

# Uso do algoritmo genético artificial para o melhoramento genético de gado bovino em Angola

## *Use of artificial genetic algorithm for genetic improvement of cattle in Angola*

 Francisco João Pinto\*

Agostinho Neto University, UNINET- Center for Studies, Scientific Research and Advanced Training in Computer Systems and Communication, University Campus of the Camama, S/N, Luanda-Angola. E-mail: [francisco.pinto@uan.ao](mailto:francisco.pinto@uan.ao), [fjoapinto@yahoo.es](mailto:fjoapinto@yahoo.es)

\*Autor para correspondência: Francisco João Pinto. E-mail: [francisco.pinto@uan.ao](mailto:francisco.pinto@uan.ao), [fjoapinto@yahoo.es](mailto:fjoapinto@yahoo.es)

**RESUMO:** O objectivo geral deste trabalho é utilizar o algoritmo genético artificial como ferramenta para o melhoramento genético de bovinos em Angola. A utilização desta ferramenta para o melhoramento genético de bovinos visa aumentar a produção de carne e leite através da selecção e cruzamento de animais com características desejáveis. O governo angolano tem investido em programas de desenvolvimento pecuário, incluindo repovoamento de gado e melhoramento genético. O melhoramento genético do gado em Angola, como em outras regiões, visa melhorar as características genéticas dos animais para aumentar a produção de carne, leite ou outras características desejadas, como precocidade e qualidade da carne. Isso é feito por meio da selecção de animais com boas características, do uso de técnicas como a inseminação artificial e do manejo dos rebanhos para garantir a evolução genética ao longo do tempo. Assim, o melhoramento genético tem contribuído não só para gerar um animal mais produtivo e precoce, mas também para ganhos ligados à resistência a ambientes adversos, doenças e parasitas. Os resultados demonstram que a inseminação artificial tem sido a biotecnologia de reprodução mais bem-sucedida e eficaz na produção animal em Angola, sendo responsável por taxas de aumento genético na pecuária leiteira em torno de 1,0 a 1,5%. Ela revolucionou a população de gado leiteiro comercial nos últimos anos, permitindo a disseminação de genótipos superiores em larga escala.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento pecuário, Inseminação artificial, Inteligência artificial.

**ABSTRACT:** The general objective of this work is to use the artificial genetic algorithm as a tool for the genetic improvement of cattle in Angola. The use of this tool for genetic improvement of cattle aims to increase meat and milk production through the selection and crossing of animals with desirable characteristics. The Angolan government has invested in livestock development programs, including cattle restocking and genetic improvement. Genetic improvement of livestock in Angola, as in other regions, seeks to improve the genetic characteristics of animals to increase the production of meat, milk, or other desired characteristics, such as precocity and meat quality. This is done through the selection of animals with good characteristics, the use of techniques such as artificial insemination, and the management of herds to ensure genetic evolution over time. Thus, genetic improvement has contributed not only to generating a more productive and precocious animal, but also to gain resistance to adverse environments, diseases and parasites. The results demonstrate that artificial insemination has been the most successful and effective reproduction biotechnology in animal production in Angola, being responsible for genetic increase rates in dairy farming of around 1.0 to 1.5%. It has revolutionized the commercial dairy cattle population in recent years, allowing the dissemination of superior genotypes on a large scale.

**Keywords:** Livestock, Artificial insemination, Artificial intelligence.

## INTRODUÇÃO

A genética bovina é o ramo da genética animal que estuda e aplica os princípios da hereditariedade na pecuária. As características físicas e produtivas do gado são transmitidas de geração em geração (Weiblen y Nogueira, 2015).

O objetivo do melhoramento genético bovino em Angola é, em geral, alcançar níveis mais elevados de produção, produtividade e/ou qualidade do produto. O melhoramento genético é uma ferramenta essencial para produtores que

desejam aumentar a eficiência e a rentabilidade da pecuária (Minagrif, 2021).

