

Algoritmos genéticos como ferramenta de suporte à decisão no planejamento de produção de um laticínio

Algoritmos Genéticos como Ferramenta de Suporte à Decisão no Planejamento de Produção de um Laticínio

Genetic Algorithms as Decision Support Tool in the Planning of Production of a Dairy

Wesley Osvaldo Pradella Rodrigues¹

José Francisco dos Reis Neto²

Celso Correia de Souza³

Resumo: O sucesso de todo empreendimento econômico depende fundamentalmente do planejamento rigoroso e bem estruturado, para facilitar as tomadas de decisões. Nos empreendimentos industriais esse planejamento é o primeiro instrumento no qual o industrial deve se basear para atingir seus objetivos. Os modelos matemáticos são os grandes aliados do empreendedor para a simulação de situações idealizadas, que não poderiam ser testadas no empreendimento real, mas que são fundamentais nas tomadas de decisões. A técnica dos algoritmos genéticos, modelo matemático pertencente às meta-heurísticas, é eficiente na busca de soluções otimizadas, ou aproximadamente ótimas, numa grande variedade de problemas, dado que não possuem as diversas das limitações encontradas nos métodos tradicionais de busca. Nesse trabalho de pesquisa utilizou-se a técnica dos algoritmos genéticos na tomada de decisão no planejamento de produção de uma cooperativa de leite que dispõe de uma variedade de insumos para a produção de determinados produtos derivados do leite visando o maior retorno econômico e atendendo determinadas limitações da fábrica. Os resultados foram considerados muito bons visto que foi possível planejar a produção, atendendo as restrições da cooperativa, ao mesmo tempo propiciando o maior retorno financeiro.

Palavras-chave: Algoritmos genéticos. Tomada de decisão. Cooperativa de leite. Otimização.

Abstract: The economic success of any enterprise depends crucially on rigorous and well structured planning to facilitate decision-making. In industrial projects this planning is the first instrument on which industrials must be based to achieve their goals. The mathematical models are the great entrepreneur's allies to idealized situations simulation, which they could not be tested in actual venture, but which are fundamental in decision-making. The technique of genetic algorithms, mathematical model belonging to meta-heuristics, it is efficient in search engine optimized solutions, or approximately great, in a wide variety of problems, since they do not have the various limitations found in traditional search methods. This research work has been used the technique of genetic algorithms in decision-making in planning production of a milk cooperative, it has a variety of inputs for the production of certain milk products aiming a greater economic return and attending certain limitations of the factory. The results were considered very good since it was possible to plan the production, attending the constraints of the cooperative, while providing the greatest financial return.

Keywords: Genetic algorithms. Decision-making. Cooperative milk. Optimization.

¹ Bacharel em Administração pela Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal - UNIDERP, Brasil. Mestrando em Agronegócios pela Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Brasil. Contato: wesley174@uol.com.br.

² Professor da Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal - UNIDERP, Brasil. Possui Mestrado em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Brasil. Contato: jfreisneto@terra.com.br.

³ Professor da Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal - UNIDERP, Brasil. Possui Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Brasil. Contato: csouza939@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

A utilização das ferramentas computacionais na indústria vem crescendo, impulsionada pela necessidade de obter produtividade e rentabilidade. A necessidade da implantação de alternativas de técnicas, equipamentos e recursos que beneficiem o planejamento e o controle do processo produtivo ocorrem em razão do aumento de competitividade no setor.

Diante da necessidade de se adotar decisões mais ajustadas com os objetivos de produção de uma empresa tais como: melhorar produtividade, reduzir desperdícios e ociosidade de máquinas e pessoas, minimizar custos, entre outros, tem propiciado um ambiente fértil para aplicações de metodologias qualitativas e quantitativas de solução de problemas industriais.

No que tange a metodologias quantitativas, verifica-se que técnicas matemáticas provenientes da teoria dos algoritmos genéticos passam a ter um espaço importante como ferramentas gerenciais para a solução de problemas ligados à área de planejamento da produção.

