

GAIA - Geoprocessamento, Computação Inteligente e Software Livre

Carlos José de Almeida Pereira¹, Lucia Helena de Oliveira Gerardi²

¹Computação/DCET, Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)
Rod. Ilhéus-Itabuna Km.16, Salobrinho, Ilhéus, Bahia, Brasil

²Prog. Pós-Graduação em Geografia/IGCE, Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Avenida 24A, no.1515, Bela Vista, Rio Claro, São Paulo, Brasil

carlao2005@gmail.com, lucia@rc.unesp.br

***Abstract.** Data analysis and problem solving techniques supplied by Soft Computing have had, lately, a great advance in their development. The integration of such techniques with the tools for computational geographic information analysis (Geocomputation) is therefore very advantageous, especially in relation to the great quantity of data normally involved in spatial matters. This study presents the implementation of two Soft Computing techniques (a Fuzzy Inference System and an Artificial Neural Network) in a software called GAIA - Artificial Intelligence Supported Geocomputation.*

***Resumo.** As técnicas de análise de dados e de busca de soluções fornecidas pela Computação Inteligente tiveram, nos últimos tempos, um grande avanço em seu desenvolvimento. A integração destas técnicas com as ferramentas computacionais de produção e análise de informações geográficas (Geoprocessamento) é muito vantajosa, especialmente com relação à grande quantidade de dados geralmente envolvida nas questões de natureza espacial. Este trabalho apresenta a implementação de duas técnicas da Computação Inteligente (um Sistema de Raciocínio Nebuloso e uma Rede Neural Artificial) em um software denominado GAIA – Geoprocessamento Apoiado por Inteligência Artificial.*

1. Introdução

Este trabalho é parte da tese de doutorado “Geoprocessamento e Computação Inteligente: Possibilidades, vantagens e necessidades” (PEREIRA, 2008), cujo objetivo principal foi o desenvolvimento de um software para auxiliar o Geógrafo em sua atividade de produção e análise de informações geográficas, inserindo-se assim na corrente do pensamento geográfico denominada de Geografia Quantitativa ou Teorético-Quantitativa. Nesta perspectiva, o espaço geográfico é estudado a partir de modelos construídos de forma teórica e validados com dados relativos a esse espaço (informações geográficas), a partir de técnicas matemáticas e/ou estatísticas. Com o uso de computadores neste processo podemos falar em Geoprocessamento, que “denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica” (CÂMARA e DAVIS, 2001, p.1).

Porém apenas a combinação de métodos matemáticos e estatísticos, executados em ambiente computacional, não é suficiente para dar conta de processar e encontrar soluções em vários tipos de aplicações devido a uma série de fatores, como descreveremos nas seções a seguir.

1.1. Computação precisa e repetitiva

Os computadores tiveram e continuam tendo uma grande evolução em suas capacidades (quantidade de memória, velocidade de processamento, etc.). Toda essa capacidade tem aplicação imediata na automação de tarefas bem definidas, determinísticas e que não exigem inteligência ou criatividade para serem executadas. Os programas de computador (software) criados para esse fim são baseados em uma sequência fixa de passos, que será executada em uma alta velocidade para se chegar ao resultado final único e precisamente definido. A dificuldade surge, obviamente, quando o problema que queremos estudar não puder ser expresso por uma sequência bem definida de passos, que leve diretamente a uma solução final única e determinística.

1.2. Crescente disponibilidade de informações geográficas

De forma análoga ao constante crescimento das capacidades de armazenamento e processamento de informações dos sistemas computacionais, também observamos um crescimento (mais ainda, uma aceleração do crescimento) do conjunto de dados disponíveis, em especial de informações geográficas. O que se observa é que a nossa capacidade de coletar, armazenar e gerenciar informações sobre a realidade excede em muito nossa habilidade de processar estes dados.

1.3. Métodos matemáticos e estatísticos complexos

Alguns métodos matemáticos e estatísticos exigem, daqueles pesquisadores interessados em seus resultados, um conhecimento profundo da teoria por trás desses métodos, nem sempre disponível, como novamente nos falam Gerardi e Silva (1981, p.1), “[...] livros estatísticos são normalmente de difícil acesso aos geógrafos uma vez que o enfoque deles é bem diferente, além do problema de que, de modo geral, o geógrafo não tem sólida base matemático-estatística”.

1.4. Computação inteligente: uma alternativa

Como contornar as dificuldades apresentadas nas seções anteriores? Este trabalho propõe a adoção de métodos e técnicas de análise de dados da Computação Inteligente no âmbito dos estudos geográficos. Computação Inteligente denomina um conjunto de técnicas computacionais cuja construção e/ou forma de funcionamento tenta reproduzir o comportamento humano ou de outros seres vivos da natureza em procedimentos de processamento e análise de dados.

