

O USO DE SOFTWARES NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Ricardo Hirata¹ e Francis Priscilla Hager¹

RESUMO

Os programas computacionais na hidrogeologia tem mostrado um rápido desenvolvimento nas últimas décadas. Entretanto, o uso destes aplicativos no Brasil não tem seguido a mesma tendência. Basicamente, o usuário se restringe aos *softwares* de processamento de textos, planilhas eletrônicas ou de banco dados, não trabalhando com programas específicos.

Este texto descreve 105 programas de uso direto na hidrogeologia, disponíveis comercialmente e classificados em 7 grupos: A) modelos para tratamento, apresentação e animação de informação hidrogeológica; B) sistemas de informações geo-referenciadas (SIG); C) modelos de caracterização das propriedades hidráulicas do meio; D) modelos de fluxo de água subterrânea; E) modelos de transporte de contaminantes e remediação; F) modelos de representação hidrogeoquímica; e G) modelos de reações hidrogeoquímicas. Endereços eletrônicos de Internet, para que o leitor obtenha maiores informações, também são apresentados.

INTRODUÇÃO

Há quase 10 anos atrás, Robert e Tereza Cleary (1988) publicaram um trabalho que descrevia uma série de aplicativos que poderiam ser utilizados em hidrogeologia. Relendo o documento e comparando com o presente, é interessante ressaltar três pontos: o rápido desenvolvimento dos equipamentos (*hardware*); alguns programas, embora tenham evoluído no formato (entrada e saída de dados), continuam os mesmos (soluções matemáticas) e os programas se tornaram muito mais *amigáveis*.

Na época, os computadores pessoais mais rápidos e modernos eram o IBM PS/2 Model 80 ou o Compaq 386 portátil, com microprocessador 80386 de 20 MHz, embora poucos fossem disponíveis no Brasil. No dia a dia, em muitas empresas, existiam apenas os velhos ATs, com processadores 8088. Hoje, estas máquinas, se possíveis de encontrar, estão esquecidas ou desativadas. A melhora do equipamento fez com que os programas fossem mais rápidos, fáceis de manusear e com saídas de dados muito mais apresentáveis. Os mapas onde os campos eram definidos por uma sequência de números ou símbolos, no caso de *mainframes* de 30 anos atrás, cederam lugar para os desenhos de impressoras de pinos monocromática, dos primeiros PCs, e posteriormente para gráficos

¹ Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo - Rua do Lago, 562. Caixa Postal 11.348 - CEP 05422-970 - São Paulo (SP) - Tel: (011) 818.4230 - Fax (011) 818.4207 - E-mail: rhirata@usp.br
E-mail: hager@usp.br

com qualidade fotográfica das impressoras ou *plotters* laser ou jato de tinta, dos dias de hoje. Os monitores se tornaram mais atraentes e permitiram que muitos comandos e dados fossem ingressados diretamente através de *mouse* ou iluminando campos na tela. Os programas definitivamente estão se assemelhando mais a *video games*. Uma antiga aspiração dos primeiros hidrogeólogos-programadores.

Embora os programas e os computadores tenham evoluído rapidamente, o mesmo não tem acontecido com o usuário de águas subterrâneas no Brasil, sobretudo os ligados ao setor de perfuração de poços. Exceto para o uso de processadores de textos (p.ex. *Word*, *WordStar*), planilhas de cálculo (*Excell*, *Quattro Pro*) ou mesmo banco de dados (*Fox Pro*, *Access*), as empresas raramente utilizam ferramentas específicas para a hidrogeologia.

Este trabalho apresenta e descreve alguns dos *softwares* mais populares e que estão disponíveis comercialmente. É sabido que um número razoável de novos aplicativos foram criados em projetos de pesquisa, sobretudo em universidades e centros de investigações, mas estes não são matéria deste artigo. Da mesma forma, não são aqui apresentados os programas utilizados para o tratamento dos dados geofísicos.