O planejamento da produção em qualquer organização industrial constitui num dos principais aspectos estratégicos, principalmente no setor lácteo em que a concorrência é muito acirrada devido à existência de empresas muito competitivas disputando esse mercado. Assim, diante da crescente competitividade interna no país, os reflexos da globalização que abre o mercado a produtos estrangeiros, podem prejudicar o desempenho de uma empresa que não dispõe de recursos humanos e estratégicos eficientes no seu planejamento da produção, como acontece nas pequenas cooperativas de leite.

Problemas de otimização, envolvem a maximização ou minimização de funções de variáveis num determinado domínio, normalmente definido por um conjunto de restrições nessas variáveis, estão ligados à pesquisa operacional. Já os problemas de programação linear, que são uma classe particular de problemas de otimização, são muito aplicados nos campos da organização e da gestão econômica, em que o objetivo e as restrições são dadas como funções matemáticas e relações funcionais.

O conceito de algoritmos genéticos é muito utilizado da resolução de modelos de programação linear, sendo algoritmos de buscas estocásticas que têm desenvolvimento e funcionamento vinculados à genética, em que todas as novas espécies são produzidas por meio de uma seleção natural em que o mais apto sobrevive gerando descendentes.

Segundo Viana (1998), o algoritmo genético básico é o que realiza as seguintes funções: inicializa a população de cromossomos; avalia cada cromossomo da população; cria novos cromossomos a partir da população atual (realiza cruzamento e mutação); e termina, se o critério de fim for alcançado, se não, reinicializa.

Este trabalho tem como objetivo simular a aplicação dos algoritmos genéticos como ferramenta de tomada de decisão no planejamento da produção em uma cooperativa de leite, que por sua vez dispõe de insumos limitados para a produção de determinados produtos lácteos, visando o maior retorno econômico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tomada de decisão

O planejamento agroindustrial é de importância fundamental para a obtenção de bons resultados econômicos, sendo feito através da elaboração do conjunto de metas que se pretende atingir, e das técnicas e recursos disponíveis para se chegar até elas. Com isso, é possível antever com precisão os

resultados de estratégias de ação, bem como detectar e corrigir possíveis falhas durante sua execução (SOUZA et al., 2010).

A tomada de decisão é o processo de responder a um problema, procurando e selecionando uma solução ou ação que irá criar valor para os acionistas da organização, sendo o problema de diversas naturezas, como o de procurar os melhores recursos, decidir como fornecer um serviço ou saber como lidar com um competidor agressivo. O processo de decisão compreende basicamente a análise de variáveis em um dado contexto e a obtenção, a partir das mesmas, de uma informação que sirva de resposta e, auxilie a tomada de decisão, o que poderia ser muito difícil, ou muito trabalhoso, se fosse feito sem recursos computacionais, seja devido à complexidade dos cenários, ou ao alto volume de dados envolvidos.

Hall et al. (2012, apud GUIMARÃES, 2004), destaca a tomada de decisão como uma função característica do desempenho da gerencia, sendo esta atitude fruto de um processo sistêmico envolvendo o estudo do problema a partir do levantamento de dados, produção de informação, estabelecimento de propostas de soluções, escolha e implementação da decisão e a análise dos resultados obtidos. Para Freitas et al. (1997) o processo da tomada de decisão dentro de uma organização é bastante clara e pode ser percebida empiricamente em qualquer análise organizacional, independente de seu nível hierárquico.

Caravantes et al. (2008, p. 296) define tomada de decisão como "... processo de escolher uma dentre um conjunto de alternativas. Portanto, quando gerentes tomam decisões, eles identificam uma série de alternativas potencialmente viáveis e escolhem aquela que acreditam ser a melhor em particular para a situação". O processo de tomada de decisão relaciona-se diretamente a função do gestor de planejar, pois apenas se planeja com o objetivo de aprimorar o processo de decisão (CARAVANTES et al. 2008).

Hastie (2001 citado por TONETTO et al., 2006) destaca que os princípios clássicos da tomada de decisão é identificar as ações que maximizam a possibilidade de obter resultados desejáveis e minimizar a possibilidade de que ocorram resultados indesejáveis sob condições idealizadas, diminuindo assim os riscos e incertezas.

Freitas et. al. (1997) destaca a informação como elemento fundamental no processo decisório, pois as informações embasam os questionamentos e as ações alternativas.