O melhoramento genético do gado bovino, ao longo da história, passou por diversas fases, desde a domesticação inicial até a aplicação de técnicas modernas de seleção e cruzamento. A evolução visa otimizar características como produção de carne e leite, adaptabilidade e resistência a doenças, aumentando a produtividade e a eficiência do gado (Rosa et al., 2013; Larson y Fuller, 2014).

Existem quatro fases de melhoramento genético:

Recibido: 14/06/2025

Aceptado: 28/10/2025

**Conflito de interesses:** O autor deste trabalho declara nenhum conflito de interesses

A menção de marcas registadas de equipamentos, instrumentos ou materiais específicos é para fins de identificação, não existindo qualquer compromisso promocional em relação aos mesmos, nem por parte dos autores nem da editora.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



- a. Domesticação e seleção empírica: A história do melhoramento genético começa com a domesticação do gado, onde a seleção inicial era baseada em características visíveis e úteis para a subsistência;
- b. Padronização racial: A partir do século XIX, com a introdução do gado europeu e zebu no Brasil, houve um esforço para padronizar raças e características desejáveis, como forma e beleza;
- c. Seleção e cruzamento: A seleção artificial começou a ser utilizada para escolher animais com características superiores para reprodução, buscando estabelecer características desejáveis e melhorar a produção;
- d. Desenvolvimento da genética e da biotecnologia: permitiu uma maior compreensão da hereditariedade e a aplicação de técnicas como inseminação artificial, fertilização in vitro e transferência de embriões, acelerando o progresso genético (Baruselli, 2020).

A selecção de animais geneticamente superiores permite o aprimoramento de características de interesse económico, como ganho de peso, fertilidade, resistência a doenças e qualidade de carcaça, impactando directamente na produtividade e competitividade do sistema de produção. No entanto, para que um programa de melhoramento genético tenha sucesso, é essencial compreender seus princípios, definir objectivos claros e adoptar técnicas adequadas (Zart *et al.*, 2013). Neste trabalho, abordaremos os conceitos essenciais, principais etapas e ferramentas disponíveis para acelerar o progresso genético do rebanho.

A produção animal pode ser aumentada de duas maneiras fundamentais: A primeira é melhorando o ambiente em que o gado é condicionado, por meio de avanços nutricionais, sanitários e/ou reprodutivos, sendo este um processo temporário e custoso devido à mão de obra e aos insumos (Poulson, 2024). A segunda é por meio do melhoramento genético, realizado por meio de algoritmo genético artificial, por meio de selecção genética, sistemas de acasalamento e técnicas de cruzamento, em que os melhoramentos proporcionam mais tempo que o primeiro, porém, seus ganhos são praticamente permanentes (Zart *et al.*, 2013).

O património genético do rebanho está directamente relacionado à eficiência do sistema de produção. Neste contexto, as boas práticas de manejo, saúde e nutrição animal promovem a máxima expressão do potencial genético do gado.

O algoritmo genético (AG) é um método para resolver problemas de optimização restritos e irrestritos baseado na selecção natural e na evolução biológica. O AG modifica repetidamente uma população de soluções individuais. A cada etapa, o algoritmo genético selecciona indivíduos da população actual para serem pais e os utiliza para produzir os filhos da próxima geração. Ao longo de gerações sucessivas, a população “evolui” em direcção a uma solução óptima. Podemos aplicar o AG para resolver uma variedade

de problemas de optimização que não são adequados para algoritmos de optimização padrão, incluindo problemas nos quais a função objectivo é descontínua, não diferenciável, estocástica ou altamente não linear (Tomoiağă *et al.*, 2013).

Objectivos e benefícios do melhoramento genético do gado bovino em Angola:

- a. Aumento da produtividade: Melhorar a produção de carne, leite ou outras características desejadas;
- b. Melhora da qualidade: Melhorar a qualidade da carne, como maciez ou qualidade do leite;
- c. Resistência a doenças: Seleccionar animais mais resistentes a doenças, reduzindo perdas por enfermidades;
- d. Segurança alimentar: Contribuir para a segurança alimentar e a redução da dependência de importações de carne e leite;
- e. Precocidade: Reduzir o tempo de crescimento e o tempo para atingir a idade reprodutiva, aumentando a eficiência produtiva.

