

APLICAÇÃO DE ALGORITMO *BIO* INSPIRADO PARA REFINAMENTO DE RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO PARA ÁREA ESPECÍFICA

VINÍCIUS TESSELE^{1*}, AUGUSTO VAGHETTI LUCHESE²
ARNALDO CANDIDO JUNIOR³

¹Estudante do programa de pós-graduação stricto sensu em tecnologias computacionais para o agronegócio, UTFPR, Medianeira-PR, vinicius_tessele@hotmail.com;

²Dr. em Agronomia, Prof. UFPR, Palotina-PR, aluchese@gmail.com;

³Dr. em Informática, Prof. UTFPR, Medianeira-PR, arnaldocan@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: Algoritmos *bio* inspirados, são derivados da inteligência artificial, que tem por característica principal a inspiração do seu modelo nos seres vivos. Estes algoritmos podem ser aplicados em diversas áreas do conhecimento, de modo a resolver problemas complexos, como na mineração de dados, busca e otimização, aprendizagem de máquina, detecção de falhas e anomalias. Neste experimento o sistema imunológico artificial (SIA) está sendo aplicado na agricultura no processo de refinamento de adubação. Sabendo que a adubação correta é de fundamental importância para o desenvolvimento das plantas, a utilização de algoritmo SIA para a otimização da adubação pode ser uma alternativa viável e econômica no campo. E tem como propósito aumentar a eficiência produtiva e econômica das áreas e também a racionalização do uso de fertilizantes.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema Imunológico Artificial; Agricultura; Adubação; Inteligência artificial.

APPLICATION OF ALGORITHM *BIO* INSPIRED FOR REFINING RECOMMENDATION OF FERTILIZATION FOR SPACE AREA

ABSTRACT: Bio-inspired algorithms are derived from artificial intelligence, whose main characteristic is the inspiration of its model in living beings. These algorithms can be applied in several areas of knowledge to solve complex problems such as data mining, search and optimization, machine learning, fault detection and anomalies. In this experiment the artificial immune system is being applied in agriculture in the process of fertilization refinement. Knowing that the correct fertilization is of fundamental importance for the development of the plants, the use of SIA algorithm for the optimization of fertilization can be a viable and economical alternative in the field. And it has as purpose to increase the productive and economic efficiency of the areas and also the rationalization of the use of fertilizers.

KEYWORDS: Artificial Immune System, Agriculture, Fertilization, Artificial Intelligence.

INTRODUÇÃO

Algoritmos *bio* inspirados é uma técnica da inteligência artificial que tem por finalidade desenvolver ferramentas que contenham comportamento e características biológicas para seu funcionamento. Com aplicação em diversas áreas do conhecimentos estes algoritmos são empregados na

resolução de problemas complexos como mineração de dados, busca e otimização, aprendizagem de máquina, detecção de falhas e anomalias. (Pila, 2015).

A área de otimização tem se beneficiado no últimos anos pelo surgimento de diversas propostas de algoritmos que sejam aplicados em problemas reais e obtiveram resultados encorajadores. Os problemas de otimização podem apresentar diferentes formas como uni-objetivo no qual existe apenas um critério a ser otimizado, outros como multi-objetivo que apresentam múltiplos critérios a serem otimizados, podem possuir apenas um único ótimo global ou apresentar múltiplos ótimos. (Coelho & Zuben, 2009).

Como parte da computação evolutiva os algoritmos genéticos possuem como princípio a teoria da evolução das espécies, descrita por Darwin, com isso o algoritmo tem por objetivo avaliar a capacidade dos indivíduos da população a sobreviver e a de se reproduzir e espera-se que características dos indivíduos sejam transferidas para gerações futuras. (Artero, 2009). Sistemas imunológicos artificiais (SAI) fazem parte dos algoritmos genéticos e sua característica é utilizar conceitos do sistema imunológico dos seres vivos, para Abbas, Lichtman & Pillai (2012) o sistema imunológico (SI) representa a defesa do organismo contra agentes infecciosos, são mecanismos de proteção que podem eliminar as substâncias estranhas que por ventura possam se estabelecer no organismo. Ao identificar um antígeno as células do organismos sofrem o processo de expansão clonal das células específica a combater o antígeno.