Entre as ferramentas computacionais, atualmente existentes para trabalhar com sistemas de suporte a decisão, estão os algoritmos Genéticos, originários da área de Inteligência Artificial e que tentam simular o jeito humano de pensar para resolver problemas, e isso, vai de encontro com os objetivos dos sistemas de suporte a decisão (SOUZA et. al., 2010).

2.2 Algoritmos genéticos

Os algoritmos genéticos são algoritmos de busca, criados por John Holland em 1975, baseado nos processos observados na evolução natural das espécies. O conceito básico consiste em que, de forma similar à teoria biológica dos sistemas naturais, os "melhores" indivíduos sobrevivem e geram descendentes com suas características hereditárias, no qual esses novos elementos tendem a ter a mesma aparência, ou fenótipo, que seus antecessores (LINDEN, 2008; GUERVÓS, 2009).

Na forma analógica, a implementação dos algoritmos genéticos parte de uma população indivíduos gerados aleatoriamente (configurações iniciais de um problema), realiza-se a avaliação de cada um (em relação a função objetiva), seleciona os mais aptos e promove os manipuladores ou operadores genéticos como cruzamento e mutação, originando novas gerações de indivíduos. Cada indivíduo na população representa uma possível solução para um dado problema, o que o algoritmos genéticos (AG`s) faz é

buscar aquela solução que seja muito boa ou a melhor do problema analisado através da criação de população de indivíduos cada vez mais aptos levando à otimização da função objetiva.

Na Figura 1, pode-se resumir o processo dos algoritmos genéticos através do fluxograma.

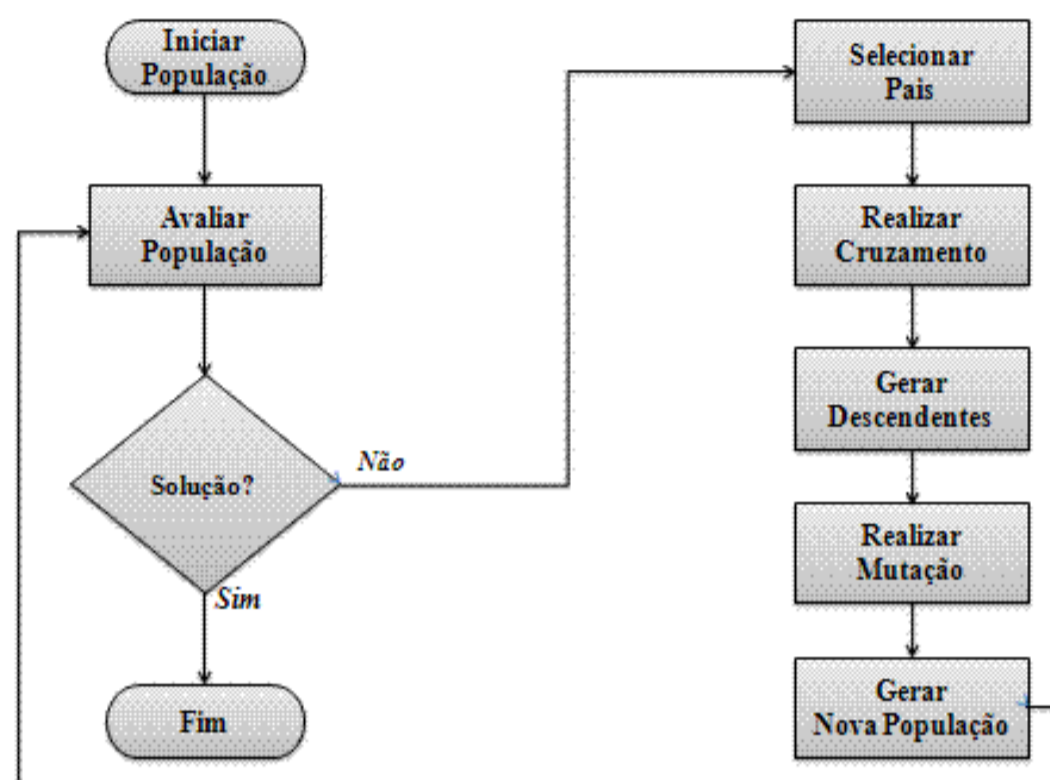


Figura 1 – Fluxograma da solução de problemas de otimização com algoritmos genéticos