### Algoritmo genético

AGs são um ramo de algoritmos evolucionários e como tal podem ser definidos como uma técnica de busca baseada numa metáfora do processo biológico de evolução natural.

Nos AGs populações de indivíduos são criados e submetidos aos operadores genéticos: selecção, recombinação (crossover) e mutação. Estes operadores utilizam uma caracterização da qualidade de cada indivíduo como solução do problema em questão chamada de avaliação e vão gerar um processo de evolução natural destes indivíduos, que eventualmente deverá gerar um indivíduo que caracterizará uma boa solução (talvez até a melhor possível) para o nosso problema (Gerges *et al.*, 2018).

Definindo de outra maneira, podemos dizer que AGs são algoritmos de busca baseados nos mecanismos de selecção natural e genética. Eles combinam a sobrevivência entre os melhores com uma forma estruturada de troca de informação genética entre dois indivíduos para formar uma estrutura heurística de busca (Burkhardt y Ruiz, 2023).

A reprodução e a mutação são aplicadas em indivíduos seleccionados dentro da nossa população. A selecção de ser feita de tal forma os indivíduos mais aptos sejam seleccionados frequentemente do que aqueles menos aptos, de forma que as boas características daqueles passem a predominar dentro da nova população de soluções. De forma alguma os indivíduos menos aptos têm que ser descartados da população reprodutiva. Isto causaria uma rápida convergência genética de todas as soluções para um mesmo conjunto de características e evitaria uma busca mais ampla pelo espaço de soluções (Tavares *et al.*, 2004).

A convergência genética se traduz em uma população com baixa diversidade genética que, por possuir genes similares, não consegue evoluir, a não ser pela ocorrência de mutações aleatórias que sejam positivas. Isto pode ser traduzido em outro conceito interessante que é a perda da

diversidade, que pode ser definida como sendo o número de indivíduos que nunca são escolhidos pelo método de selecção de pais. Quanto maior for a perda de diversidade, mais rápida será a convergência do nosso AG (Luque-Rodriguez et al., 2022).

#### Funcionamento de um AG

O funcionamento de um AG, pode ser resumido algorítmicamente através dos seguintes passos Jansen y Weyland (2007):

- Inicialize a população de cromossomas.
- Avalie cada cromossoma na população.
- Selecione os pais para gerar novos cromossomas.
- Aplice os operadores de recombinação e mutação a estes pais de forma a gerar os indivíduos da nova população.
- Apague os velhos membros da população.
- Avalie todos os novos cromossomas e insira-os na população.
- Se o tempo acabou, ou melhor cromossoma satisfaz os requerimentos e desempenho, retorne-o, caso contrário, volte para o passo c).

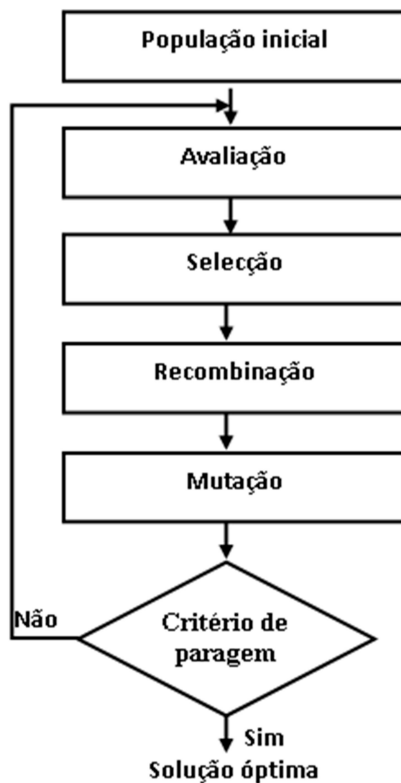


Figura 1. Funcionamento de um AG.