OS PROGRAMAS DE COMPUTADORES APLICADOS ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Considerando-se o seu uso, os aplicativos podem ser classificados em sete grupos distintos:

- A. modelos para tratamento, apresentação, animação da informação hidrogeológica
- B. sistemas de informações geo-referenciadas (SIG)
- C. modelos de caracterização das propriedades hidráulicas do meio
- D. modelos de fluxo de água subterrânea
- E. modelos de transporte de contaminantes e remediação
- F. modelos de representação hidrogeoquímica
- G. modelos de reações hidrogeoquímicas

A. Modelos para tratamento, apresentação, animação da informação geológica. Estes programas permitem que o usuário analise e interprete as informações hidrogeológicas. Alguns possibilitam, a partir de perfis estratigráficos (ou geo-elétricos) de poços, traçar seções que os correlacionem. Este tipo de aplicativo é muito útil durante a fase de avaliação hidrogeológica. Atualmente, tem surgido no mercado uma gama ampla de programas que é utilizada na interpretação geológica, como o tratamento de lineamentos e de análise granulométrica, por exemplo. A indústria do petróleo tem vários *softwares* que podem ser utilizados em águas subterrâneas (Tabela 1, item A).

B. Sistemas de informações geo-referenciadas (SIG): São programas para o ingresso, análise, interpretação, pesquisa, previsão e apresentação de dados espaciais, cuja localização é conhecida, ou pode ser calculada, em termos de coordenadas geográficas. Nos SIGs as informações são organizadas na forma de mapas, imagens, tabelas e relatórios estatísticos, combinados com uma base de dados unificada (Perrotta 1997). Com os SIGs é possível criar novos mapas a partir da interação de outras bases cartográficas. A precisa localização de um

ponto no espaço, através de instrumentos do tipo GPS (*ground position system*), que dá as coordenadas de um lugar específico, utilizando satélites, amplia esta ferramenta para uso em campo (Tabela 1, Ítem B).

Uma associação bastante poderosa é a utilização destes softwares com a Internet. Num futuro muito próximo no Brasil, será possível obter informações de poços tubulares de uma dada região, apenas acessando-as através de um computador. Da mesma forma, o cadastro dos mesmos poderá ser feito diretamente em terminais, integrando as informações, e beneficiando a todos os usuários.

C. Modelos para definição das propriedades hidráulicas do meio: São programas que permitem interpretar testes de bombeamento e obter as características hidráulicas de aquíferos ou da zona não-saturada. Muitos deles apresentam uma gama muito variada de soluções possíveis (Theis, Cooper-Jacob, Hantush, Neuman), de tipos diferentes de testes (slug test, rebaixamento, recuperação), ou mesmo de geometrias de aquíferos (confinados, livres, drenantes). Uma vez definido o tipo de aquífero, seleciona-se a solução matemática apropriada e ingressa-se os dados definidos no campo (rebaixamentos *versus* tempo ou distância, por exemplo). O programa ajustará estes dados a uma curva padrão, definindo os pontos de ajuste (*match points*) e estabelecendo os valores de transmissividade, coeficiente de armazenamento e drenanças, quando for o caso. Para a zona vadosa, alguns programas, a partir da umidade do solo, definem os parâmetros de condutividade hidráulica do meio. Um outro tipo de programa é aquele que a partir de um modelo de fluxo de aquífero (Modflow, por exemplo), define as características hidráulicas do aquífero. A grande vantagem deste tipo de aplicativo é que pode interpretar um teste de bombeamento para um meio heterogêneo, anisotrópico e com várias camadas (Tabela 1, Ítem C).

D. Modelo de fluxo de água subterrânea. Estes modelos permitem simular o fluxo das águas subterrâneas, a partir da distribuição dos níveis de água de um aquífero, em condições naturais ou sob bombeamento, ou seja, define o comportamento hidráulico de um aquífero ou de sistemas aquíferos. Existem programas que analisam o fluxo na zona não-saturada. Desta forma, estes aplicativos auxiliam em trabalhos de rebaixamento de lençol freático, análise da interferência entre poços, definição das vazões possíveis de exploração de poços, recarga e descarga de um aquífero, cálculos de reservas, gerenciamento de intrusão salina, etc. Alguns aplicativos possibilitam verificar, através da técnica de partículas (particle tracking), a origem das águas que chegam a um poço. Estes modelos são utilizados para se traçar áreas de captura de poços e que posteriormente permitirá estabelecer os perímetros de proteção de poços ou mesmo para a definição de uma rede de monitoramento de poços (Tabela 1, Ítem D).