As técnicas de análise de dados e de busca de soluções fornecidas pela Computação Inteligente (busca heurística, sistemas especialistas, redes neurais artificiais, algoritmos genéticos, sistemas de inferência nebulosa, entre outros) tiveram, nos últimos tempos, um grande avanço em seu desenvolvimento.

Essas técnicas têm sido utilizadas com eficácia e eficiência no tratamento de problemas complexos e/ou que possuam uma grande quantidade de dados a serem processados, sendo capazes de encontrar uma solução “satisfatória” para problemas que antes não possuíam nenhuma solução possível. A utilização dessas técnicas pela Geografia, especialmente em procedimentos de produção e análise de informações geográficas é, portanto, muito vantajosa, especialmente com relação à grande quantidade de dados geralmente envolvida nas questões de natureza espacial e que tem sido disponibilizada com o advento das modernas tecnologias de aquisição e transmissão de dados.

Portanto, buscar formas de operacionalizar a integração entre as técnicas de Computação Inteligente e as ferramentas computacionais utilizadas nos procedimentos de produção e análise de informações geográficas (Geoprocessamento) se constitui em um amplo campo de pesquisa.

2. Computação Inteligente

Originalmente conhecida por Inteligência Artificial, esta grande área de estudo da Ciência da Computação é também conhecida por diversos outros nomes: Sistemas Inteligentes, Computação Bio-inspirada e Soft Computing, cuja forma de construção é inspirada no comportamento humano ou de outros seres vivos da natureza: “Inteligência Artificial significa o desejo de replicar, emular ou simular as características mais importantes da inteligência biológica através de sistemas computacionais para resolver problemas práticos” (OPENSHAW; OPENSHAW, 1997, p.17).

A grande diferença entre a computação convencional (“hard”) e os sistemas inteligentes (“soft”) é que os primeiros são construídos para realizarem um processamento que tenha uma sequência de passos bem definida e que não permita nenhum tipo de processamento alternativo, enquanto que os sistemas inteligentes são projetados para, em certa medida, se adaptarem a novas situações, descobrirem relações entre fatos (expressos nos dados de entrada) e aprenderem com base em sua experiência. Esta forma de operação pode fornecer, para várias classes de problemas, soluções mais satisfatórias (ou até mesmo soluções aproximadas onde antes não existia nenhuma solução possível!) que as fornecidas pela computação convencional.

Conforme apontam Openshaw e Openshaw (1997, p.24), as técnicas da computação inteligente têm a potencialidade de se tornarem uma importante “caixa de ferramentas”, cujo uso nos estudos geográficos proporcionará:

- a criação de novos e melhores modelos de sistemas humanos espaciais;
- o desenvolvimento de novos e melhores métodos para análise espacial;
- a criação de novas abordagens para velhos problemas;
- a busca da solução de problemas que antes eram insolúveis;
- a condução estudos mais realísticos do ponto de vista geográfico;
- a possibilidade de uso da imensa quantidade de informação geográfica que tem sido criada desde o advento da tecnologia dos Sistemas de Informações Geográficas;
- a aplicação da computação aos estudos mais qualitativos da Geografia.

3. O software GAIA

Foi desenvolvida, como um dos objetivos deste trabalho, uma ferramenta computacional para auxiliar em procedimentos de produção e na análise de informações geográficas através da integração de técnicas de Computação Inteligente e ferramentas de Geoprocessamento, em especial um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Esta ferramenta recebeu o nome de GAIA¹ — Geoprocessamento Apoiado por Inteligência Artificial.

1 O nome Gaia, Géia ou Gê, é utilizado como prefixo para designar as diversas ciências relacionadas com o estudo do planeta. Na mitologia grega, Gaia é a personificação da Terra como Deusa.

Para agilizar seu desenvolvimento, o software GAIA foi construído como um sistema de apoio que deve ser utilizado em conjunto com o software TerraView, um SIG desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e disponibilizado como Software Livre, isto é, qualquer pessoa tem acesso livre ao programa e a seu código-fonte, não só para utilizá-lo para qualquer objetivo (educacional, científico ou mesmo comercial) mas também e principalmente para estudar sua construção interna, podendo até realizar alterações em seu funcionamento, contribuindo assim com o seu desenvolvimento. Também o desenvolvimento e a disponibilização do GAIA seguirá esta filosofia².