Num AG o processo geralmente começa a partir de uma população de indivíduos gerados aleatoriamente e é um processo iterativo. Em cada geração, a aptidão de cada indivíduo na população é avaliada. Indivíduos mais aptos

são seleccionados estocasticamente da população actual. A nova geração é usada na próxima iteração do algoritmo. Comumente, o algoritmo termina quando um número máximo de gerações foi produzido ou um nível de aptidão satisfatório foi atingido para a população (Pétrowski y Ben-Hamida, 2017).

#### Etapas e técnicas de melhoramento genético

- Seleção:** Identificação e selecção de animais com características genéticas superiores, como maior crescimento, ganho de peso, qualidade da carne ou resistência a doenças.
- Reprodução:** Utilização de técnicas como inseminação artificial, transferência de embriões ou outras estratégias para garantir a multiplicação de animais seleccionados e a transmissão de seus genes para a próxima geração.
- Gestão de rebanhos:** A organização e gestão de rebanhos, incluindo a criação e engorda de animais, o uso de pastagens adequadas e a prevenção de doenças para garantir o desenvolvimento adequado dos animais e a perpetuação da evolução genética.

#### Métodos de selecção de gado para o melhoramento genético

- Seleção Ancestral:** Este método utiliza o desempenho dos ancestrais para identificar características com baixa ou média herdabilidade. Durante esse processo, são colectadas informações dos ancestrais de um determinado bovino, quando informações individuais sobre o animal não estão disponíveis.
- Seleção por parentes:** Neste método, os bovinos são seleccionados com base em informações dos registros de produção de seus parentes (valores fenotípicos).
- Seleção de Progênie:** Esta selecção avalia o valor genético do macho com base no comportamento de sua progênie. Principalmente porque o pai oferece metade de seu material genético aos filhos. Este teste de progênie é o método ideal para seleccionar machos, especialmente quando uma característica desejada se manifesta apenas na fêmea.
- Seleção individual:** A selecção individual é baseada no valor fenotípico do gado (registros de produção). Este método é o mais utilizado para o melhoramento genético de gado. Embora seja essencial definir características que possam ser medidas no indivíduo, a selecção individual se limita basicamente aos valores fenotípicos. De fato, a selecção de um indivíduo ocorre pela antecipação de seu genótipo com base em seu fenótipo.

#### Uso da técnica de inseminação artificial em bovinos

A rápida disseminação dessa tecnologia, deveu-se a uma combinação de factores genéticos, económicos e técnicos. O uso da mesma permitiu a implementação de

testes de progênie e, conseqüentemente, a avaliação do mérito genético de touros em muitos rebanhos. Além disso, permitiu a disponibilização dos melhores genótipos para toda a população animal. Segundo Baruselli *et al.* (2019) a pesquisa genética está beneficiada por esta mesma tecnologia, pois permite o uso dos touros em vários rebanhos.

Por outro lado, esta tecnologia tem sido a biotecnologia de reprodução mais bem-sucedida e eficaz na produção animal, sendo responsável por taxas de aumento genético na pecuária leiteira de cerca de 1,0 a 1,5% ao ano. Ela revolucionou a população de gado leiteiro comercial nos últimos 50 anos, permitindo a disseminação de genótipos superiores em larga escala. Em alguns países, praticamente 100% das vacas leiteiras são acasaladas por esta mesma tecnologia.

### Visão geral da inseminação artificial em Angola

A inseminação artificial de bovinos em Angola é uma prática que visa melhorar a produção e a genética por meio da introdução de sêmen de touros seleccionados no útero da vaca sem contacto directo (De Carvalho *et al.*, 2021). Este método permite o acasalamento com raças mais adaptadas e de melhor desempenho, mas exige treinamento de pessoal, materiais específicos e a correcta observação da fertilidade e do desejo sexual para a inseminação no momento ideal, conforme indicado por outras organizações pecuárias. É a introdução mecânica do sêmen do touro directamente no trato reprodutivo da vaca, evitando o acasalamento natural (Ferreira *et al.*, 2021).

