo e no espaço. Assim, a utilização de modelos hidrológicos distribuídos, permite aplicar os algoritmos de cálculo a unidades espaciais bastante reduzidas, permitindo captar a variabilidade espacial natural inerente a uma bacia, nomeadamente em termo das suas características físicas.

A possibilidade recentemente fornecida pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de descrição espacial detalhada de variáveis de estado acoplada à modelação distribuída dos processos hidrológicos, permite conhecer em maior detalhe processos complexos que, quando analisados de forma agregada, truncam a diversidade de informação de base implicada no processo de geração e concentração de escoamento (como informação sobre solos, coberto vegetal e a própria distribuição espacial dos hidrometeoros).

Na presente comunicação pretende-se recuperar o conteúdo informativo espacial de base ao balanço hidrológico, através da incorporação da modelação distribuída dentro de um SIG. O modelo de balanço utilizado é o de Temez, e a bacia hidrográfica em estudo é a correspondente à parte portuguesa da bacia do Guadiana, com cerca de 11500 km². Este procedimento é inteiramente baseado na metodologia descrita em GOMES (1996) e visa generalizá-lo, numa primeira fase, ao processo de modelação sequencial, uma vez que originalmente ele havia sido testado para um único ano hidrológico. Desta forma obtém-se uma melhor descrição espacial dos períodos de humedificação e deplecionamento dos solos no início e final de cada ano hidrológico. Futuramente é toda a estrutura de parâmetros de base que será inteiramente desagregada, incorporando dados do limiar de capacidade de água do solo fornecidos pelos estudos de PIMENTA et al. (1998).

2 - DADOS DE BASE

Qualquer modelo de balanço hidrológico tem, como variáveis de entrada, a Precipitação e a Evapotranspiração Potencial.

Através da operação de modelação, são obtidas informações sobre variáveis intermédias no processo de transformação da precipitação em escoamento que são: o Excedente Hídrico, e ; a Humidade no Solo.

O processo de cálculo conclui quando a verificação do suprimento do poder evaporante da atmosfera pelos valores da precipitação (combinados, ou não, com a humidade no solo) fornece os valores de saída do modelo em cada tempo de cálculo, que são: a Evapotranspiração Real; a Infiltração para o aquífero, e ; o Escoamento Superficial.

A descrição do modelo de TEMEZ, utilizado no presente artigo, pode ser encontrada em GOMES (1996), sendo a sua estrutura conceptual muito semelhante a outros modelos de balanço hídrico sequencial.

2.1 - Variáveis de entrada

Para se obter uma distribuição espacial da precipitação e evapotranspiração (grelha de 1X 1 km) em cada mês (passo de cálculo) durante o período de modelação (1959/60-63/64), foi utilizada a krigagem dos valores registados em 37 postos udométricos e 16 postos meteorológicos.

As estruturas espaciais de continuidade da precipitação foram medidas através de variogramas calculados para cada mês.

Posteriormente os variogramas experimentais foram ajustados a um modelo esférico com efeito de pepita nulo, sendo anisotrópico em todos os meses, com excepção de Outubro. A direcção principal é de 90° em 75% dos casos (GOMES, 1996).

As estruturas espaciais de continuidade da temperatura foram medidas através de variogramas espaciais calculados para duas estações do ano (semestre frio e quente).

Os variogramas experimentais foram ajustados a um modelo esférico de pepita nulo — isotrópico no semestre frio, e anisotrópico no semestre quente, com uma direcção principal de 90° (GOMES, 1996).

2.2 - Parâmetros do modelo

Foi já referido que um dos melhoramentos futuros da metodologia proposta em GOMES (1996) é a de descrição totalmente distribuída dos parâmetros do modelo de Temez. No presente momento os valores dos parâmetros de base foram obtidos de forma semi-distribuída por bacias hidrográficas dos principais afluentes do Guadiana e respectivas bacias incrementais. Para tal foram utilizados os estudos de reconstituição dos recursos hídricos superficiais em regime natural efectuados no INAG (1995), e as análises de regionalização aprofundadas para o Guadiana, no Programa de Despoluição da Bacia do Rio Guadiana (INAG, 1996).

Em resumo, foram analisadas as curvas de duração do escoamento relativos às bacias que possuem estações hidrométricas e obtiveram-se zonamentos de “produtividade” da contribuição subterrânea (Figura 1), bem como dos demais parâmetros do modelo de Temez aplicado de forma agregada por sub-bacia do Guadiana (Figura 2).

