7ª JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFSULDEMINAS
4º SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO
12 de novembro de 2015 | Poços de Caldas - MG

ALGORITMOS GENÉTICOS EM EQUAÇÕES NÃO LINEARES PARA ESTIMATIVA DA TAXA MÁXIMA DE CRESCIMENTO DO FRUTO DA LICHIA

Lucas Eduardo de Oliveira APARECIDO[1]; Nilva Alice GASPAR[2]; Tiago Gonçalves BOTELHO[3]

RESUMO

Parcerias realizadas de forma interdisciplinar fizeram com que muitas áreas se desenvolvessem com mais agilidade. Hoje, tornou-se comum observarmos parcerias entre áreas distintas como computação e a biologia. Parcerias estas fizeram com que técnicas como Algoritmos Genéticos fossem desenvolvidas. Esta técnica tem grande usabilidade, principalmente em problemas de otimização. A obtenção de máximos e mínimos de equações não lineares se tornaram muito úteis para solução de problemas. Para representar o crescimento e desenvolvimento de plantas, são utilizadas equações não lineares. Por exemplo, a lichia expressa seu crescimento através de vinte e quatro equações não lineares. Estas equações necessitam de um conhecimento avançado para serem resolvidas. Por isso, o objetivo do presente trabalho é desenvolver um algoritmo genético que encontre os máximos e mínimos destas equações, facilitando assim este processo. Além da implementação, foi realizado uma avaliação do método em relação a sua eficiência em convergir ao melhor resultado possível.

INTRODUÇÃO

A computação sofreu um grande avanço tecnológico nos últimos tempos. Isso se deve ao fato de que várias áreas trabalharam juntas e conseguiram resultados

[1] Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Campus Jaboticabal/SP. E-mail: lucasedap.bol@hotmail.com
[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho. Muzambinho /MG. E-mail: nilva_alice@hotmail.com
[3] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Muzambinho. Muzambinho /MG. E-mail: tiago.botelho@muz.ifsuldeminas.edu.br

muito satisfatórios, como por exemplo a computação e biologia. Há ocasiões em que uma pede auxílio ou se inspira na outra (FERNANDES, 2005).

Baseado neste fato, surgiu-se então uma técnica chamada de Algoritmos Genéticos (AG). Esta técnica é baseada nas teorias da Evolução e Seleção Natural dos Seres idealizada por DARWIN (1859). A evolução dos seres ocorre na reprodução dos indivíduos pela combinação dos cromossomos (CATARINA, 2005).

Para isso, o algoritmo utiliza procedimentos iterativos que simulam o processo de evolução de uma população (SOBRINHO, 2003). O fluxograma a seguir contém as etapas de como são as iterações realizadas pelo algoritmo (FERNANDES, 2005):

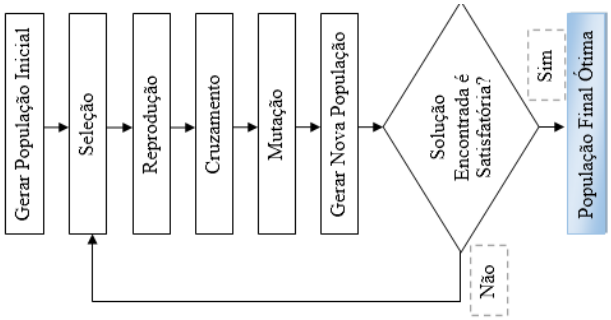

Figura 1 – Fluxograma AG

Os AG são utilizados em diversos problemas como otimização de funções matemáticas, problema do caixeiro viajante, problema de otimização de rota de veículos, otimização de layout de circuitos, otimização de distribuição, máximos e mínimos de equações não lineares, entre outras (PACHECO, 1999).

Equações não lineares têm sido utilizadas de forma ampla em diversas áreas. Um exemplo de sua utilização é na agricultura em atividades como: ajuste e curvas para dinâmica e disponibilização de nutrientes no sistema solo-planta; modelos de crescimento de espécies vegetais; (TORALLES et. al, 2004). Existem vários métodos para se calcular equações não lineares como: Método de estimação por mínimos quadrados; Método de simulação; Método de Monte Carlo via cadeias de Markov; (PRADO, 2011). Cada um destes métodos tem suas particularidades, restrições e principalmente complexidades (PRADO, 2011).

O fruto da Lichia tem seu crescimento estabelecido de acordo com equações não lineares que expressam o desenvolvimento da planta. Essas equações foram obtidas pelo método de regressão linear observando o comportamento real do fruto.