Os SIA se apropriam das características da SI como a expansão clonal, que é a possibilidade das células sofrerem sua proliferação após ser exposta a um agente infeccioso, outra característica é a especialização, as células respondem especificamente a cada agente infeccioso assim maximizando a sua eficiência, outro fator importante são as células de memória, que tem por finalidade manter por longos períodos as características de reconhecimento do antígeno, para que em nova infecção as respostas imune sejam rápidas.

O objetivo é estudar o método para a aplicação da SIA na agricultura de modo que a reposição dos nutrientes do solo sejam mais eficiente, utilizando o algoritmo de rede imunológica artificial.

Artificial Imune NETwork (aiNet) proposto por De Castro & Timmis (2002) tem por finalidade de refinar a recomendação de adubação da área estudada, para que isso aconteça o desenvolvimento de uma aplicação que possa receber os dados de entrada e efetue o processamento e que no final apresentem os melhores resultados, então podemos considerar que o algoritmo se destina a otimização e busca de resultados ótimos dentro de um conjunto de possibilidades.

MATERIAL E MÉTODOS

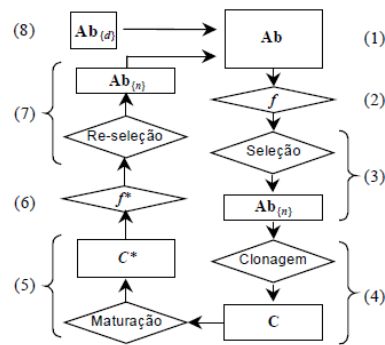
A classificação da pesquisa realizada sobre SIA e o seu algoritmo aiNet é de cunho experimental de natureza aplicada. Conforme se expôs anteriormente, o problema que norteia a pesquisa é a aplicação de algoritmo aiNet para que seja feita o refinamento da adubação em área específica. A aposta é que tal algoritmo possa ser aplicado com sucesso na agricultura maximizando a produtividade e minimizando as despesas inerentes a adubações inadequadas.

A adubação na prática é a reposição dos nutrientes que a planta exige e o que o solo pode fornecer, acrescentando ainda a quantidade perdida. Silva (2009) conclui que a análise de solo, tem por objetivo conhecer o grau de fertilidade do solo e fornece informações suficientes para uma adequada reposição, com a intenção do melhoramento produtivo.

Sabendo que o algoritmo de SIA pode ser utilizado no processo de otimização, com seu uso busca-se, no presente trabalho, encontrar a recomendação ideal para reposição dos nutrientes necessários para a produção de alfaves em uma dada área específica.

O Algoritmo aiNet tem o propósito geral em encontrar um modelo reduzido de dados pela eliminação de redundância em um conjunto de dados (Stibor & Timmis, 2007). O objetivo do algoritmo aiNet é encontrar anticorpos a partir de sua afinidade, em uma concentração de antígenos no modelo computacional; o qual representa um modelo matemático inspirado na estrutura neural de um organismo inteligente. Estes adquirem conhecimento por meio da experiência (De Castro & Zuben, 2002). O aiNet é a evolução do algoritmo de seleção clonal no processo de treinamento da rede conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do algoritmo de seleção clonal, CLONALG – Problema de Otimização.



Fonte: (De Castro, 2001)

O Fluxograma apresentado na figura 1 é descrito da seguinte maneira;

Passo 1 Iniciado uma população Ab de anticorpos.

Passo 2 Vetor de afinidades f é criado em relação aos anticorpos Ab.

Passo 3 São selecionados os melhores anticorpos para que sejam clonados.

Passo 4 Processo de clonagem dos Ab de anticorpos selecionados.

Passo 5 Após o processo de clonagem os novos clones sofrem o processo de mutação por afinidade, dando origem a uma nova célula C*.

Passo 6 É determinado um novo processo de afinidade f * das células C*.

Passo 7 Re-seleciona os melhores células C* em relação ao antígeno, os anticorpos com melhor afinidade com o antígeno são selecionados como células de memória.

Passo 8 Resultado de uma nova seleção de indivíduos, Ab(d) substitui os anticorpos Ab.

A evolução proposta De Castro e Timmis (2002) que dá a origem ao aiNet e são acrescentados as seguintes características.