### Objectives Oblectivos de inseminação artificial emAngola (Minagrif, 2021)

- a. Melhoramento genético: Permite a utilização de sêmen de touros e raças genéticas de alta qualidade, mais bem adaptados às condições ambientais de Angola, promovendo bovinos mais produtivos e resilientes.
- b. Maior eficiência reprodutiva

### Etapas do processo

- a. Identificação da fertilidade e do desejo sexual: A vaca é observada atentamente para identificar sinais de fertilidade e desejo sexual (estar receptiva ao acasalamento e não acasalamento em outras vacas);
- b. Preparação do sêmen: O sêmen é congelado em palhetas dentro de um tanque de nitrogénio líquido;
- c. Introdução do sêmen: O sêmen é introduzido no útero da vaca usando um aplicador.

### Material necessário

Cilindro de nitrogénio, palhetas para sêmen, luvas descartáveis, pinça.

### Considerações gerais

- a. Treinamento: A técnica requer pessoal treinado e familiarizado com a anatomia animal e o manuseio de equipamentos;
- b. Higiene: É essencial manter a limpeza adequada dos materiais, e condições insalubres podem comprometer a fertilidade.

### RESULTADOS

A inseminação artificial no gado bovino em Angola oferece resultados de melhoramento genético e produtividade, permitindo a utilização de sêmen de touros superiores, cruzamento de raças adaptadas ao clima local com raças de outros países e o aproveitamento de sêmen de animais de alto valor. Para ser bem-sucedida, a IA em

Em Angola, como em qualquer lugar, requer um manejo adequado, incluindo nutrição, sanidade, conforto animal e o uso de equipamentos apropriados, além de pessoal treinado. Vantagens principais:

- a. Melhoramento genético: Permite a introdução de características desejáveis no rebanho, como maior potencial produtivo, ao usar sêmen de touros geneticamente superiores.
- b. Aproveitamento de touros: O sêmen de um único touro pode ser usado para inseminar centenas de vacas, otimizando o uso do reprodutor e reduzindo custos de manutenção de um touro na propriedade.
- c. Cruzamento de raças: Possibilita a combinação do sêmen de touros europeus com vacas criadas em Angola, resultando em animais com maior rusticidade e produtividade, adaptados às condições tropicais.
- d. Utilização de sêmen especial: Permite o uso de sêmen de touros que morreram ou estão incapacitados para monta natural, garantindo a continuidade do melhoramento genético, como é o caso da inseminação artificial em tempo fixo que permite a ovulação mesmo em vacas sem ciclos regulares.

Os estudos demonstram que para a obtenção dos melhores resultados é necessário as seguintes condições:

- a. Manejo e pessoal qualificado: A inseminação artificial exige operadores bem treinados e o uso de equipamentos específicos para garantir a saúde do rebanho e a eficiência do processo.
- b. Sanidade: A limpeza inadequada de instrumentos ou condições insalubres podem diminuir a fertilidade e aumentar a propagação de doenças, especialmente se o sêmen não for de touros devidamente testados.
- c. Registo individual: É fundamental ter um sistema de registos individuais para cada animal, para um controle e acompanhamento adequados de cada indivíduo.



A utilização de algoritmo genético artificial como ferramenta para o melhoramento genético do gado em Angola visa aumentar a produção de carne e leite através da selecção e cruzamento de animais com características desejáveis (Minagrif, 2021).

A biotecnologia de reprodução tem sido exitosa na produção animal, sendo responsável por taxas de aumento genético na pecuária leiteira de cerca de 1,0 a 1,5% ao ano, pois ela revolucionou a população de gado leiteiro comercial nos últimos 50 anos, permitindo a disseminação de genótipos superiores em larga escala. Em alguns países, praticamente 100% das vacas leiteiras são acasaladas por esta tecnologia. A Figura 2, representa a inseminação artificial em bovinos.