E. Modelos de transporte de contaminantes e remediação. Estes aplicativos são utilizados para simular casos de contaminação das águas subterrâneas, tanto na zona saturada como na não-saturada, prevendo a evolução da pluma de poluentes, antevendo impactos à determinada zona ou mesmo aos poços importantes. Adicionalmente, este modelo pode ser aplicado no caso de trabalhos de descontaminação, investigando a eficácia de estratégias de limpeza de

aquíferos. Um grupo específico de programas foram desenvolvidos para a remediação ou limpeza de aquíferos e solos. Estes simulam a atuação de técnicas de descontaminação como a indução de vácuo, oxigênio, etc. (Tabela 1, Ítem E).

F. Programas para a representação geoquímica das águas. Alguns aplicativos foram desenhados para a organização e análise de dados hidrogeoquímicos. A classificação das águas e o seu comportamento geoquímico podem ser estudados através de modelos deste tipo. Estes programas geram diagramas de uso comum em hidrogeologia (*Piper, Stiff*, torta, radial e de barra), além de conversões entre unidades, e balanços de massa. Alguns modelos fazem com que os dados gerados possam ser incorporados aos SIGs, permitindo uma visão espacializada das composições das águas de um dado aquífero (Tabela 1, Ítem F).

G. Modelos hidrogeoquímica. Estes modelos são para analisar a interação das águas subterrâneas com a rocha hospedeira. A grande maioria destes aplicativos baseiam-se no equilíbrio químico das águas com o meio. É possível definir quais minerais estão sendo precipitados e quais estão sendo solubilizados; desta forma, estabelecer a evolução geoquímica das águas, prever concentrações de sais num dado meio aquoso, ou mesmo, analisar contaminações inorgânicas. Existem modelos hidrogeoquímicos acoplados a modelos de transporte de massa. A cada nova posição da pluma contaminante, nova condição hidrogeoquímica é calculada definindo espécies solubilizadas e precipitadas, alterando a composição da pluma (Tabela 1, Ítem G).

A APLICAÇÃO DE ALGUNS MODELOS MATEMÁTICOS

Considerando-se hipoteticamente um estudo de avaliação hidrogeológica para a locação de uma bateria de poços para o abastecimento de uma grande indústria ou de uma agro-vila, é possível observar como estes aplicativos podem auxiliar neste trabalho.

Qualquer estudo de avaliação vai partir da coleta de dados existentes. A consulta aos bancos de dados de poços já perfurados fornecerá indicações da hidrodinâmica do aquífero (Programas do Ítem A). Futuramente esta consulta poderá ser feita através da *Internet*. Caso existam poços de interesse, será possível estabelecer novos testes de bombeamento, que teriam seus resultados interpretados em *softwares* específicos (Ítem C). Se o aquífero em questão for do tipo fraturado, programas de computador poderiam auxiliar no tratamento de imagens de satélite ou de fotografias aéreas para definir as áreas hidrogeológicas mais promissoras para novos poços (Ítem A). Dados da geologia estrutural poderiam ser analisados em aplicativos específicos. A partir destas informações geo-hidrológicas será possível, utilizando-se um modelo matemático de fluxo (Ítem D), estabelecer a melhor distribuição dos poços na área, para que o rendimento seja otimizado (melhor produtividade *versus* distância, com o tempo). Este modelo mostrará como serão os rebaixamentos dos poços e suas interferências, bem como a área de captura das captações, permitindo assim, definir possíveis impactos a partir das atividades antrópicas existentes na região.

Após a perfuração, os dados dos testes de bombeamentos dos novos poços podem ser tratados em um dos modelos matemáticos descritos no item C, da tabela 1. Com a existência

de mais informações, se alimentaria o modelo de fluxo, estabelecendo-se assim o melhor regime de exploração do aquífero, gerenciando os bombeamentos e possíveis impactos na qualidade e na quantidade das águas dos poços.

As informações que seriam geradas nestes aplicativos poderiam ser reunidas, interpretadas, cruzadas e apresentadas em mapas ou gráficos, em programas de SIG (Ítem B). Num dado estudo, se o usuário quiser saber qual seria a qualidade natural das águas de um aquífero, teria somente que levar o cursor do computador e clicar no ponto de interesse, representado na tela do seu monitor. O programa mostraria através de um diagrama de *Stiff* as características desta água ou mesmo, através de uma tabela, a sua classificação hidroquímica. O SIG permitiria então que os dados fossem manuseados de forma interativa, otimizando os seus resultados.