Passo 6 Se a média de fitness da população não for alterado significativamente, continue, caso contrário volte a passo 1.

Passo 7 Determinar a similaridade dos indivíduos aos pares e suprima o que tiver o menor fitness.

Passo 8 Verificação do tamanho da população.

Passo 9 Introduza novos indivíduos aleatoriamente e proporcionalmente a população atual.

Mutação por afinidade é realizada de acordo com a expressão seguinte:

$$c' = c + \alpha N(0,1),$$

$$\alpha = (1 / \beta) \exp(-F^*),$$

C é a célula pai que será clonada, c' é célula clone após sofrer a mutação, N(0,1) sendo N uma variável aleatória gaussiana de média 0 e desvio padrão $\sigma = 1$, β é o parâmetro que controla o decaimento da inversa exponencial da função, f * é a aptidão de um indivíduo normalizada da célula clone. (De Castro & Timmis. 2002).

Algoritmo pôde ser implementado na linguagem *object pascal* utilizando a ferramenta de desenvolvimento Delphi na versão Xe10, ferramenta que possibilita o desenvolvimento multiplataforma através de seus *framework FireMonkey (FMX)*, conforme exposto por Duarte (2015).

O aplicativo por ter características multiplataforma pode ser utilizados em computadores equipados com o sistema operacional Windows ou aparelhos móveis como *smartphones* ou *tablets* que utilizem o sistema operacional *android*.

As principais funcionalidades da aplicação podem ser destacadas como:

- a) Permitir alteração dos dados de parâmetro, e ajustar conforme a necessidade do experimento;
- b) Cadastrar e identificar os tratamentos do experimento;
- c) Efetuar o lançamento da produção por tratamento cadastrado;
- d) Gerar novas recomendações de adubação;
- e) Visualizar recomendações anteriores.

Quadro 1 – Algoritmo aplicado no experimento

Algoritmo de aprendizado do aiNet aplicado no experimento

Parâmetros de entrada NrClones, NrClonesGerados, VlrN, VlrP, VlrK, VlrProduto, Beta, MinN, MinP, MinK, MaxN, MaxP, MaxK, TmPopulacao

1. Gerar adubação aleatória para criação de uma população inicial de igual tamanho de TmPopulacao.
2. Obter NrClones dos melhores resultados de produção
 - 2.1. Para 1 até NrClones faça
 - 2.1.1. $F := QteA * VlrProduto - QteN * VlrN - QteP * VlrP - QteK * VlrK;$
 - 2.1.2. FimPara
 - 2.2. Para 1 até NrClonesGerados faça
 - 2.2.1. Repita
 - 2.2.1.1. $\alpha = (1 / \beta) \exp(-F *)$
 - 2.2.1.2. $c' = c + \alpha N(0,1)$
 - 2.2.1.3. até que nutrienteN > -1 e nutriente < MaxN
 - 2.2.2. Repita
 - 2.2.2.1. $\alpha = (1 / \beta) \exp(-F *)$
 - 2.2.2.2. $c' = c + \alpha N(0,1)$
 - 2.2.2.3. até que nutrienteP > -1 e nutriente < MaxP
 - 2.2.3. Repita
 - 2.2.3.1. $\alpha = (1 / \beta) \exp(-F *)$
 - 2.2.3.2. $c' = c + \alpha N(0,1)$
 - 2.2.4. até que nutrienteK > -1 e nutriente < MaxK
 - 2.2.5. FimPara

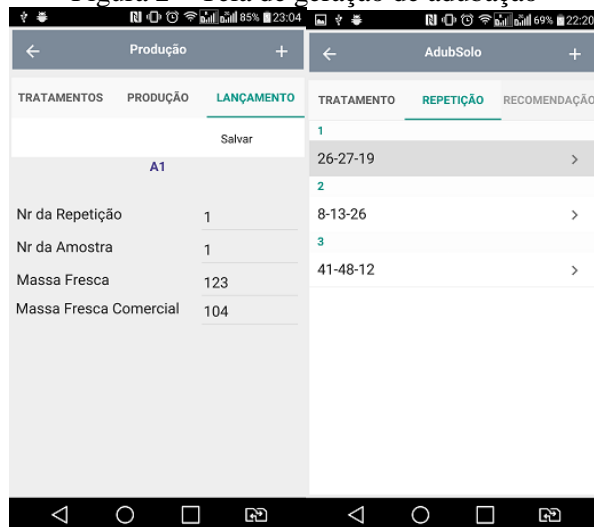
A versão do algoritmo utilizado neste experimento pode ser vista no quadro 1. No qual foram feitas alterações do algoritmo original proposto por De Castro & Timmis (2002) para atender as necessidades do problema a ser solucionado da reposição de nutrientes.