Uma vez identificados estes elementos de base procedeu-se à preparação dos processo de integração do escoamento distribuído a fornecer pelo modelo.

2.3 - Processo de integração do escoamento

Como foi descrito em GOMES (1996) a obtenção do escoamento nas linhas de água é efectuada através do modelo digital do terreno. Dele são obtidas as direcções de escoamento e, finalmente as acumulações de escoamento (Figura 3).

O modelo Temez foi programado em linguagem própria do sistema (AML), aplicando-se, a cada célula, as equações teóricas que regem os processos hidrológicos descritos pelo modelo. Cada célula possui, como foi já referido, uma área unitária (1 km²).

Na Figura 4 apresentam-se as calibrações e validações efectuadas para quatro estações hidrométricas colocadas em três diferentes zonas de duração de caudais já anteriormente referidas. A análise da Figura 4 revela um ajustamento perfeito entre os escoamentos medidos e calculados que vem reforçar as estimativas distribuídas quer do escoamento, quer dos valores

de humidade do solo e infiltração fornecidos pelo modelo (ainda que sujeitos a parâmetros semi-distribuídos do modelo).

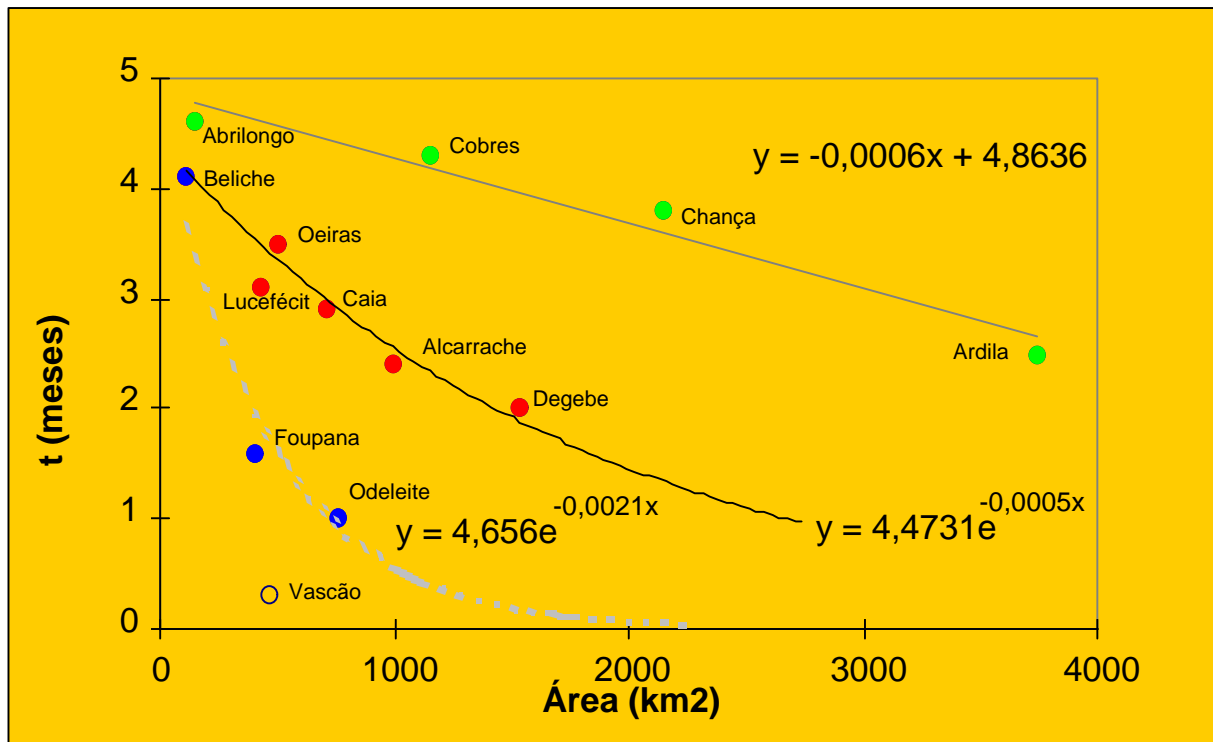


Figura 1 - Relação Área drenante/ nº médio de meses secos, nos principais afluentes do Guadiana.