Visto que, trabalhar com estas equações sem o auxílio de uma ferramenta adequada torna-se muito complexo, o objetivo deste trabalho é implementar a técnica

de Algoritmos Genéticos para obter a taxa máxima de crescimento do fruto da lichia utilizando as vinte e quatro equações não lineares.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizada a linguagem de programação Java com o compilador Eclipse Luna. Os AG têm várias propriedades que precisam ser definidas:

- **Método de Seleção:** Roleta. Cada indivíduo é representado na roleta pelo seu grau de aptidão, sendo que os mais aptos tem chances maiores de serem sorteados que os demais DAVIS (1989).
- **Cruzamento:** Um-Ponto. Para este tipo de cruzamento, um ponto é escolhido e a partir dele as informações genéticas dos pais serão trocadas (DAVIS, 1989).
- **Taxa de Mutação:** 5%. Ou seja, logo após o cruzamento, há 5% de chance de algum dos genes sofrer mutação.
- **Tamanho da População Inicial:** Definida de forma aleatória o tamanho população inicial pode ser ajustado para: 50, 100, 150 ou 200.
- **Função de Aptidão:** Foi utilizado como função de aptidão a quantidade de iterações ajustáveis em: 1000, 2000, 3000 ou 4000 iterações.

Para estimar a taxa máxima de crescimento da lichia, foram utilizadas vinte e quatro equações, agrupadas em quatro grupos:

1. **AET (Evapotranspiração Atingível):** As equações não-lineares a seguir representam a taxa de crescimento do fruto da lichia para matéria úmida (FM), matéria seca (DM), comprimento (LE), diâmetro (DI), volume (VO) e quantidade de frutos (FN) com relação as taxas e AET na atmosfera:

$$FM = \frac{21{,}7}{1 + 340{,}6 * e^{(-0{,}02 * \sum AET)}} \quad DM = \frac{5{,}48}{1 + 359{,}2 * e^{(-0{,}03 * \sum AET)}}$$

$$LE = \frac{35{,}6}{1 + 4{,}6 * e^{(-0{,}01 * \sum AET)}} \quad DI = \frac{32{,}2}{1 + 9{,}7 * e^{(-0{,}01 * \sum AET)}}$$

$$VO = \frac{18{,}2}{1 + 61{,}8 * e^{(-0{,}02 * \sum AET)}} \quad FN = 18{,}6 + \frac{92{,}4}{1 + e^{(\sum AET / 54{,}9)}}$$

Figura 2 – Equações AET

2. **Graus Dias (DD):** A Figura 3 a seguir expressa o crescimento do fruto da lichia em relação aos graus dias (diretamente relacionado com a temperatura):

$$FM = \frac{21{,}8}{1 + 511{,}8 * e^{(-0{,}01 * \sum DD)}} \quad DM = \frac{5{,}5}{1 + 535 * e^{(-0{,}08 * \sum DD)}}$$

$$LE = \frac{35,9}{1 + 4,7 * e^{(-0,04 * \sum DD)}} \quad DI = \frac{33}{1 + 10,9 * e^{(-0,003 * \sum DD)}}$$

$$VO = \frac{18,4}{1 + 78,7 * e^{(-0,005 * \sum DD)}} \quad FN = 18 + \frac{91}{1 + e^{(\sum DD / 240,9)}}$$

Figura 3 – Equações DD

3. **Evapotranspiração Potencial (PET):** A Figura 4 a seguir descreve as equações não-lineares utilizando como parâmetro o valor de PET:

$$FM = \frac{21,7}{1 + 423,8 * e^{(-0,02 * \sum PET)}} \quad DM = \frac{5,4}{1 + 463,8 * e^{(-0,02 * \sum PET)}}$$

$$LE = \frac{35,8}{1 + 4,6 * e^{(-0,01 * \sum PET)}} \quad DI = \frac{32,5}{1 + 10,2 * e^{(-0,01 * \sum PET)}}$$

$$VO = \frac{18,2}{1 + 70,2 * e^{(-0,01 * \sum PET)}} \quad FN = 18,2 + \frac{90,1}{1 + e^{(\sum PET / 67,3)}}$$

Figura 4 – Equações PET

4. **Déficit Hídrico (WD):** O último grupo de equações são as que representam o crescimento da planta em relação ao déficit hídrico:

$$FM = \frac{21,8}{1 + 7247,5 * e^{(-0,29 * \sum WD)}} \quad DM = \frac{5,5}{1 + 9794,7 * e^{(-0,34 * \sum WD)}}$$

$$LE = \frac{38,6}{1 + 4,45 * e^{(-0,09 * \sum WD)}} \quad DI = \frac{35,5}{1 + 17,5 * e^{(-0,10 * \sum WD)}}$$

$$VO = \frac{18,6}{1 + 400,4 * e^{(-0,20 * \sum WD)}} \quad FN = 13,5 + \frac{86,2}{1 + e^{(\sum WD / 13,2)}}$$

Figura 5 – Equações WD

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 6 a seguir mostra o resultado da execução do AG para o grupo de equações WD com o tamanho da população inicial igual a 50 e interagindo 1000 vezes (quantidade mínima de iterações):