O aplicativo recebe os valores de parâmetros pré-definidas. 1) A aplicação inicialmente gera uma conjunto aleatório de recomendações obedecendo os valores máximos (MaxN) e mínimos (MinN) para total da população parametrizada (TmPopulacao). 2) Em seguinte o aplicativo seleciona em ordem decrescente os tratamentos com as melhores produtividades, obedecendo a quantidade de células a serem clonadas (NrClone). 2.1) Em seguida a aplicação entra em o loop para o cálculo da função de custo (F), para cada um dos tratamentos a serem clonados. 2.1.1) Para a função de custos é considerado o valor do produto em Kg vendido no mercado atual e menos os valores dos nutrientes por Kg no mercado atual. 2.2) Neste passo a aplicação entra em loop até o critério de parada que é o número de clones a serem gerados (NrClonesGerados). 2.2.1) Um novo loop é iniciado de modo a calcular a aptidão média da população, tendo como parâmetro de supressão valores menores que 0 e maiores que o MaxN da recomendação, a operação ocorre até encontrar valores diferentes dos mencionados acima, caso contrário retorna ao passo 2.2.1. Nos passos 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3 correspondem aos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e cloreto de potássio (K).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aplicativo multiplataforma que pode ser utilizados em *smartphones* e *tablets* com sistema operacional *android* ou computadores *desktop* e *notebooks* com sistema operacional *Windows*, facilitando a sua utilização por parte dos usuários.

Figura 2 – Tela de geração de adubação



Fonte: (autoria própria)

Deve se destacar que a aplicação desenvolvida pode ser aplicada em diversas culturas agrícolas por se tratar de um aplicativo parametrizado, podendo ser alterado os valores dos nutrientes, do produto a ser cultivado, tamanho da população, quantidade de tratamentos a serem clonados e a quantidade de clones a serem gerados, até mesmo a quantidade de iterações podem ser modificados. Porém para a efetividade do algoritmo, há a necessidade da realização de inúmeras iterações para que o algoritmo aprenda e apresente resultados satisfatórios.

CONCLUSÃO

Sabendo que o algoritmo aiNet vem sendo utilizados largamente no processo de otimização e busca de ótimos globais em várias áreas do conhecimento, pressupôs que a aplicação deste, para área agrícola seja viável e com resultados favoráveis a sua utilização.

REFERÊNCIAS

- Abbas, A. K.; Lichtman, A. H.; Pillai, S. H. I. V. Imunologia celular e molecular. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- Coppin, Bem. Inteligência artificial. Rio de Janeiro. LTC. 2013.
- De Castro, L. N. Engenharia imunológica: Desenvolvimento e aplicação de ferramentas computacionais inspiradas em sistemas imunológicos artificiais. Tese de Doutorado em Engenharia elétrica. Universidade estadual de Campinas, Campinas. 2001.
- De Castro, L, N; Timmis, J. Artificial Immune Systems: a new computational intelligence approach. London, Uk: Springer, 2002.
- Coelho, G. P., Zuben, F. J. V. Uma proposta imuno-inspirada para Omni-Otimização
- Duarte, W. Delphi para Android e iOS: Desenvolvendo Aplicativos Móveis. Rio de Janeiro: Brasport, 2015.
- Pila, A. D. História e terminologia a respeito da computação evolutiva. Revista Ciências Exatas e Tecnologia. 2006. Faculdade Comunitária de Santa Bárbara.
- Silva, F. C. (Ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.
- STIBOR, T.; TIMMIS, J. An investigation on the compression quality of aiNet. In: Foundations of Computational Intelligence, 2007. FOCI 2007. IEEE Symposium on. IEEE, 2007.