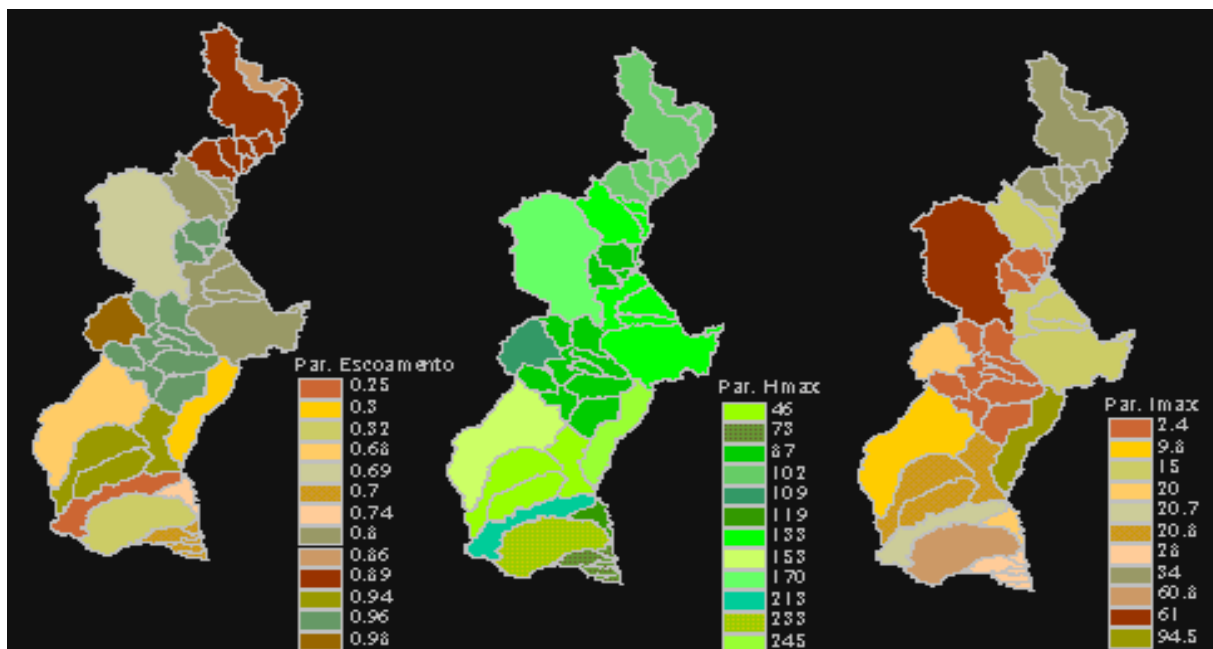


Figura 2 - Distribuição espacial semi-distribuída dos parâmetros do modelo.