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2009, p. 3)

Com referência ao diagrama representado na Figura 1, observa-se que cada iteração do algoritmo genético corresponde à aplicação de um conjunto de quatro operações básicas: cálculo de aptidão (avaliar população), seleção, cruzamento e mutação. Ao fim destas operações cria-se uma nova população, chamada de 1 geração que, espera-se, representa uma melhor aproximação da solução do problema que a população anterior (GOLDBARG e PACCA, 2000).

A aplicação dos algoritmos genéticos consta dos seguintes passos, como descritos pelo fluxograma da Figura 1. Iniciando-se pela **escolha da população inicial**, que consiste pela inicialização da população, na qual é feita da forma mais simples possível, fazendo-se uma escolha aleatória independente para cada indivíduo da população inicial ou por processo heurístico, isto é, simplesmente escolher n indivíduos dentro do espaço de busca. Essa técnica permite gerar uma boa distribuição, cobrindo um espaço maior no espaço de busca, sem interessar se são boas soluções ou não, assim como na natureza para haver evolução é necessário diversidade.

O próximo passo consiste na **função de avaliação**, ou função objetiva, é utilizada para determinar a qualidade de um indivíduo como solução do problema, ou seja, é uma forma de mensurar quão aptos estão os indivíduos da população. A função de avaliação deve refletir os objetivos a serem alcançados na resolução de um problema e é derivada diretamente das condições impostas pelo problema.

Seguindo a Figura 1, o seguinte se consiste na seleção dos indivíduos, este passo simular o mecanismo de seleção natural, “sobrevivência dos mais fortes”, em que os pais mais aptos geram mais filhos. O algoritmo permite, também, que alguns indivíduos menos aptos gerem filhos, garantindo a diversidade entre os indivíduos melhores e os piores (VIANA, 1988). A *Seleção Via Método da Roleta* é o método mais utilizado e simples, pois emprega o princípio da probabilidade de sobrevivência do mais apto, ou seja, que possui a melhor função objetiva associada. Com base nos valores de $f_i(x_i)$, onde

x_i é o indivíduo i avaliado de n indivíduos amostrados. Os indivíduos mais aptos são selecionados e duplicados em substituição aos menos aptos. Nessa etapa é quantificada a probabilidade p_i de i -ésimo indivíduo da população vir a ser selecionado é proporcional à sua probabilidade de seleção.

O processo de elitismo visa preservar os melhores cromossomos de uma geração para outra sem alterações, garantindo sempre melhor solução encontrada em qualquer uma das gerações será mantida até o final do processo. Geralmente usa-se nos algoritmos genéticos uma taxa de elitismo de 30% do total de indivíduos gerados (LINDEN, 2008 e VIANA, 1998).

O penúltimo passo consiste-se no cruzamento ou *crossover*, que é um processo de recombinação de partes das sequências de caracteres entre pares de cromossomos, com o objetivo de gerar nova descendência. Esta troca de material genético garante a recombinação da população, possibilitando, assim, uma probabilidade maior de produzir indivíduos mais evoluídos que seus pais. O operador "crossover" escolhe aleatoriamente dois pais e troca parte de seu padrão genético. A escolha do ponto de corte do cromossomo é feita aleatoriamente; após esses passos são gerados dois filhos em substituição aos pais. No cruzamento é usual atribuir um percentual PX de indivíduos para cruzamentos, na faixa de 25% a 75% da população, os operadores de cruzamento mais comuns são: (a) *um ponto de corte*, onde dois indivíduos da população, após a seleção, são submetidos ao processo de cruzamento, no qual o ponto de corte é aleatoriamente gerado, os caracteres ou bits que precedem o ponto de corte são preservados, e os bits posteriores são trocados entre o par participante do processo; e (b) *dois pontos de corte*, seguindo a mesma idéia do cruzamento de um ponto, só que agora são gerados dois pontos de corte, e somente os bits que estiverem nas extremidades dos cromossomos serão trocados entre o par de cromossomos selecionados, os bits que ficarem entre os dois pontos serão preservados;