A previsão dos impactos de uma pluma de contaminação também poderia ser definida através de algum dos modelos computacionais do ítem E. O poço de um vilarejo realmente seria atingido pela pluma contaminante provinda de um aterro sanitário? Em quanto tempo o contaminante atingiria o poço? Qual seria a concentração da substância? Estas e outras perguntas poderiam ser respondidas através da simulação com modelos de transporte de contaminantes. O comportamento e o movimento de poluentes poderiam ser estimados tanto para a zona saturada, como para a zona não-saturada.

Embora se desconheçam programas comerciais disponíveis para auxiliar em projetos de poços tubulares, estes poderiam ser desenvolvidos por profissionais da área. Basicamente, eles consistiriam de um *software* de desenho, acoplado a outro de base de dados, com especificações construtivas e de materiais. Desta forma seria possível gerar projetos de poços, a partir de informações como: tipo, diâmetro, profundidade do poço, definindo-se custos e tempo de construção.

OS PRINCIPAIS PROGRAMAS COMERCIAIS

A tabela 1 descreve alguns dos principais aplicativos em informática disponíveis comercialmente. Ela está dividida segundo o uso dos *softwares* e apresenta, para os de aplicação mais direta na indústria das águas subterrâneas, o custo do produto. Caso o leitor queira adquirir um dado modelo ou mesmo obter informações adicionais, sugere-se que se consulte as *Home Pages* específicas das empresas. Alguns companhias distribuidoras estão disponíveis no endereço eletrônico: International Ground Water Modeling Center (gopher://igwmc.mines.colorado.edu:3851/1); RockWare Incorporated (<http://www.aescon.com/rockware/index.htm>); Scientific Software Group (<http://www.scisoftware.com>). Para uma lista de fornecedores e fabricantes de softwares em hidrogeologia, consulte: <http://gwrp.cciw.ca/internet/commercial.html>.

Atualmente, o acesso à Internet facilitou estar atualizado sobre os últimos lançamentos do mercado. Há algumas centenas de diferentes programas nesta área (70 estão descritos aqui). Com esta profusão, a dificuldade está na seleção do modelo mais apropriado. Muitas vezes é possível obter um demonstrativo do produto, para auxiliar nesta escolha.

As ferramentas computacionais permitem, quando utilizadas criteriosamente, uma melhora significativa na qualidade e na rapidez dos trabalhos em hidrogeologia. A escolha

final do aplicativo mais adequado deve pautar-se na disponibilidade de informações, objetivos do projeto, capacitação do usuário e da máquina e preço do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PERROTA, M. 1996. Potencial aurífero de uma região no Vale do Ribeira, São Paulo, estimado por modelagem de dados geológicos, geoquímicos, geofísicos e de sensores remotos num sistema de informações geográficas. Tese de doutoramento, IGUSP, (inérita). 152pp.
- CLEARY, R & CLEARY, T. 1988. Aplicação de microcomputadores em hidrologia e poluição das águas subterrâneas. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 5. Anais....São Paulo. ABAS. p.186-195.

TABELA 1. Modelos matemáticos aplicados às águas subterrâneas.