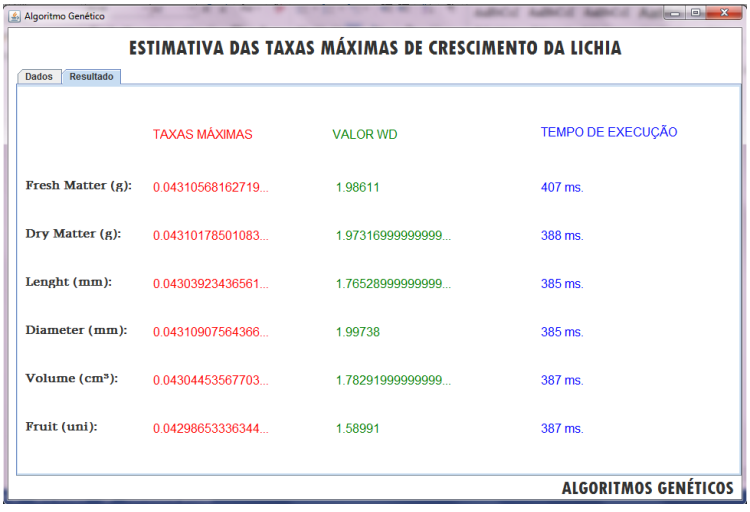

Figura 6 – Execução 1 WD

A Figura acima mostra a taxa máxima de crescimento do fruto, o valor WD correspondente para se chegar naquela taxa de crescimento e o tempo gasto na execução de cada etapa.

A Figura 7 a seguir mostra o resultado do mesmo grupo de equações (WD), com o tamanho da população também igual a 50, porém com o número de iterações igual a 4000:

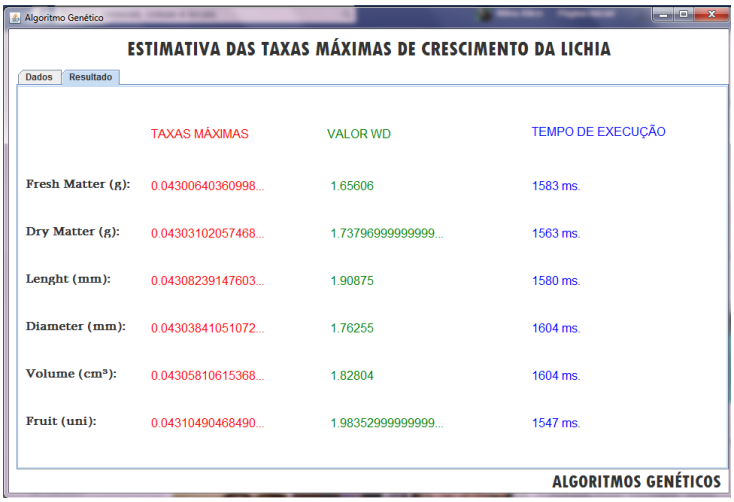

Figura 7 – Execução 2 WD

Teóricamente, quanto mais iterações o algoritmo executar, mais preciso é o resultado apresentado (DAVIS, 1989). No exemplo acima, o algoritmo executou 4 vezes mais do que no exemplo mostrado pela Figura 6 e ao observar os resultados, nota-se que a taxa máxima de crescimento não apresentou uma diferença expressiva. No entanto, o tempo de execução do algoritmo praticamente quadriplicou. A Tabela 1 a seguir mostra esta comparação para o comprimento do fruto (Lenght) para os dois exemplos apresentados:

Tabela 1 - Comparação

Iterações ->	**1000**	**4000**
Taxa Máxima	0,04303923436561	0,0408239147603
WD	1,76528999999999	1,90875
Tempo de Execução	358 ms	1580 ms

CONCLUSÕES

Com tudo que foi apresentado, conclui-se que a técnica de algoritmos genéticos é eficiente e com boa usabilidade. Esta faz com que problemas complexos, principalmente relacionada à otimização, tenham suas soluções apresentadas em

pouco tempo. É possível mostrar que o algoritmo consegue convergir a um resultado ótimo em poucas iterações, não exigindo um tempo maior de processamento.

Como proposta para trabalhos futuros, implementar o algoritmo para que ele receba diversas equações não-lineares, sem necessitar de incluí-la no código fonte. Isso fará com que, qualquer tipo de equação não-linear passe a ser executada pelo algoritmo.

REFERÊNCIAS

CATARINA, A.S. Algoritmos evolutivos aplicados ao processo de análise de dados geográficos. São José dos Campos: [s,n], 2005.

DARWIN, C. On the Origin Old Species: by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life, Fictionwise Classic : London, 1859.

DAVIS, L. Adapting operator probabilities in Genetic Algorithms: Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms. San Mateo, 61-69. 1989.

FERNANDES, A.M.R. Inteligência Artificial: noções gerais. 2 imp. Florianópolis: VisualBooks, 2005.

PACHECO, M. A. C., Algoritmos Genéticos: Práticas e Aplicações. 1999. Disponível em: http://www.ica.ele.puc-rio.br/downloads/38/ce-apostila-comp-evol.pdf. Acesso em 04 de agosto de 2015

PRADO, T. K. L. D.; Modelos não lineares no crescimento do fruto do coqueiro. 2011. 92 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras

SOBRINHO, C. “Uma Análise das Aplicações dos Algoritmos Genéticos em Sistemas de Acesso à Informação Personalizada”,2003

TORALLES, R. P. et al. Caracterização parcial do escurecimento enzimático pela polifenoloxidase em pêssegos das cv. Granada, Jade, Esmeralda e Maciel. Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 10, n. 1, 9 241-244, mar 2004