A mutação representa o último passo na aplicação dos algoritmos genéticos, este operador é responsável pela introdução e manutenção da diversidade genética na população. O operador de mutação inverte os valores de *bits*, ou seja, muda o valor de dado *bit* de 1 para 0 ou de 0 para 1, com o objetivo de tentar regenerar algum indivíduo que possa ter sido eliminado de forma inesperada. Para que uma determinada população não sofra muitas alterações, esta operação é processada para um pequeno percentual PM de seus elementos, em torno de 1% de todos os genes.

Após a realização dos passos descritos acima a nova população deve ser avaliada novamente, caso a solução não seja encontrada, a população deve passar por todo o processo novamente até a solução seja encontrada.

A seção abaixo descreve a metodologia utilizada no trabalho e os dados econômicos da produção do laticínio que foram utilizados neste trabalho.

3 METODOLOGIA

Com relação ao método utilizado, este trabalho de pesquisa pode ser classificado como pesquisa bibliográfica, pois para o desenvolvimento do trabalho buscou-se, inicialmente, o entendimento dos conceitos e de Programação Linear e algoritmos genéticos a partir de pesquisas bibliográficas. Esta pesquisa, também, pode ser considerada uma pesquisa exploratória, porque visa à formulação do problema com a finalidade de desenvolver hipóteses e aumentar a familiaridade com o fenômeno. Pode, ainda, ser considerada como uma pesquisa descritiva, pois aborda descrições, análises e interpretação de problemas, objetivando sua resolução (MARCONI; LAKATOS, 1986; GIL, 2006).

As técnicas selecionadas para obtenção de dados e informações foram: entrevistas com os responsáveis pelo setor produção de uma cooperativa de leite no município de Campo Grande/MS; realização de observação simples; e realização de pesquisas bibliográficas.

O problema se trata em otimizar uma produção utilizando o aplicativo computacional *Solver*, aplicativo encontrado no MS Excel versão 2007, afim de encontrar a máxima utilização de todos os insumos e atingir o lucro máximo.

A seção a seguir descreve os resultados obtidos com a aplicação dos algoritmos genéticos no planejamento da produção do laticínio.

4 RESULTADOS

Neste trabalho resolveu-se um problema relacionado a uma cooperativa de leite situada no município de Campo Grande, MS, que possui apenas uma linha de produção com capacidade de trabalho de 40 horas semanais e uma restrição de insumo de 5.130 litros de leite semanais. Deseja-se saber quais produtos que este laticínio deve produzir para obter o maior lucro possível, respeitando as restrições de insumo e horas de trabalho. A Tabela 1 apresenta os dados econômicos e produtivos dessa cooperativa.

Tabela 1 – Dados econômicos e produtivos da cooperativa de leite.

i	Produtos	Produção (Kg)	Leite (L)	Tempo (h)	Lucro (R\$)
1	Leite tipo C	4.800,0	4.800,0	20	576,00
2	Queijo Muçarela	30,0	300,0	9	84,00
3	Queijo fresco	20,0	100,0	8	60,00
4	Queijo cremoso	4,0	12,0	5	14,00
5	Iogurte	25,0	30,0	4	22,50
6	Doce de leite	10,0	15,0	8	38,00
7	Bebida láctea	60,0	30,0	10	48,00

Com base nos dados contidos na Tabela 1, obteve-se o modelo matemático de programação linear, dado pela expressão (1).

$$\text{Max } z = 576,00x_1 + 84,00x_2 + 60,00x_3 + 14,40x_4 + 22,50x_5 + 38,00x_6 + 48,00x_7$$

$$\begin{cases} 4800x_1 + 300x_2 + 100x_3 + 12x_4 + 30x_5 + 15x_6 + 30x_7 & 5130 \\ 20,0x_1 + 9,0x_2 + 8,0x_3 + 5,0x_4 + 4,0x_5 + 8,0x_6 + 10,2x_7 & 40,0 \end{cases}$$

$x_i = 1$ se o produto i for fabricado

$x_i = 0$ se o produto i não for fabricado

As incógnitas x_i , $i = 1, 2, \dots, 7$, são as quantidades produzidas do i -ésimo produto.