**Figura 2.** Inseminação artificial em bovinos. <https://www.cpt.com.br/cursos-bovinos-gadodeleite/inseminacao-artificial-em-bovinos-convencional-e-em-tempo-fixo>

## DISCUSSÃO

A inseminação artificial no gado bovino em Angola pode melhorar a produtividade através da disseminação de características genéticas superiores, reduzir custos com a manutenção de reprodutores e minimizar a transmissão de doenças. Contudo, a sua implementação requer investimento em treinamento de pessoal, rigorosos protocolos de higiene e o acompanhamento técnico, garantindo que as fêmeas a serem inseminadas estejam em perfeitas condições de saúde e ciclo estral.

A inseminação artificial tem os seguintes benefícios:

- Melhoria genética:** Permite o uso de sêmen de touros provados com características superiores, disseminando genética de alta qualidade para todo o rebanho e aumentando a produtividade e qualidade do gado.
- Redução de custos:** Reduz a necessidade de manter um grande número de touros na propriedade, diminuindo custos com alimentação e infraestrutura.

- Segurança sanitária:** Minimiza o risco de transmissão de doenças através do sêmen, protegendo a saúde do rebanho.
- Flexibilidade no manejo:** Possibilita a organização dos acasalamentos e a sincronização dos partos, facilitando o manejo sanitário e nutricional da criação.
- Se propõem os seguintes e requisitos para uma melhor inseminação artificial:**
  - Capacitação técnica:** Necessidade de investir em treinamento de equipes para dominar as técnicas avançadas de inseminação artificial, e investir em programas de capacitação.
  - Saúde animal:** É fundamental inseminar apenas fêmeas em perfeitas condições de saúde, especialmente as que não tenham apresentado irregularidades no ciclo estral.
  - Práticas de higiene rigorosas:** Exigir um controle sanitário rigoroso em todas as etapas, incluindo o manuseio do sêmen, o descongelamento do material, a limpeza do ambiente e a esterilização dos instrumentos.
  - Infraestrutura:** Requer a disponibilidade de equipamentos e insumos adequados, como sêmen de qualidade, laboratórios para processamento e armazenamento, e veterinários qualificados.
  - Gestão do processo:** É preciso implementar um sistema de gestão eficiente, que inclua a detecção precisa do cio ou a utilização de protocolos de sincronização em tempo fixo para maximizar as taxas de sucesso.