Modelo digital
do terreno

Direcções de
escoamento

Acumulação de
escoamento

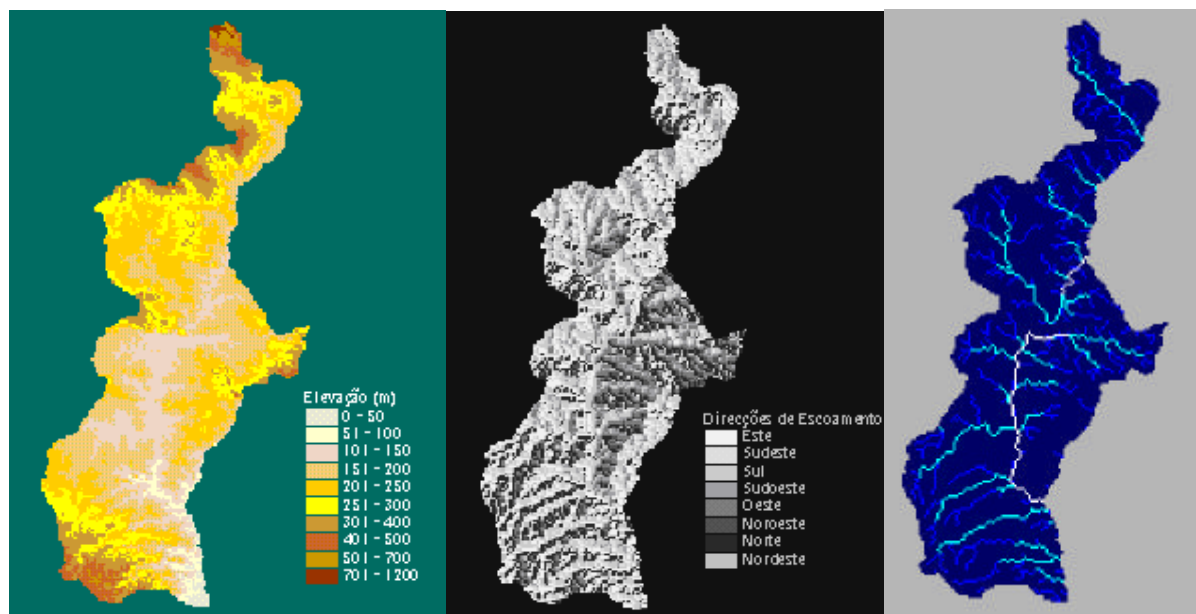


Figura 3 - Processo de integração do escoamento

3 - ANÁLISE DA INFORMAÇÃO DISTRIBUÍDA

O maior ganho de informação proveniente da utilização de SIG's na modelação hidrológica é o da perfeita descrição espacial dos processos envolvidos, quer de recarga, quer de escoamento, seja ainda na descrição da recessão dos aquíferos. Assim torna-se possível a identificação das áreas mais vulneráveis em períodos de secura bem como daquelas mais produtivas hidricamente que, por sua vez, poderão justificar ou invalidar espacialmente determinadas opções de planeamento para exploração dos recursos hídricos.

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados os resultados da simulação hidrológica através das configurações dos processos hidrológicos envolvidos na fase de recarga dos solos e na fase de depleccionamento, tendo-se escolhido o mês de Outubro de 1959 e o de Abril de 1962 como indicativos dessas duas fases.

Na Figura 5 são evidenciadas as zonas onde a combinação de maior precipitação, menor poder evapotranspirante, menor limiar de armazenamento de água no solo e amiores declives propiciam o aparecimento de escoamento superficial, enquanto noutras zonas o excedente é mobilizado para o incremento da humidade do solo.

Na Figura 6 é possível identificar onde estão as zonas que melhor conseguirão sustentar escoamento durante o verão, quer pelos valores de humidade no solo, quer pelas taxas de infiltração ainda presentes.

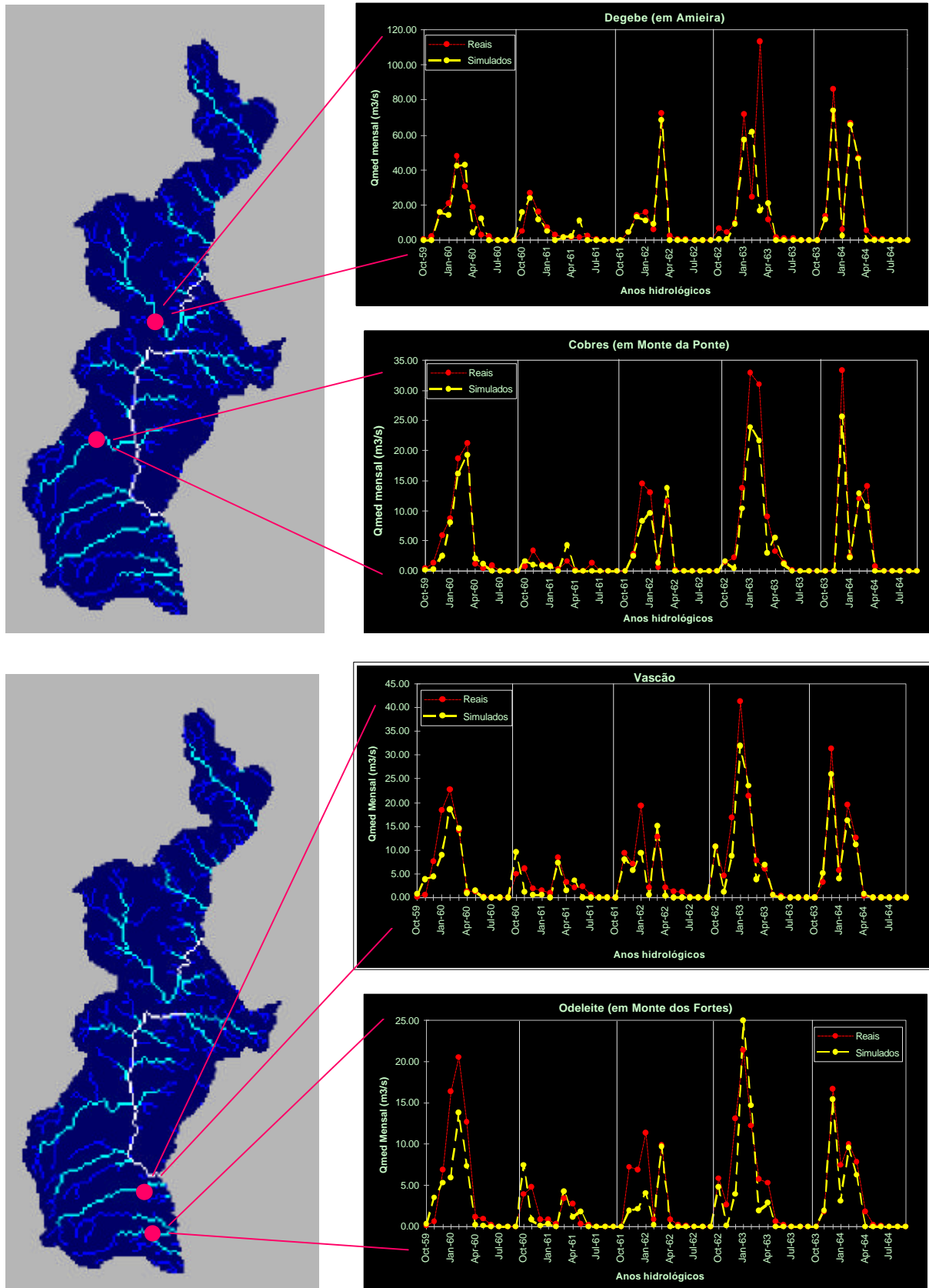
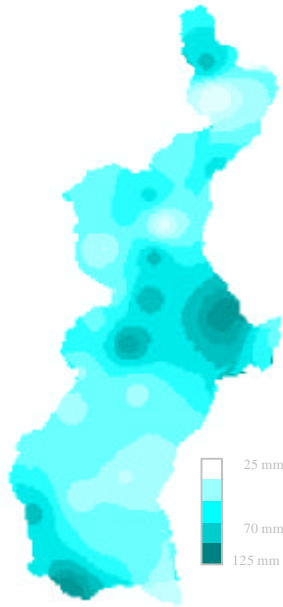