Resolvido esse sistema, inicialmente, utilizando-se algoritmos genéticos, que constou da geração de uma população inicial de trinta indivíduos, cada um, formado por uma seqüência aleatória de sete bits 0 ou 1, sendo $x_i = 0$ quando o produto i não era fabricado e $x_i = 1$ caso contrário. O Quadro 2

Algoritmos genéticos como ferramenta de suporte à decisão no planejamento de produção de um laticínio

apresenta a população inicial do modelo (1), a função avaliação $F(x)=z(x)$, as probabilidades de seleção e as probabilidades acumuladas para a implementação da Roleta Viciada, para a geração da nova população e início da segunda iteração. Quando um indivíduo, gerado aleatoriamente, fornecia uma quantidade de insumo superior a 5130 litros semanais e/ou um tempo superior a 40 horas semanais, ele era descartado, sorteado outro em seu lugar.

Tabela 2 – Implementação da 1ª iteração com a geração da população inicial, função avaliação e probabilidade de seleção.

n	P. Inicial	Bit	Leite (l)	Horas (h)	\$	F(x)	Pi	Qi
1	74	1 0 0 1 0 1 0	4827	33	628,4	628,4	0,195775438	0,195775
2	46	0 1 0 1 1 1 0	357	26	158,9	0	0	0,195775
3	13	0 0 0 1 1 0 1	132	19	84,9	0	0	0,195775
4	90	1 0 1 1 0 1 0	4927	41	688,4	0	0	0,195775
5	66	1 0 0 0 0 1 0	4815	28	614	614	0,191289177	0,387065
6	7	0 0 0 0 1 1 1	135	22	108,5	0	0	0,387065
7	77	1 0 0 1 1 0 1	4932	39	660,9	660,9	0,205900679	0,592965
8	94	1 0 1 1 1 1 0	4957	45	710,9	0	0	0,592965
9	68	1 0 0 0 1 0 0	4830	24	598,5	598,5	0,186460216	0,779426
10	94	1 0 1 1 1 1 0	4957	45	710,9	0	0	0,779426
11	97	1 1 0 0 0 0 1	5190	39	708	708	0,220574491	1
12	28	0 0 1 1 1 0 0	142	17	96,9	0	0	1
13	50	0 1 1 0 0 1 0	415	25	182	0	0	1
14	85	1 0 1 0 1 0 1	5020	42	706,5	0	0	1
15	122	1 1 1 1 0 1 0	5227	50	772,4	0	0	1
16	26	0 0 1 1 0 1 0	127	21	112,4	0	0	1
17	59	0 1 1 1 0 1 1	517	40	244,4	0	0	1
18	79	1 0 0 1 1 1 1	4947	47	698,9	0	0	1
19	126	1 1 1 1 1 1 0	5257	54	794,9	0	0	1
20	94	1 0 1 1 1 1 0	4957	45	710,9	0	0	1
21	48	0 1 1 0 0 0 0	400	17	144	0	0	1
22	16	0 0 1 0 0 0 0	100	8	60	0	0	1
23	91	1 0 1 1 0 1 1	5017	51	736,4	0	0	1
24	106	1 1 0 1 0 1 0	5127	42	712,4	0	0	1
25	46	0 1 0 1 1 1 0	357	26	158,9	0	0	1
26	99	1 1 0 0 0 1 1	5205	47	746	0	0	1
27	46	0 1 0 1 1 1 0	357	26	158,9	0	0	1
28	124	1 1 1 1 1 0 0	5242	46	756,9	0	0	1
29	22	0 0 1 0 1 1 0	145	20	120,5	0	0	1
30	16	0 0 1 0 0 0 0	100	8	60	0	0	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após vinte e uma iterações, feitas em planilhas MS_Excel 2007, o algoritmo convergiu para a seqüência (1, 1, 0, 0, 0, 0, 1), indicando que os produtos x_1 , x_2 e x_7 foram fabricados, isto é, produziu-se um lote de leite tipo C, um lote de queijo mussarela e um lote de bebida láctea, gerando um lucro total máximo de \$ 708,00. No Quadro 3 está apresentada a 21ª. iteração do algoritmo, quando houve a convergência.