Tanto o GAIA quanto o TerraView foram desenvolvidos utilizando a biblioteca TerraLib, também desenvolvida pelo INPE e disponibilizada como Software Livre (CÂMARA et al, 2000). A TerraLib é uma biblioteca que fornece funções para a decodificação de dados geográficos, estruturas de dados espaço-temporais e algoritmos de análise espacial, além de propor um modelo para um banco de dados geográficos (VINHAS; FERREIRA, 2005, p.383). Apresentamos na figura 1 um esquema representativo de como as tecnologias envolvidas são interligadas para o desenvolvimento e funcionamento do GAIA:

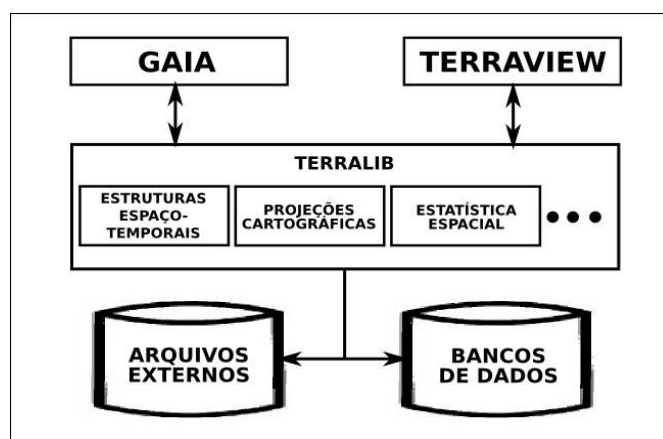


Figura 1. Integração entre o GAIA, o TerraView e a TerraLib. Adaptado de (VINHAS; FERREIRA, 2005, p.384).

A operação conjunta do GAIA com o TerraView permitirá que procedimentos básicos para a manipulação de informações geográficas, tais como importação de dados, definição de elipsóides de referência e projeções cartográficas, visualização gráfica de mapas, entre outras, serão realizadas pelo software TerraView. Este software é bastante poderoso e de utilização bem fácil, porém não traz nenhum recurso de análise de dados utilizando alguma técnica da computação inteligente. O GAIA será responsável, portanto, pela aplicação de técnicas provenientes da computação inteligente a esses dados.

Como podemos notar pela figura 1, o sistema opera sobre um banco de dados único, responsável por armazenar as informações geográficas que serão manipuladas. A TerraLib (e por consequência o TerraView e o GAIA) têm a capacidade de trabalhar com diversos Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBDs), tais como Oracle, Oracle Spatial, MySQL, PostgreSQL e PostGIS. Estes gerenciadores permitem o funcionamento do GAIA e o TerraView em rede, isto é, os dados geográficos podem

2 O GAIA está disponível no link <http://starfighterclarla.blogspot.com/2008/08/doutorado-geoprocessamento-e-computao.html>

estar centralizados em apenas um computador, permitindo que vários pesquisadores utilizem esses dados em seus próprios computadores, através da rede. Optou-se, no âmbito deste trabalho, pela utilização do SGBD MySQL, devido a sua facilidade de instalação e também pelo fato de ser software livre.

No desenvolvimento do GAIA utilizou-se, além da TerraLib, a biblioteca GTK+, para a construção da interface gráfica com o usuário. O software foi desenvolvido nas linguagens de programação C e C++, no sistema operacional livre GNU/Linux (distribuição Ubuntu 7.10), utilizando-se o ambiente integrado de desenvolvimento (IDE) NetBeans. O processamento de dados via lógica nebulosa foi realizado através da biblioteca FISPRO (Fuzzy Inference System Professional), desenvolvida pelo Département de Mathématiques et Informatique Appliquées, do Institut national de la recherche agronomique, França, e também disponibilizada como Software Livre.

Por se tratar de software livre, outros pesquisadores poderão adaptar o GAIA para funcionar em outros sistemas operacionais, tais como o Microsoft Windows ou Apple Mac OS X.

Atualmente, encontra-se disponível um live-cd baseado na distribuição Ubuntu 7.10, contendo o GAIA, o servidor de banco de dados MySQL e todos os dados utilizados nos exemplos de aplicação do software. Alguns dos resultados obtidos podem ser observados na próxima seção.

4. Exemplos de resultados de análises especiais obtidos com o GAIA

Apresentaremos a seguir, a título de ilustração, alguns resultados obtidos com o GAIA em procedimentos de elaboração de um mapa temático de fertilidade do solo (utilizando um Sistema de Inferência Nebuloso) e de mapas temáticos de agrupamentos identificados através de uma Rede Neural Artificial. Para acesso aos detalhes completos sobre os procedimentos realizados, inclusive a um guia passo-a-passo e dados para a reprodução completa das análises efetuadas, consultar PEREIRA (2008).