TIPO DE PROGRAMA	NOME DO MODELO	DESCRIÇÃO	CUSTO (US\$)
A. modelos para o tratamento, apresentação, animação, da informação hidrogeológica e dos resultados	GEOPACK Geotechnical Groundwater Graphics	Análise geoestatística de dados multivariantes Base de dados que permite a construção de perfis, blocos diagramas, seções, além de gráficos hidrogeocinéticos.	2450,00
	GMS –Groundwater modeling System	Departamento de Defesa dos EUA. Pacote com modelos de fluxo, transporte (zona saturada e não-saturada), estatística, descrição, visualização e animação de dados hidrogeológicos. Acoplado a Modflow, ModPath e MT3D, SEEP2D	750,00
	Groundwater Vistas	Visualização dos dados e resultados para modelos, incluindo MODFLOW, MODPATH e MT3D, PEST, MODFLOW-SULFACT, em estado estacionário e transiente	550,00
	HYQUAL	Análise estatística de dados hidrogeocinéticos e de qualidade da água	1500,00
	MONITOR 5 for Windows	Cadastro, organização e análise de dados ambientais, incluindo de programas de monitoração	2.950,00
	PEST	Estimação de parâmetro para calibração de qualquer modelo matemático	500,00
	PMWIN	Interface de gráficos para MODFLOW, MODPATH, PMPATH, MT3D, PEST	995,00
	QUICKLOG, QUICKSOIL, QUICKCROSS/FENCE	Base de dados de água subterrânea, que inclui características hidrodinâmicas e hidrogeocinéticas dos aquíferos	1900,00
	RockWare Utilities	25 programas de análise, interpretação e apresentação de dados hidrogeológicos, incluindo gráficos hidrogeocinéticos	279,00
	RockWorks	Pacote geológico e hidrogeológico de base de dados, análise, interpretação e apresentação. Um dos mais completos nesta área	495,00
	SiteView	Visualização em 3 dimensões de dados ambientais, incluindo perfis e blocos diagramas.	495,00
	SWIPS	Sistema de processamento de informação água-solo.	1995,00
	TECHBASE	Sistema de informação geológica	1595,00
	Visual Groundwater	3D para visualização e animação de dados e resultados hidrogeológicos	
Visual MODFLOW	Ambiente integrado para MODFLOW, MODPATH & MT 3D		
WASP5/DYNNHYD5	Simulação e análise de dados de qualidade da água		
B. Sistemas de informações geo-referenciados	ARC/INFO	Sistema de Informação Geo-referenciado	
	GWN-GIS	Sistema de Informação Geo-referenciado	
	IDRISI	Sistema de Informação Geo-referenciado	
	MAPINFO	Sistema de Informação Geo-referenciado	
	ModelGIS	Interface para modelagem de água subterrânea para o software Arc/Info GIS	
	SPASE	Administrador de base de dados geo-referenciados	2000,00

C. Modelos de caracterização das propriedades hidráulicas do meio	SiteGIS	Análise de dados ambientais em investigações de remediação em subsuperfície	
	ADEPT	40 soluções para interpretação de testes de bombeamento e slug test. Utiliza o programa Mathcad 5.0 para a interpretação dos dados, com extrema eficiência	250,00
	AQTESOLV	Testes de bombeamento em aquíferos confinados, livres, fraturados e drenantes; possui pacote estatístico	695,00
	AquíferTest for Windows	Teste de bombeamento (aquíferos confinados, semi-confinados, livres) e slug test. Admite solução para poços parcialmente penetrantes, testes escalonados e eficiência de poços	595,00
	Aquífer test Toolbox	Teste de bombeamento, recuperação, escalonado e slug test em aquíferos confinados e semiconfinados e livre. Teste para condutividade hidráulica vertical	219,00
	AQUIX-4	Testes de aquíferos com vazão constante, taxa variável e teste de recuperação	295,00
	AQUIX-S	4 métodos iterativos, com análise gráfica, para slug test	295,00
	AQUIX-4S	Pacote que inclui as duas versões anteriores	495,00
	INFINITE EXTENT/Super Slug	Teste de bombeamento (aquíferos confinados, semi-confinados, livres) e slug test. Admite solução para poços parcialmente penetrantes	380,00
	MODPUMP	Cálculo dos parâmetros hidráulicos de aquíferos a partir de dados de teste de bombeamento, simulados em MODFLOW. Admite até 3 camadas e grande complexidade geológica	250,00
D. modelos de fluxo de água subterrânea	SOILPROP	Propriedades hidráulicas de solos e zona não-saturada. Estima a permeabilidade relativa em função da umidade e capilaridade	195,00
	StepMaster	Testes escalonado e de recuperação. Calcula T, S, eficiência	250,00
	TECTYPE	Conjunto modular de programas de teste de bombeamento, que inclui a análise de testes de bombeamento em qualquer situação, incluindo T direcional	750,00
	AqModel	2D, analítico, fluxo uniforme de água subterrânea, zona de captura, zonas de captura de poços	129,00
	AQUIFEM-N	Elementos finitos para fluxo em aquíferos de multi camadas, 2D ou Quasi 3D. Solução para transporte de massa em 2D	1000,00
	FLONET/TRANS	2D de plano vertical, elementos finitos para fluxo de água subterrânea. Aquíferos com geometria irregular e heterogênea. Simula as linhas de fluxo e tubos de fluxo a partir da distribuição de cargas hidráulicas. Possui pacote de transporte (Flotrans).	695,00
	FLOWCAD	2D, plano horizontal para fluxo de água subterrânea transiente, diferenças finitas, Interface de gráfica para entrada e saída de dados.	595,00
	FLOWPATH	2D, diferenças finitas, para fluxo de água subterrânea, zona de captura de poços, através de caminhamento de partículas. Recarga, balanço de água. Altamente recomendado por agências ambientais.	695,00
	FLOWTHRU	Fluxo de água subterrânea próximos a corpos de água superficiais, inclui caminhamento de partículas e zona de captura de poços. 2D vertical, elementos finitos. Recarga e evapotranspiração	300,00