Tabela 3 – Implementação da 21ª iteração com a geração da população inicial, função avaliação e probabilidade de seleção.

n	P. Inicial	Bit	Leite (l)	Horas (h)	\$	F(x)	Pi	Qi
1	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,033333
2	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,066667
3	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,1
4	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,133333
5	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,166667
6	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,2
7	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,233333
8	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,266667
9	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,3
10	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,333333
11	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,366667
12	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,4
13	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,433333
14	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,466667
15	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,5
16	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,533333
17	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,566667
18	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,6
19	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,633333
20	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,666667
21	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,7
22	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,733333
23	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,766667
24	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,8
25	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,833333
26	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,866667
27	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,9
28	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,933333
29	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	0,966667
30	97	1 1 0 0 0 0 1	5130	39	708	708	0,03333333	1

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os gráficos da Figura 2 representam, respectivamente, a primeira iteração com a população inicial, composta dos 30 indivíduos gerados aleatoriamente, com lucros unitários variando de \$598,5 a \$700, e a vigésima primeira iteração, população final, após a convergência, com os 30 indivíduos atingindo o mesmo valor monetário \$708 para aqueles produtos fabricados.

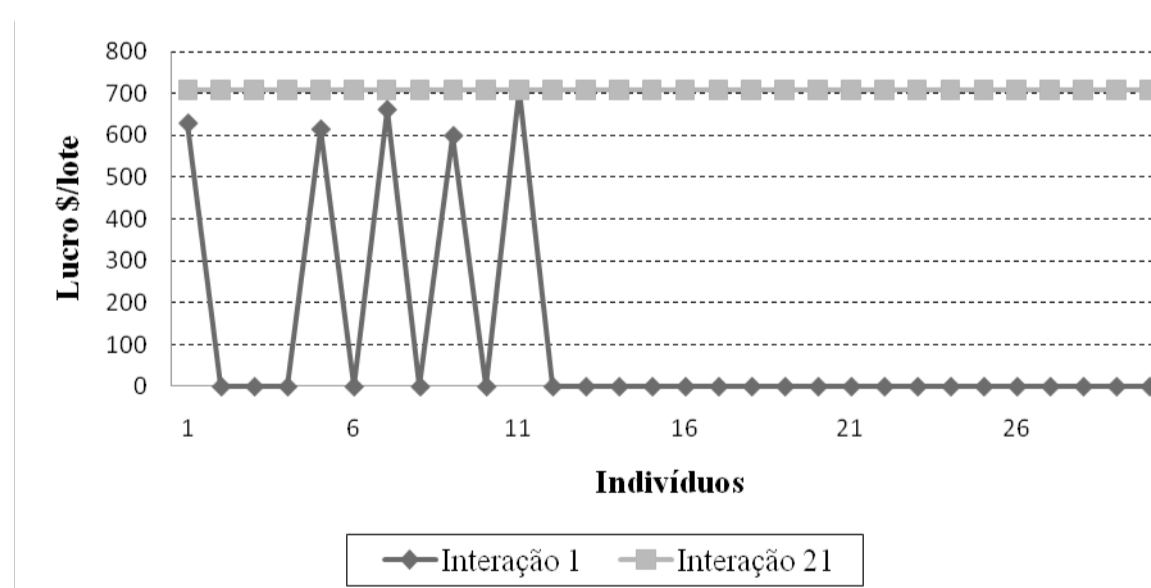


Figura 2 – Gráficos da primeira e da oitava iterações do algoritmo, com a convergência para o valor monetário de \$708.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Como o modelo (1) se trata de um problema de programação linear, ele também foi resolvido utilizando-se a ferramenta Solver da MS_Excel 2007, obtendo-se o mesmo resultado descrito anteriormente, com a aplicação de algoritmos genéticos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados podem ser considerados bons visto que o objetivo deste trabalho foi totalmente alcançado, ou seja, com a utilização de algoritmos genéticos pôde-se planejar a produção semanal da cooperativa de leite que possuía insumos em quantidades limitadas para a produção de uma cesta de produtos lácteos visando o maior rendimento econômico, respeitadas todas as restrições impostas pela cooperativa em termos de estoque e mão-de-obra.