Figura 4 - Calibração e validação do escoamento para o período 59/60 - 63/64

Precipitação



Evapotranspiração Potencial



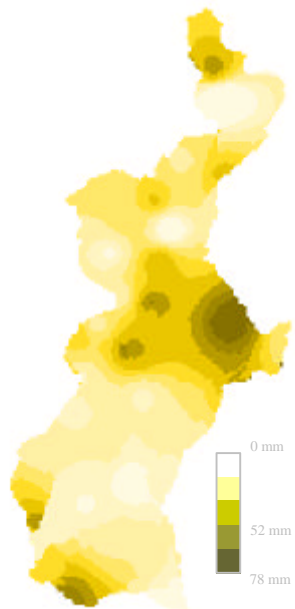
Evapotranspiração Real



Escoamento



Humidade do Solo

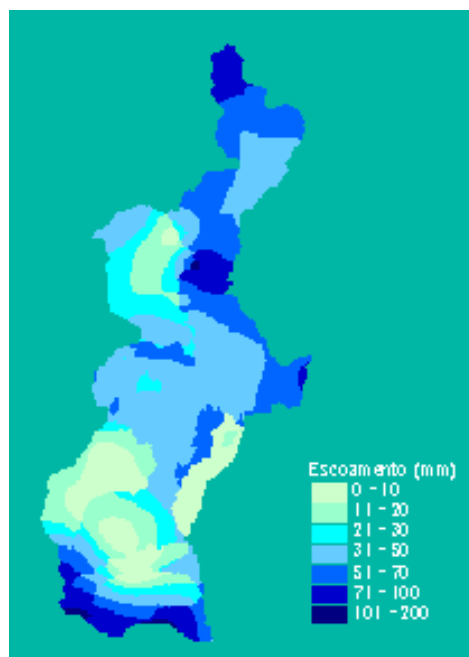


Infiltração

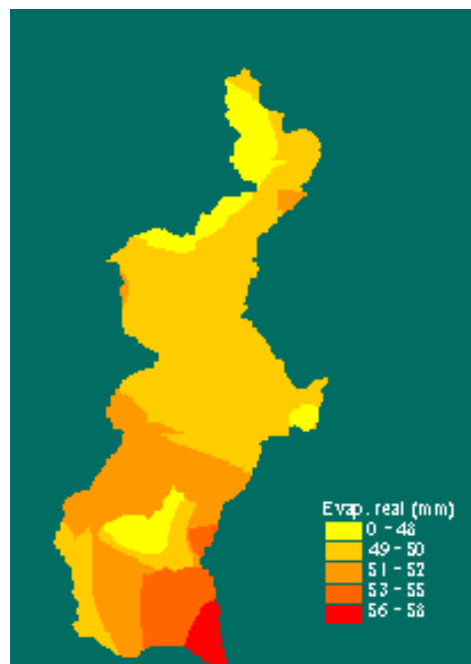


Figura 5 - Informação espacial sobre o início de escoamento em Outubro de 1959 e sobre as variáveis hidrológicas relacionadas (atmosféricas e do solo)