GFLOW	2D analítico de fluxo do sistema água subterrânea e água superficial.	500,00
Graphic Groundwater	3D de diferenças finitas de fluxo de água subterrânea. Interface gráfica para entrada e saída de dados. Ótimo para trabalhar com Modflow.	400,00
HydroPal	Pacote para solução de parâmetros hidráulicos (analítico) e fluxo (numérico, utilizando Plasm), com particulas para definição de zonas de captura de poços	250,00
Micro-Fem	Elementos finitos para modelamento de fluxo de água subterrânea para múltiplos aquíferos em estado de equilíbrio e transiente. Possui pacote para estimação de características hidráulicas de aquíferos.	995,00
MODFLOW/386	Diferença finita em 3D do USGS (versão da Geraghty & Miller)	300,00
MODFLOWP	Estimação de parâmetros para MODFLOW	
MODFLOW/win32	Diferença finita em 3D do USGS (versão da ESI) para Window 3.28	350,00
MODRET	Infiltração de lagoa de retenção e de precipitação usando MODFLOW	
QuickFlow	Analítico de fluxo, para situações transientes e de equilíbrio. Particulas para zona de captura de poços	500,00
SWIM	Movimento e infiltração de água no solo	
TWODAN for Windows	2D, analítico, fluxo de água subterrânea, zona de captura de poços, confinado e não-confinado, heterogêneo	595,00
WinFLOW	Fluxo de água subterrânea, analítico, 2D, transiente e estacionário, com poços	450,00
3DFATMIC	3D de fluxo e transporte de micróbios e químicos. Admite análise de fluidos de densidade variável. Estado transiente e estacionário. Zona saturada e não-saturada	2000,00
3DFEMFAT	3D, elementos finitos de fluxo e transporte através de meios saturados e não-saturados. Admite fluxo de fluidos de densidade variada	1000,00
AIRFLOW/SVE	Extração de vapores do solo com componentes multi-fásicos	995,00
AQUA 2D/3D	2D e 3D de fluxo de água subterrânea e transporte. Elementos finitos, meios complexos, com poços de injeção e extração, regimes transientes e estacionários	1850,00
AT123D	1,2 e 3 D, transporte de solutos em zona saturada. Solução analítica. Risco de exposição.	425,00
BIO1D	1D para simular testes de colunas, com advecção, biodegradação e adsorção	250,00
BioF&T 2D/3D	1 e 2D (cartesiano e radial), transporte de multi-espécies dissolvidas na zona não-saturada e 2 e 3D para zona saturada. Admite meios extremamente complexos, inclusi fraturados. Variação temporal e espacial de fontes	1995,00
BIOMOD 3D	Bioremediação, comportamento e transporte em 2-,3D, elementos finitos, interface para MODFLOW	695,00
BIOPLUME II	Transporte de hidrocarbonetos dissolvidos sob influência de biodegradação com oxigênio limitado. O modelo admite advecção, dispersão, de-gradação, retardação. 4 métodos para a injeção de oxigênio	
BIOSLURP	Transporte e recuperação de hidrocarbonetos através da extração à vácuo	
BioSVE	Área degradadas por hidrocarbonetos com Vaccum Enhanced Recovery e biodegradação.	