Os Algoritmos Genéticos se mostraram uma ferramenta eficiente na otimização de problemas complexos, como no caso de problemas relacionados à otimização, além de não necessitar nenhuma propriedade especial sobre a função objetiva, como derivabilidade, por exemplo. Os Algoritmos Genéticos possuem a desvantagem de demandarem um grande tempo computacional no momento de seu desenvolvimento ou primeira programação, se comparados com outros algoritmos clássicos. Entretanto, possuem a vantagem de, após gerada a população inicial, é possível inserir variáveis (neste caso insumos) sobre a mesma no espaço de busca, visando a otimização da função, não necessitando uma nova programação a cada vez que se for criada um novo planejamento de produção ou otimizar uma produção.

A solução desse problema utilizando-se a ferramenta Solver do MS_Excel 2007, não inviabiliza a sua solução com a aplicação de algoritmos genéticos, já que esse último é mais geral, indicado, também, na solução de problemas de otimização envolvendo funções não lineares, deriváveis ou não no intervalo de soluções.

Sendo assim, os Algoritmos Genéticos se comprovam como uma importante ferramenta de otimização no auxílio da tomada de decisão, especialmente no planejamento de produção como sendo um dos objetivos deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BAZARAA, M. S. e JARVIS, J. J. **Linear Programming and Network Flows**. John Wiley & Sons, 1977.
- BREGALDA, P. F.; OLIVEIRA, A. F. de e BORNSTEIN, C. T. **Introdução à Programação Linear**. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda., 1988.
- CARAVANTES, Geraldo R. Et al. **Administração: teorias e processos**. São Paulo: Person Prentice Hall, 2008.
- FREITAS, Henrique. Et al. **Informação e decisão: sistemas de apoio e seu impacto**. Porto Alegre: Ortiz, 1997.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2006.
- GOLDBARG, M. C. e PACCA, H. L. L. **Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.
- GUERVÓS, J. J. M. **Informática Evolutiva: Algoritmos genéticos**. Disponível em: <http://geneura.org.es/~jmerelo/ie/ags.htm>. Acesso em: 05/06/2009.
- HALL, R. J.; MANFROI, L.; SCARPIN, J. E. Tomada de decisão por meio da utilização de indicadores gerenciais em um hospital universitário federal. In: *International Conference on Information Systems and Technology Management*. São Paulo. **Anais...** São Paulo: CONTECSI, 2012.
- LINDEN, R. **Algoritmos genéticos: uma importante ferramenta da inteligência computacional**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora BRASPORT Livros e Multimídia Ltda. 2008.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia Científica**. 7ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MIRANDA, M. N. de. **Algoritmos genéticos: Fundamentos e Aplicações**. Disponível em: <<http://www.gta.ufrj.br/~marcio/genetic.html>>. Acesso em: 05/jun/2009>.

RODRIGUES, W. O. P.; SOUZA, C. C. de; REIS NETO, J. F. dos. **Uma ferramenta para suporte à decisão no planejamento de produção de uma indústria utilizando Algoritmos genéticos**. In: ADMpg II, 2009. **Anais...** . Ponta Grossa: ADMPG, 2009.

SOUZA, C. C. de; REIS NETO, J. F. dos; ARIAS, E. R. A.; RODRIGUES, W. O. P. **Uso de algoritmos genéticos como ferramenta auxiliar no processo decisório em atividades de gestão agroindustrial**. Toletto: *Informe Gepec*, v. 14, n. 1, p. 113-126, jan./jun. 2010.

TONETTO, L. M. KALIL, L. L.; MELO, W. V.; SCHNEIDER, D. di G.; STEIN, L. M. **O papel das heurísticas no julgamento e na tomada de decisão sob incerteza**. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-166X2006000200008>. Acessado em: 05 ago. 2012.

VIANA, G. V. R. **Meta-heurísticas e programação paralela em otimização combinatória**. Fortaleza: EUFC, 1998.