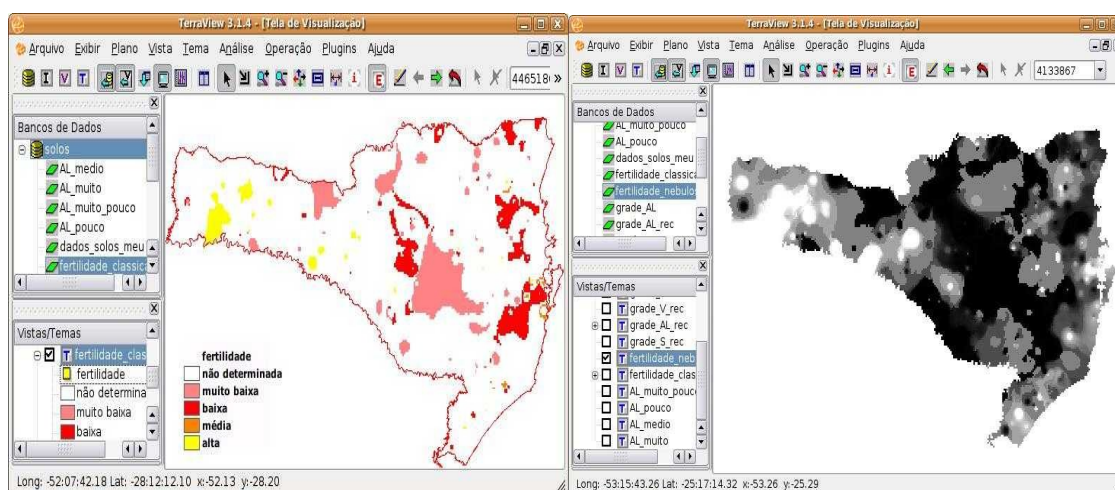


Figura 2. Classes de fertilidade do solo geradas através do método tradicional e via sistema de inferência nebuloso

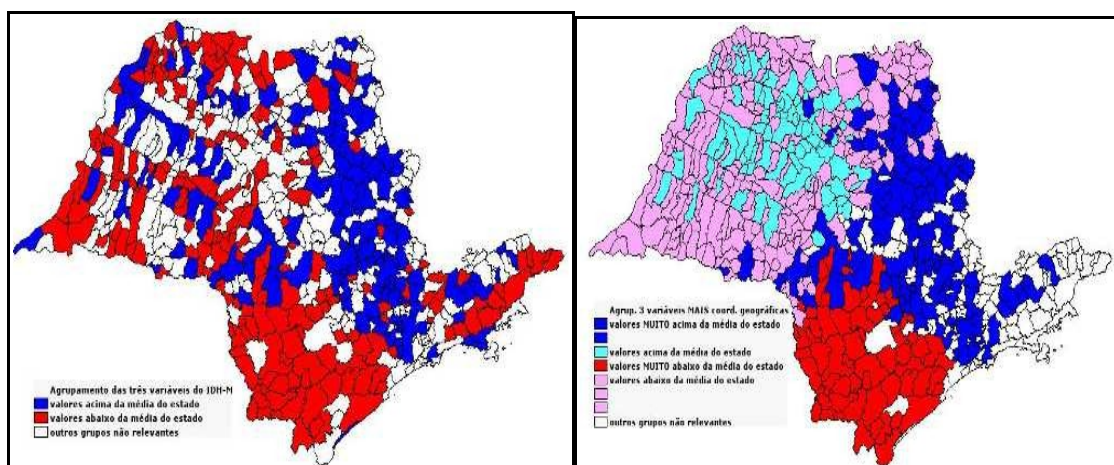


Figura 3. Agrupamentos espaciais identificados através de uma rede neural artificial.

Referências

- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; PEDROSA, B.; VINHAS, L.; MONTEIRO, A. M. V.; PAIVA, J. A.; CARVALHO, M. T.; GATTASS, M. TerraLib: Technology in Support of GIS Innovation. In: Simpósio Brasileiro em Geoinformática, n.2, 2000, São Paulo. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/terralib/docs/papers/TerraLib_Paper_GeoInfo2000.pdf>. Acesso em 29.julho.2007.
- GERARDI, L.; SILVA, B. N. Quantificação em Geografia. São Paulo: DIFEL, 1981. 161p.
- OPENSHAW, S.; OPENSHAW, C. Artificial Intelligence in Geography. Chichester: Wiley, 1997. 329p.
- VINHAS, L.; FERREIRA, K. R. Descrição da TerraLib. In: CASANOVA, M.; CÂMARA, G.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G. R. (eds) Bancos de Dados Geográficos. Curitiba: MundoGEO, 2005. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/>>. Acesso em 29.julho.2007.
- PEREIRA, C. J. Geoprocessamento e Computação Inteligente: Possibilidades, vantagens e necessidades. Rio Claro, 2008. 193p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista (UNESP). Disponível em <<http://starfightercarlaro.blogspot.com/2008/08/doutorado-geoprocessamento-e-computao.html>>. Acesso em 20/5/2009.