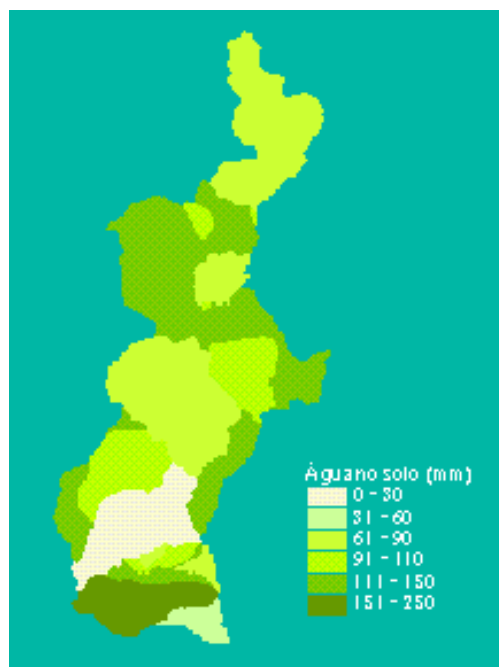
Escoamento



Evapotranspiração real



Água no solo



Infiltração

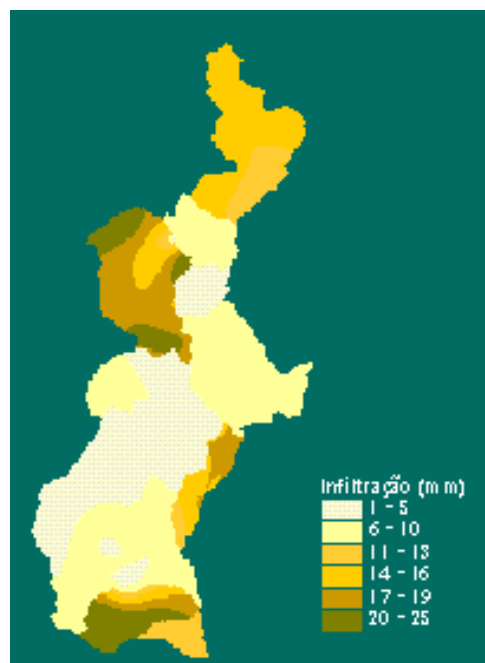


Figura 6 - Informação espacial sobre as variáveis de saída do modelo no início de um período de depleção (Abril de 1962)

4 - OBSERVAÇÕES FINAIS

O objectivo do presente artigo era apresentar um modelo de balanço hidrológico sequencial mensal programado em linguagem de um SIG de forma a melhor utilizar as potencialidades de descrição espacial das variáveis em análise.

Neste sentido pode ser observada a riqueza da informação espacial sobre variáveis de custosa medição, como a humidade de água no solo e a infiltração, fornecida pelo modelo, apenas explorando o detalhe dos dados de entrada do modelo, já que os parâmetros do modelo apareciam de forma semi-distribuída ou, melhor ainda, agregados por sub-bacia.

Assim, foi possível identificar as zonas mais produtivas hidricamente bem como aquelas de menor resiliência aos períodos de secura.

Numa etapa posterior de desenvolvimento da presente metodologia pretende-se incorporar a informação dos parâmetros do modelo de forma distribuída, de forma a enriquecer o conteúdo informativos dos resultados do modelo.

BIBLIOGRAFIA

GOMES, F. - *Modelação Hidrológica Distribuída: Aplicação à Bacia do Guadiana*. Tese de Mestrado em Mineralogia e Planeamento Mineiro do IST, 1996.

INAG - *Reconstituição dos Recursos Hídricos Superficiais em Regime Natural*. MARN, 1995.

INAG - *Programa de Despoluição da Bacia do Rio Guadiana*. MA, 1996.

PIMENTA, M.T., M.J. SANTOS e R. RODRIGUES - Proposta de Alteração do Índice Climático do UNEP. 4º Congresso da Água, 1998.