## CONCLUSÕES

Podemos concluir que a utilização de algoritmos genéticos para o melhoramento genético de bovinos é uma ferramenta poderosa para transformar a pecuária, tornando-a mais eficiente, rentável e sustentável. Os resultados da pesquisa demonstram que a inseminação artificial tem sido a biotecnologia de reprodução mais bem-sucedida e eficaz na produção animal em Angola, sendo responsável por taxas de aumento genético na pecuária leiteira da ordem de 1,0 a 1,5%. Revolucionou a população de gado leiteiro comercial nos últimos anos, permitindo a disseminação de genótipos superiores em larga escala. Ao investir em melhoramento genético, pecuaristas podem otimizar a produção, reduzir custos e agregar valor aos seus produtos, contribuindo para o desenvolvimento do sector. Além disso, o produtor não só garante melhores resultados económicos, como também contribui para a sustentabilidade e o futuro da pecuária. O melhoramento genético é uma das estratégias mais poderosas para aumentar a produtividade e a rentabilidade da pecuária.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARUSELLI, P.S.: “Evolução da inseminação artificial em fêmeas bovinas de corte e de leite no Brasil”, *Boletim eletrônico do Departamento de Reprodução Animal/FMVZ/USP*, 4, 2020.
- BARUSELLI, P.S.; CATUSSI, B.L.C.; ABREU, L.Â. de; ELLIFF, F.M.; SILVA, L. da G. da; BATISTA, E.S.; CREPALDI, G.A.: “Evolução e perspectivas da inseminação artificial em bovinos”, *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 43(2): 308-314, 2019.
- BURKHART, M.C.; RUIZ, G.: “Neuroevolutionary representations for learning heterogeneous treatment effects”, *Journal of Computational Science*, 71: 102054, 2023, ISSN: 1877-7503.
- DE CARVALHO, B.C.; CHITITTI, G.M.; IMBELLONI, J.C.G.: *Inseminação artificial em gado bovino, [en línea]*, 2021, Disponible en: <https://sistemafamato.org.br/senarmt/wp-content/uploads/sites/2/2023/08/Cartilha-84-MT-Inseminacao-Artificial-em-Bovinos.pdf>.
- FERREIRA, A.M.; FERREIRA DE SÁ, W.; VIANA, J.H.M.; CAMAGO, L.S.A.: *Inseminação artificial em gado bovino, [en línea]*, Inst. Portal Embrapa recursos genéticos e biotecnologia e gado de leite, 2021, Disponible en: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao/>.
- GERGES, F.; ZOUEIN, G.; AZAR, D.: “Genetic algorithms with local optima handling to solve sudoku puzzles”, En: *Proceedings of the 2018 international conference on computing and artificial intelligence*, pp. 19-22, 2018.
- JANSEN, T.; WEYLAND, D.: “Analysis of evolutionary algorithms for the longest common subsequence problem”, En: *Proceedings of the 9th annual conference on Genetic and evolutionary computation*, pp. 939-946, 2007.
- LARSON, G.; FULLER, D.Q.: “The evolution of animal domestication”, *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 45(1): 115-136, 2014, ISSN: 1543-592X.
- LUQUE-RODRIGUEZ, M.; MOLINA-BAENA, J.; JIMENEZ-VILCHEZ, A.; ARAUZO-AZOFRA, A.: “Initialization of feature selection search for classification”, *Journal of Artificial Intelligence Research*, 75: 953-983, 2022, ISSN: 1076-9757.
- MINAGRIF: *Melhoramento genético do gado bovino, [en línea]*, Inst. Ministério de agricultura e florestas. Órgão oficial da Republica de Angola., Luanda, Angola, 2021, Disponible en: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ang215085.pdf>.
- PÉTROWSKI, A.; BEN-HAMIDA, S.: *Evolutionary algorithms*, Ed. John Wiley & Sons, vol. 9, 2017, ISBN: 1-84821-804-4.
- POULSON, L.J.J.: *Formação e desenvolvimento do sistema agroalimentar do milho na província do Huambo/Angola*, Ed. Universidade Regional de Blumenau (Brazil), 2024, ISBN: 979-8-3103-4446-4.
- ROSA, A. do N.; MARTINS, E.N.; MENEZES, G.R. de O.; SILVA, L.O.C. da: *Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa*, Ed. Embrapa, 2013, ISBN: 85-7035-256-5.
- TAVARES, J.; MACHADO, P.; CARDOSO, A.; PEREIRA, F.B.; COSTA, E.: “On the evolution of evolutionary algorithms”, En: *European Conference on Genetic Programming*, Ed. Springer, pp. 389-398, 2004.
- TOMOIAGÁ, B.; CHINDRIȘ, M.; SUMPER, A.; SUDRIA-ANDREU, A.; VILLAFILA-ROBLES, R.: “Pareto optimal reconfiguration of power distribution systems using a genetic algorithm based on NSGA-II”, *Energies*, 6(3): 1439-1455, 2013, ISSN: 1996-1073.
- WEIBLEN, R.; NOGUEIRA, A.: *Melhoramento genético animal 2.*, Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2015.
- ZART, A.L.; NICACIO, A.C.; DO GITO, A.A.; GONDO, A.; SOUZA, A.: *Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa*, Ed. Embrapa, editores técnicos: António do Nascimento Rosa [et al]. ed., Brasília, DF : Embrapa, 256 p., 2013, ISBN: 978-85-7035-256-9.