E. Modelos de transporte de contaminantes e remediação

BIOTRANS	Transporte de várias espécies dissolvidas em decomposição com oxigênio limitado em aquíferos fraturados ou porosos.	2.595,00
CHEMFLO	Transporte e movimento da água no solo e zona não-saturada, 1D	150,00
ChemPath	3D transporte de solutos, analisa fase adsorvida e decaimento. Partículas para área de captura de poço	795,00
CUMOC - Method of Characteristic (MOC)	Famoso método de transporte de soluto em 2D (Konikow & Breddelhof), USGS, versão do Colorado University (CU), em aquíferos livres, com advecção e dispersão.	250,00
CXPFMPM, PULSE	Análiticos, 1D de transporte de solutos em aquíferos confinados e não confinados	200,00
FEMSEEP	2D de fluxo e transporte de contaminantes na zona saturada. Elementos finitos.	500,00
HST3D-ANE	3D de transporte de calor e solutos, amplo pacote gráfico e interação SIG, USGS	1000,00
KYSPILL	Fluxo de soluto e de fluidos de densidade variada, meio saturado e não saturado	495,00
MAGNAS	Simula fluxo/transporte de solutos, NAPL e gases através de meio poroso. Admite adsorção, dispersão e retenção de todas as fases. 3D, elementos finitos	
MARS 2D/3D	Recuperação de áreas degradadas por LNPL. Meio extremamente complexo, Elementos finitos	2995,00
MOC-396	Versão da Geraghty & Miller do MOC, com degradação, adsorção e troca iônica	300,00
MOC DENSE	2D, transporte de água com variação de densidade.	
MOFAT for Windows	Transporte para fluidos multi-componentes (água, óleo, gás). Elementos finitos, analisa partição	495,00
MODPATH386	Análise de partículas para o MODFLOW, versão da Geraghty & Miller.	300,00
MOTRANS	Fluxo multi-fásico e transporte de líquidos orgânicos (NAPL). Histerese, permeabilidade relativa	2995,00
MOVER	Descartaminação de aquíferos por compostos multi-fásicos (3) orgânicos. Elementos finitos, vácuo	1395,00
MS-VMS	Baseado MODFLOW, capacidade de transporte.Interface gráfica (Tecplot e Groundwater Vistas)	3685,00
MT3D96	Transporte de solutos em 3D, modular, ótimo para trabalhar com MODFLOW. Aceita pacotes pós e pré.	700,00
PESTAN	Fluxo e transporte de pesticidas (USEPA) na zona não-saturada, analítico	150,00
PRINCE	7 modelos analíticos de transporte de massa e 3 de fluxo	495,00
PRZM2	Transporte de pesticida, prevê degradação térmica, biológica, volatilização, assimilação. Permite simular irrigação, fluxo de gases (MOC), Monte Carlo	300,00
RITZ	Advecção, volatilização, degradação na zona não-saturada, K em função umidade	180,00
SESOIL	Soluto, vapor na zona não-saturada, longos períodos. Complexo comportamento contaminantes	900,00
SpillCAD	Vazamento de hidrocarbonetos, analisa volume de fase livre, concentração em solo e zonas de captura	995,00

	STAFF3D	3D, elementos finitos, meios porosos e fraturados. Transporte completo	
	SUTRA-ANE	2D transporte em meios saturados e não-saturados. Fluidos de densidade diferenciados. Pacotes gráficos, incluindo SIG, análise estatística	1400,00
	VAM2D e VAM3D	2D e 3D para transporte e fluxo na zona saturada e não-saturada	1750,00
	Venting	Remediação de aquíferos por extração à vácuo. Calcula volume de gases e líquidos	395,00
	VLEACH	1D, diferença finita, comportamento de compostos orgânicos em 3 fases: como soluto, como gás e como composto adsorvido.	100,00
	WINTRAN	Pacote modular do WINFLOW para transporte. 2D, estado estacionário, elementos finitos	550,00
F. Modelos de representação hidrogeocimica	HydroChem	Cria e apresenta diagramas de Piper e Stiff, conversão de unidades.	349,00
	Piper/Stiff	Versão Macintosh para criar e apresentar diagramas de Piper e Stiff	275,00
	PLOTCHER for Windows	Programa para plotar dados de qualidade da água (Piper, Stiff, radial, torta e barra, conversões)	695,00
G. Modelos de reações hidrogeocimicas	BALANCE	Equilíbrio químico rocha-águas subterrâneas, desenvolvidos pelo USGS	270,00
	HYDROGEOCHEM	Transporte hidrogeológico acoplado a um modelo de multi-elemento geoquímico (complexão, adsorção, troca-iônica, solubilização-precipitação, redox, actinó-base). Saturado e não-saturado. Elementos finitos.	1500,00
	MINTEQA2	Equilíbrio geoquímico (rocha-água subterrânea), a partir de especiação química	
	PHREEQE	Reações de equilíbrio geoquímico.	
	PHRQPITZ	Equilíbrio geoquímicos em ambientes de altas concentrações salinas	